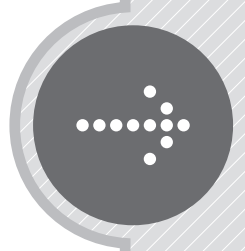


정답과 해설



01 우리 생활 속의 화학

2 점 수능 테스트

본문 12~13쪽

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

01 암모니아의 이용

질소 비료의 원료인 암모니아는 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 합성한다. 따라서 X는 암모니아, ㉠은 질소이다.

X. ㉠은 질소이다.

㉡. 암모니아를 대량으로 합성하는 방법을 개발함으로써 질소 비료의 대량 생산이 가능해져 농업 생산량이 증대하였다. 따라서 암모니아의 대량 생산은 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

X. 암모니아(NH₃)는 구성 원소가 질소(N)와 수소(H)이다. 따라서 암모니아는 탄소(C)를 포함하지 않으므로 탄소 화합물이 아니다.

02 실생활에 이용되고 있는 물질

나일론과 아세트산은 탄소 화합물이고, 에탄올이 발효되어 아세트산이 만들어지므로 (가)는 나일론, (나)는 아세트산이며, (다)는 철이다.

㉡. 나일론은 최초의 합성 섬유로 값이 싸고 대량 생산이 가능해 인류의 의류 문제 해결에 기여하였다.

㉢. 식초는 약 6% 아세트산 수용액으로 식초에는 아세트산이 들어 있다.

㉤. 철은 단단하고 내구성이 뛰어나 건축물의 골조, 배관 등에 사용되는 건축 재료이다.

03 실생활의 문제 해결에 영향을 준 물질

면은 천연 섬유, 나일론은 합성 섬유이며 시멘트는 석회석을 가열하여 만든 생석회에 점토를 섞은 건축 재료이다.

㉡. 면, 마, 모 등의 천연 섬유와 나일론, 폴리에스터 등의 합성 섬유에는 탄소(C)가 들어 있다.

X. 면은 질기지 않아 쉽게 닳지만 나일론은 질기고 쉽게 닳지 않는다.

㉤. 콘크리트는 시멘트에 물, 모래, 자갈 등을 섞어 만든 건축 재료이다.

04 주거 문제 해결에 영향을 준 물질

(가)는 시멘트, (나)는 콘크리트, (다)는 철근 콘크리트이다.

X. (가)는 시멘트이다.

X. 철근 콘크리트는 콘크리트 속에 철근을 넣어 강도를 높인 것이다. 따라서 철근 콘크리트가 콘크리트보다 강도가 크다.

㉡. (가)~(다)는 모두 건축 재료로 주택, 건물, 도로 건설에 사용되어 인류의 주거 문제 해결에 기여하였다.

05 실생활에 이용되는 물질

(가)는 아세트산, (나)는 에탄올, (다)는 암모니아이다.

㉡. 아세트산과 살리실산을 반응시켜 합성한 아스피린은 해열제나 진통제로 사용된다. 따라서 아세트산은 아스피린과 같은 약품의 원료로도 사용된다.

㉢. 구성 원소가 에탄올은 C, H, O의 3가지이고, 암모니아는 N, H의 2가지이므로 구성 원소의 가짓수는 (나) > (다)이다.

㉤. 암모니아는 질소 비료의 원료이며 암모니아의 대량 생산은 농업 생산량을 증대시켜 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

06 연료로 사용되는 물질

메테인(CH₄)은 액화 천연 가스의 주성분이고, 프로페인(C₃H₈)은 액화 석유 가스의 주성분이므로 (가)는 프로페인이다. 구성 원소가 메테인과 프로페인은 C, H의 2가지이고, 에탄올(C₂H₅OH)은 C, H, O의 3가지이므로 (나)는 에탄올이고, (다)는 메테인이다.

X. (가)는 프로페인이다.

㉡. (다)는 메테인이고, 메테인은 액화 천연 가스의 주성분이므로 '액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.'는 ㉡으로 적절하다.

X. 에탄올과 메테인을 각각 완전 연소시키면 모두 물(H₂O)과 이산화 탄소(CO₂)가 생성된다. 따라서 (나)와 (다)의 완전 연소 생성물의 가짓수는 2로 같다.

07 탄소 화합물의 성질

(가)는 에탄올(C₂H₅OH), (나)는 아세트산(CH₃COOH), (다)는 폼알데하이드(CH₂O)이다.

㉡. 에탄올은 살균 효과가 있어 의료용 소독제나 손 소독제를 만드는 데 사용된다.

㉢. 아세트산은 물에 녹아 수소 이온(H⁺)을 내놓으므로 아세트산 수용액은 산성이다.

㉤. (나)와 (다)는 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}} = \frac{1}{2}$ 로 같다.

08 메테인과 아세트산

(가)는 메테인(CH_4), (나)는 아세트산(CH_3COOH)이다.

㉠. 메테인은 천연 가스의 주성분으로 도시 가스에 이용된다.

✕. $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 가 메테인은 4이고, 아세트산은 2이므로 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$

는 메테인이 아세트산의 2배이다.

✕. 에탄올이 발효되면 아세트산이 생성된다.

3월 수능 테스트

본문 14~18쪽

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

01 아세트산의 성질

㉠은 암모니아, ㉡은 시멘트이다. 또한 메테인(CH_4)의 완전 연소 생성물인 물(H_2O)과 이산화 탄소(CO_2)에 공통으로 포함된 원소는 산소(O)이므로 ㉢은 산소이다. 아스피린은 살리실산과 아세트산을 반응시켜 합성한 탄소 화합물로 해열제나 진통제로 사용된다. 따라서 (가)는 아세트산이다.

㉠. 아세트산(CH_3COOH)은 탄소(C)에 수소(H), 산소(O)가 공유 결합하여 이루어진 탄소 화합물이다.

㉡. 아세트산은 식초의 주성분으로 식초는 약 6% 아세트산 수용액이다.

✕. 에탄올이 발효되면 아세트산이 생성된다.

02 탄소 화합물의 성질

에탄올 수용액은 중성, 아세트산 수용액은 산성이며, 메테인은 물에 잘 녹지 않는다. 따라서 (가)는 아세트산이다. 구성 원소가 메테인은 탄소(C), 수소(H)의 2가지이고, 에탄올, 아세트산은 각각 탄소(C), 수소(H), 산소(O)의 3가지이므로 (다)는 메테인이다. 따라서 (나)는 에탄올이다.

손 소독제로 이용되는 A는 에탄올이므로 (나)는 A이고, 도시 가스로 이용되는 B는 메테인이므로 (다)는 B이다. 따라서 C는 아세트산이므로 (가)는 C이다.

03 실생활의 문제 해결에 영향을 준 물질

질소 비료의 원료인 (가)는 암모니아이며, X는 N이다. 최초의 합성 섬유인 (다)는 나일론이다. 따라서 (나)는 아세트산이며, 아세트산은 탄소 화합물이므로 Y는 C이다.

✕. X는 N(질소)이다.

㉠. 암모니아는 질소 비료의 원료이며, 질소 비료는 식물의 생장을 촉진시켜 농업 생산량을 증대시키는 데 기여하였으므로 암모니아의 대량 생산은 인류의 식량 문제를 해결하는 데 기여하였다. 따라서 '식량 문제'는 ㉠으로 적절하다.

㉡. (나)는 아세트산, (다)는 나일론이며, 아세트산과 나일론은 모두 탄소 화합물이다.

04 에탄올과 아세트산의 성질

에탄올은 과일이나 곡물 속의 당을 발효시켜 만들고, 아세트산은 에탄올을 발효시켜 만든다. 따라서 (가)는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (에탄올)이고, (나)는 CH_3COOH (아세트산)이다.

㉠. $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 가 (가)는 3이고, (나)는 2이다.

㉡. 에탄올은 살균 효과가 있다. 따라서 에탄올인 (가)는 손 소독제를 만드는 데 사용된다.

㉢. 아세트산은 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓는다. 따라서 아세트산인 (나)의 수용액은 산성이다.

05 탄소 화합물의 성질

제시된 모형에서 분자를 구성하는 원자 모형을 통하여 \bullet , \bullet , \bullet 이 각각 H, C, O임을 파악할 수 있다. 따라서 (가)~(다)는 각각 폼알데하이드(CH_2O), 메테인(CH_4), 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이다.

㉠. (나)는 메테인이며, 천연 가스의 주성분이다.

✕. (다)는 에탄올이며, 에탄올 수용액은 중성이다.

✕. 분자당 H 원자 수가 (가)는 2, (다)는 6이므로 (가)와 (다) 1 mol을 각각 완전 연소시켰을 때 생성되는 H_2O 의 양(mol)이 (가)는 1 mol, (다)는 3 mol이다.

06 실생활에 이용되는 물질

에탄올을 발효시키면 아세트산이 생성되고, 아세트산과 살리실산을 합성시키면 아스피린이 생성된다. 따라서 (가)는 아세트산이다. 하버와 보슈는 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 암모니아를 대량으로 개발하는 방법을 개발하였고, 암모니아는 질소 비료의 원료이다. 따라서 (나)는 암모니아이다.

㉠. 식초는 약 6% 아세트산 수용액으로 아세트산은 식초의 성분이다. 따라서 '식초'는 ㉠으로 적절하다.

✕. 아세트산인 (가)는 탄소(C)에 수소(H), 산소(O)가 결합하여 이루어진 탄소 화합물이지만, 암모니아(NH_3)인 (나)는 탄소 화합물이 아니다.

㉔. 암모니아는 식물 생장에 중요한 질소 비료의 원료이므로 암모니아인 (나)의 대량 생산은 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

07 탄소 화합물과 암모니아

$\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 가 메테인(CH_4)은 $\frac{4}{5}$, 암모니아(NH_3)는 $\frac{3}{4}$, 폼알데하이드(CH_2O)는 $\frac{1}{2}$ 이므로 (가)는 폼알데하이드, (나)는 암모니아이다. 1 mol을 완전 연소시킬 때, 폼알데하이드는 H_2O 1 mol과 CO_2 1 mol이 생성되며, 메테인은 H_2O 2 mol과 CO_2 1 mol이 생성된다. 따라서 $\frac{\text{H}_2\text{O의 양(mol)}}{\text{전체 생성물의 양(mol)}}$ 이 폼알데하이드는 $\frac{1}{2}$, 메테인은 $\frac{2}{3}$ 이므로 (다)는 메테인이다.

㉕. (가)는 폼알데하이드이므로 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}} = \frac{1}{2} = 2a$ 에서 $a = \frac{1}{4}$ 이고, 폼알데하이드 1 mol을 완전 연소시켰을 때 생성되는 $\frac{\text{H}_2\text{O의 양(mol)}}{\text{전체 생성물의 양(mol)}} = \frac{1}{2} = 3b$ 에서 $b = \frac{1}{6}$ 이다. 따라서 $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$ 이다.

㉖. 구성 원소가 폼알데하이드는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)의 3가지이고, 암모니아는 질소(N), 수소(H)의 2가지이므로 구성 원소의 가짓수는 (가) > (나)이다.

㉗. (다)는 메테인으로 액화 천연 가스의 주성분이다.

08 탄소 화합물

$\frac{\text{O 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 가 에탄올은 $\frac{1}{9}$, 아세트산은 $\frac{1}{4}$, 포도당은 $\frac{1}{4}$ 이므로 (다)는 에탄올이다.

포도당이 발효되면 에탄올인 (다)가 생성되므로 (가)는 포도당, (나)는 아세트산이다.

㉘. 식초는 약 6% 아세트산 수용액이다. 따라서 아세트산인 (나)는 식초를 만드는 데 사용된다.

㉙. 포도당과 아세트산을 각각 완전 연소시키면 모두 물(H_2O)과 이산화 탄소(CO_2)가 생성된다. 따라서 (가)와 (나)의 완전 연소 생성물의 가짓수는 2로 같다.

㉚. 분자당 C 원자 수가 포도당은 6, 에탄올은 2이므로 분자당 C 원자 수는 (가)가 (다)의 3배이다.

09 탄소 화합물

(가)는 메테인, (나)는 아세트산, (다)는 에탄올이다.

㉛. (가)는 메테인이다.

㉜. 분자당 C 원자와 결합한 H 원자 수가 아세트산은 3, 메테인은 4이므로 분자당 C 원자와 결합한 H 원자 수는 (가)가 (나)보다 많다.

㉝. 에탄올은 살균 효과가 있어 손 소독제나 의료용 소독제로 이용된다.

10 아세트산과 에탄올

X에는 $-\text{COOH}$ 가, Y에는 $-\text{OH}$ 가 각각 1개씩 탄소 원자에 결합되어 있고, $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 가 X는 1, Y는 $\frac{1}{2}$ 이며, 분자당 구성 원자 수가 X는 8, Y는 9이므로 X는 아세트산(CH_3COOH), Y는 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이다.

㉞. 아세트산은 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 아세트산 수용액은 산성이다.

㉟. 에탄올을 완전 연소시키면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성된다. 따라서 Y의 완전 연소 생성물은 2가지이다.

㊱. 1 mol이 완전 연소될 때 생성되는 H_2O 의 양(mol)은 아세트산은 2 mol, 에탄올은 3 mol이므로 1 mol이 완전 연소될 때 생성되는 H_2O 의 양(mol)은 $Y > X$ 이다.

02 화학식량과 몰

2 점 수능 테스트

본문 27~28쪽

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

01 원자량과 분자량

X 원자 1개와 Y 원자 3개의 질량이 같으므로 원자량비는 $X : Y = 3 : 1$ 이고, Y 원자 4개와 Z 원자 1개의 질량이 같으므로 원자량비는 $Y : Z = 1 : 4$ 이다. 따라서 원자량비는 $X : Y : Z = 3 : 1 : 4$ 이다.

✗. 원자량비가 $X : Y = 3 : 1$ 이므로 원자량은 $X > Y$ 이다.

ⓐ. 분자 1 mol의 질량비는 분자량비와 같다. 분자량비가 $XZ_2 : Z_2 = 3 + (2 \times 4) : 2 \times 4 = 11 : 8$ 이므로 기체 1 mol의 질량비는 $XZ_2(g) : Z_2(g) = 11 : 8$ 이다.

ⓑ. 분자량비가 $XZ : Z_2 = 7 : 8$ 이므로 기체 1g에 들어 있는 Z 원자 수비는 $XZ(g) : Z_2(g) = \frac{1}{7} : \frac{2}{8} = 4 : 7$ 이다.

02 분자량과 몰

물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{1 \text{ mol의 질량(g/mol)}}$ 이고, CH_4 의 분자량이 16이므로 CH_4 8g의 양은 0.5 mol이다. H_2O 1 mol에는 H_2O 분자 N_A 개가 들어 있다.

ⓐ. H 원자의 양이 (가)는 $4 \times 0.5 \text{ mol} = 2 \text{ mol}$ 이고, (나)는 $2 \times 1 \text{ mol} = 2 \text{ mol}$ 이므로 H 원자 수는 (가)와 (나)가 같다.

✗. 전체 원자의 양이 (가)는 $5 \times 0.5 \text{ mol} = 2.5 \text{ mol}$, (나)는 $3 \times 1 \text{ mol} = 3 \text{ mol}$ 이므로 전체 원자 수는 (나)가 (가)보다 많다.

✗. CH_4 0.5 mol에 들어 있는 C 원자의 양은 0.5 mol이므로 (가)에서 C 원자 수는 $\frac{1}{2}N_A$ 이다.

03 몰과 질량 및 부피

분자량이 H_2O 은 18, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 은 180, CO_2 는 44이다.

밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 (가)에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 질량은 $9 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL} = 9 \text{ g}$ 이고, 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{1 \text{ mol의 질량(g/mol)}}$ 이므로

H_2O 9g은 $\frac{9 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이다.

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 18g은 $\frac{18 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.

기체 분자의 양(mol) = $\frac{\text{기체의 부피(L)}}{\text{기체 1 mol의 부피(L/mol)}}$ 이므로

$\text{CO}_2(g)$ 2.3 L의 양은 $\frac{2.3 \text{ L}}{23 \text{ L/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.

ⓐ. 분자의 양이 (가)는 0.5 mol, (다)는 0.1 mol이므로 분자 수는 (가) > (다)이다.

ⓑ. O 원자의 양이 (나)는 0.6 mol, (다)는 0.2 mol이므로 O 원자 수는 (나)가 (다)의 3배이다.

ⓒ. 질량(g) = 1 mol의 질량(g/mol) \times 물질의 양(mol)이므로 CO_2 0.1 mol의 질량은 $44 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol} = 4.4 \text{ g}$ 이다. 따라서 질량은 (가)가 (다)의 2배보다 크다.

04 분자식과 분자량

일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같으므로 같은 부피의 기체의 질량비는 분자량비와 같다. 기체 5.6 L의 질량비가 $XY : Z_2Y : XY_2 = 28 : 44 : 44$ 이므로 분자량비는 $XY : Z_2Y : XY_2 = 7 : 11 : 11$ 이다.

ⓐ. X ~ Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면, $x + y : y + 2z : x + 2y = 7 : 11 : 11$ 에서 $x : y : z = 6 : 8 : 7$ 이다. 따라서 원자량비는 $X : Y = 3 : 4$ 이다.

✗. 기체의 몰비가 (가) : (다) = $2.8 : 5.6 = 1 : 2$ 이므로 전체 원자 수비는 (가) : (다) = $1 \times 2 : 2 \times 3 = 1 : 3$ 이다. 따라서 전체 원자 수는 (다)가 (가)의 3배이다.

ⓑ. 분자 1개의 질량비는 분자량비와 같으므로 분자량비는 $XY : Z_2 = 6 + 8 : 2 \times 7 = 1 : 1$ 이다. 따라서 분자 1개의 질량은 XY와 Z_2 가 같다.

05 원자량과 분자량

분자당 원자 수가 AB_2 , AB_3 , B_2 는 각각 3, 4, 2이다. (가)와 (나)는 기체의 양(mol)이 같은데, 전체 원자 수가 (나)가 (가)의 2배이므로 (가)는 B_2 , (나)는 AB_3 이다. 따라서 (다)는 AB_2 이다.

✗. (나)는 AB_3 이다.

ⓐ. (가)와 (나)는 기체의 양(mol)이 같고, 질량비가 (가) : (나) = $1 : 2.5$ 이므로 분자량비는 $\text{B}_2 : \text{AB}_3 = 2 : 5$ 이다. A, B의 원자량을 각각 a, b 라고 하면 $2b : a + 3b = 2 : 5$ 에서 $a : b = 2 : 1$ 이다.

ⓑ. 분자량비가 $\text{AB}_3 : \text{B}_2 = 5 : 2$ 이고, 분자당 원자 수비가 $\text{AB}_3 : \text{B}_2 = 4 : 2$ 이므로 1g당 전체 원자 수비는 $\text{AB}_3 : \text{B}_2 = \frac{4}{5} : \frac{2}{2} = 4 : 5$ 이다.

06 기체의 양과 몰

물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{1 \text{ mol의 질량(g/mol)}}$ 이므로 분자량이 32

인 CH_3OH 1.6 g은 $\frac{1.6 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}}=0.05 \text{ mol}$ 이다. 분자당 O 원자 수는 O_2 가 CH_3OH 의 2배이고, O 원자 수가 (나)와 (다)에서 같으므로 (다)의 양은 0.025 mol이다. 기체의 양이 (가)는 0.2 mol, (나)는 0.05 mol, (다)는 0.025 mol이다.

㉠. (다)에서 기체 0.025 mol의 부피가 $V \text{ L}$ 이므로 기체 1 mol의 부피는 $40V \text{ L}$ 이다. 따라서 (가)의 부피는 $0.2 \text{ mol} \times 40 V \text{ L/mol}=8V \text{ L}$ 이다.

㉡. H 원자의 양이 (가)는 $4 \times 0.2 \text{ mol}=0.8 \text{ mol}$, (나)는 $4 \times 0.05 \text{ mol}=0.2 \text{ mol}$ 이므로 H 원자 수는 (가)가 (나)의 4배이다.

㉢. O_2 는 분자량이 32이므로 (다)의 질량은 $0.025 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol}=0.8 \text{ g}$ 이다. 따라서 기체의 질량은 (나)가 (다)의 2배이다.

07 기체의 부피와 몰, 질량

기체 1 mol의 부피가 32 L이고, 기체 32 L의 질량이 (가)는 80 g, (나)는 32 g, (다)는 64 g이므로 분자량이 (가)는 80, (나)는 32, (다)는 64이다.

㉠. Y_2 의 분자량이 32이므로 Y의 원자량은 16이며, XY_3 의 분자량이 80이므로 X의 원자량은 $80 - 3 \times 16 = 32$ 이다.

㉡. (다)는 분자당 원자 수가 3이고, 분자량이 64이다. 원자량이 X는 32, Y는 16이므로 (다)의 분자식은 XY_2 이다.

㉢. 1g에 들어 있는 Y 원자의 몰비가 (가) : (다) = $\frac{3}{80} : \frac{2}{64} = 6 : 5$ 이므로 1g에 들어 있는 Y 원자의 양(mol)은 (가) > (다)이다.

08 물질의 양(mol)과 질량

분자량이 H_2O 은 18, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 은 46이고, 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{1 \text{ mol의 질량(g/mol)}}$ 이므로 H_2O 16.2 g은 $\frac{16.2 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} =$

0.9 mol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 9.2 g은 $\frac{9.2 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}}=0.2 \text{ mol}$ 이다.

㉠. H 원자의 양이 (가)에서는 $2 \times 0.9 \text{ mol} + 6 \times 0.2 \text{ mol} = 3 \text{ mol}$ 이고, (나)에서는 $2 \times 1 \text{ mol} + 4 \times 0.1 \text{ mol} = 2.4 \text{ mol}$ 이므로 H의 질량은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

㉡. C 원자의 양이 (가)에서는 0.4 mol, (나)에서는 0.1 mol이므로 C 원자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

㉢. CH_3OH 의 분자량이 32이므로 CH_3OH 0.1 mol의 질량은 3.2 g이다.

(가)에서 전체 질량은 $16.2 \text{ g} + 9.2 \text{ g} = 25.4 \text{ g}$ 이고, (나)에서 전체 질량은 $18 \text{ g} + 3.2 \text{ g} = 21.2 \text{ g}$ 이다. 따라서 전체 질량은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

3 점 수능 테스트

본문 29~34쪽

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

01 화학식량과 몰

X~Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면 용기에 들어 있는 전체 기체의 질량비가 (가) : (나) : (다) = $2x \times 2 + (2x + y) \times 1 : (2x + y) \times 2 : 2x \times 2 + (2x + z) \times 2 = 16 : 16 : 19$ 에서 $x : y : z = 4 : 8 : 3$ 이고, 분자량비는 $\text{X}_2 : \text{YX}_2 : \text{ZX}_2 = 8 : 16 : 11$ 이다.

㉡. 원자량비는 $\text{X} : \text{Z} = 4 : 3$ 이다.

㉢. 분자 수비가 (가) : (나) = 3 : 2이므로 전체 기체의 부피비도 (가) : (나) = 3 : 2이다. 따라서 용기에 들어 있는 전체 기체의 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{8 \times 2 + 16 \times 1}{3} : \frac{16 \times 2}{2} = 2 : 3$ 이다.

㉣. YX_2 1g에 들어 있는 X 원자의 양(mol) : ZX_2 1g에 들어 있는 Z 원자의 양(mol) = $\frac{2}{16} : \frac{1}{11} = 11 : 8$ 이다. 따라서 YX_2 1g에 들어 있는 X 원자의 양(mol)은 ZX_2 1g에 들어 있는 Z 원자의 양(mol)보다 크다.

02 물질의 부피와 몰

물질의 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 질량 = 밀도 × 부피이다. (가)의 질량은 $0.8 \text{ g/mL} \times 100 \text{ mL} = 80 \text{ g}$ 이며, CH_3OH 의 분자량이 32이므로 CH_3OH 80 g은 $\frac{80 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 2.5 \text{ mol}$ 이다.

O_2 는 분자당 원자 수가 2이므로 (나)에서 O_2 의 양은 2 mol이며, 질량은 $2 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 64 \text{ g}$ 이다.

H_2O 은 분자당 원자 수가 3이므로 (다)에서 H_2O 의 양은 0.1 mol이다.

㉠. (가)에서 CH_3OH 의 양이 2.5 mol이므로 전체 원자의 양은 $6 \times 2.5 \text{ mol} = 15 \text{ mol}$ 이다. 따라서 $x = 15$ 이다. (나)에서 $\text{O}_2(\text{g})$ 의 질량이 64 g이므로 $y \text{ g/L} \times 48 \text{ L} = 64 \text{ g}$ 에서 $y = \frac{4}{3}$ 이다.

분자량이 18인 H_2O 0.1 mol의 질량은 1.8 g이므로 (다)에서 $1 \text{ g/mL} \times z \text{ mL} = 1.8 \text{ g}$ 에서 $z = 1.8$ 이다.

$x = 15, y = \frac{4}{3}, z = 1.8$ 이므로 $\frac{z}{x \times y} = 0.09$ 이다.

㉢. (나)에서 O의 원자량은 16이고, O 원자의 양이 4 mol이므로 O 원자의 질량이 64 g이다. 따라서 (나)에서 O_2 의 질량은 64 g이다.

✕. H 원자의 양이 (가)에서는 $4 \times 2.5 \text{ mol} = 10 \text{ mol}$ 이고, (다)에서는 $2 \times 0.1 \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$ 이다. 따라서 H 원자 수는 (가)가 (다)의 50배이다.

03 원자량과 분자량

(가)와 (다)는 구성 원소가 같고, 분자량이 (가) > (다)이며, 일정량의 X와 결합한 Z의 질량이 (가)가 (다)의 2배이므로 (가)는 삼원자 분자이고, (다)는 이원자 분자이며 (다)의 분자식은 XZ이다.

따라서 원자량비는 $X : Z = 3 : 4$ 이며, (가)에서 질량비가 $X : Z = 3 : 8$ 이므로 (가)의 분자식은 XZ_2 이다.

(나)의 분자식이 YZ인 경우 원자량비는 $Y : Z = 7 : 4$ 이므로 원자량이 $Z > Y$ 인 조건에 만족하지 못하고, YZ_2 인 경우 원자량비가 $Y : Z = 7 : 2$ 이므로 원자량이 $Z > Y$ 인 조건에 만족하지 못한다. 따라서 (나)의 분자식은 Y_2Z 이며, 원자량비는 $Y : Z = 7 : 8$ 로 원자량이 $Z > Y$ 인 조건을 만족한다.

㉠ 원자량비가 $X : Y = 6 : 7$ 이므로 원자량은 $Y > X$ 이다.

✕. (나)의 분자식은 Y_2Z 이다.

㉡ X~Z의 원자량을 각각 $6M, 7M, 8M$ 이라고 하면 분자량비는 $XZ_2 : Y_2Z_4 = (6M + 2 \times 8M) : (2 \times 7M + 4 \times 8M) = 11 : 23$ 이다.

04 아보가드로 법칙

아보가드로 법칙에 따르면 모든 기체는 같은 온도와 압력에서 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다. 따라서 $t^\circ\text{C}, 1 \text{ atm}$ 에서 $\text{H}_2(g)$ 와 $\text{CH}_4(g)$ 은 모두 1 mol, 2 mol, 3 mol의 부피가 각각 24 L, 48 L, 72 L이다.

㉠ $x = 48, y = 24, z = 72$ 이므로 $x + y = z$ 이다.

㉡ 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 종류에 관계없이 기체의 양(mol)에 비례하므로 '비례는' ㉠으로 적절하다.

㉢ $t^\circ\text{C}, 1 \text{ atm}$ 에서 $\text{H}_2(g)$ $x \text{ L}$ 는 2 mol이고, $\text{CH}_4(g)$ $y \text{ L}$ 는 1 mol이므로 $t^\circ\text{C}, 1 \text{ atm}$ 에서 $\text{H}_2(g)$ $x \text{ L}$ 에 들어 있는 H 원자의 양과 $\text{CH}_4(g)$ $y \text{ L}$ 에 들어 있는 H 원자의 양은 각각 4 mol로 같다. 따라서 $\frac{\text{H}_2(g) \text{ } x \text{ L에 들어 있는 H 원자의 양(mol)}}{\text{CH}_4(g) \text{ } y \text{ L에 들어 있는 H 원자의 양(mol)}} = 1$ 이다.

05 분자식과 분자량

X, Y의 원자량을 각각 x, y 라고 하면 (가)에서 1g당 전체 원자 수가 $\frac{2}{13} N_A$ 이므로 $\frac{2m}{xm+m} = \frac{2}{13}$ 에서 $x = 12$ 이다.

1g당 분자 수가 $\frac{1}{26} N_A$ 이므로 $\frac{1}{12m+m} = \frac{1}{26}$ 에서 $m = 2$ 이다.

(나)에서 1g당 전체 원자 수가 $\frac{3}{16} N_A$ 이므로 $\frac{2+n}{2y+n} = \frac{3}{16}$ 에서

$6y = 13n + 32 \dots \text{㉠}$ 이고, $\frac{\text{H 원자의 질량}}{\text{전체 질량}}$ 이 $\frac{1}{8}$ 이므로 $\frac{n \times 1}{2y + n \times 1} = \frac{1}{8}$ 에서 $2y = 7n \dots \text{㉡}$ 이다.

식 ㉠과 ㉡에서 $n = 4, y = 14$ 이다. 따라서 (나)에서 1g당 분자 수가 $\frac{N_A}{14 \times 2 + 1 \times 4} = \frac{N_A}{32}$ 이므로 ㉠은 $\frac{1}{32}$ 이다.

06 분자식과 분자량

삼원자 분자인 (가)의 분자식이 X_2Y 인 경우 분자당 X 원자 수가 (가)와 (다)가 같으므로 (다)의 분자식은 X_2Z_3 이고, 분자당 Z 원자 수가 (나)와 (다)가 같으므로 (나)의 분자식은 X_3Z_3 이다.

X~Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면 분자량비가 (나) : (다) = $3x + 3z : 2x + 3z = 7 : 4$ 에서 $2x + 9z = 0$ 이 되므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 (가)의 분자식은 XY_2 이고, 분자당 X 원자 수가 (가)와 (다)가 같으므로 (다)의 분자식은 XZ_4 이며, 분자당 Z 원자 수가 (나)와 (다)가 같으므로 (나)의 분자식은 X_2Z_4 이다.

✕. (가)의 분자식은 XY_2 이다.

㉠ 분자량비가 (가) : (나) : (다) = $x + 2y : 2x + 4z : x + 4z = 11 : 7 : 4$ 에서 $x : y : z = 12 : 16 : 1$ 이다. 따라서 원자량비는 $X : Y = 3 : 4$ 이다.

✕. 분자량비가 (나) : (다) = $7 : 4$ 이고, 분자당 Z 원자 수가 (나)와 (다)가 같으므로 1g에 들어 있는 Z 원자 수비는 (나) : (다) = $4 : 7$ 이다.

07 아보가드로 법칙

같은 온도와 압력에서 기체의 몰비는 부피비와 같다. 기체의 양을 (가)에서 $n \text{ mol}$ 이라고 하면, (나)에서는 $2n \text{ mol}$ 이다.

질량비가 (가) : (나) = $2.2 : a$ 이고, 몰비가 (가) : (나) = $1 : 2$ 이므로 분자량비는 $XY_2 : XY = 4.4 : a$ 이다.

X와 Y의 원자량을 각각 x, y 라고 하면, (가)의 기체에 들어 있는 Y의 질량과 (나)의 기체에 들어 있는 Y의 질량의 합이 3.2g이고, (가)에서 Y의 질량은 $n \text{ mol} \times 2y \text{ g/mol} = 2ny \text{ g}$ 이며, (나)에서 Y의 질량은 $2n \text{ mol} \times y \text{ g/mol} = 2ny \text{ g}$ 이므로 $2ny + 2ny = 3.2$ 에서 $ny = 0.8 \dots \text{㉠}$ 이다.

(가)에서 XY_2 $n \text{ mol}$ 이 2.2g이므로 $(x + 2y) \text{ g/mol} \times n \text{ mol} = 2.2 \text{ g}$ 에서 $nx = 0.6 \dots \text{㉡}$ 이다.

✕. (나)에서 XY $2n \text{ mol}$ 이 $a \text{ g}$ 이므로 $(x + y) \text{ g/mol} \times 2n \text{ mol} = a \text{ g}$ 에서 $2nx + 2ny = a \dots \text{㉢}$ 이다. 식 ㉠~㉢에서 $a = 2.8$ 이다.

✕. ㉠과 ㉡에서 원자량비가 $X : Y = 3 : 4$ 이므로 원자량은 $Y > X$ 이다.

㉔ (가)의 기체에 들어 있는 Y 원자의 양과 (나)의 기체에 들어 있는 X 원자의 양은 각각 $2n$ mol로 같다.

08 분자식과 분자량

물질의 양 (mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{1 \text{ mol의 질량(g/mol)}}$ 이고, 분자량이 NH_3 , CO_2 , C_2H_4 은 각각 17, 44, 28이므로 물질의 양이 (가)는 $\frac{3.4 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$, (나)는 $\frac{11 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$, (다)는 $\frac{2.8 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.

일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 기체의 양(mol)이 (나) > (가) > (다)이므로 ㉔은 (나)이다.

전체 원자의 양이 (가)는 0.8 mol, (나)는 0.75 mol, (다)는 0.6 mol이므로 ㉔은 (가)이다.

일정한 온도와 압력에서 단위 부피당 질량은 분자량에 비례한다. 분자량이 $\text{CO}_2 > \text{C}_2\text{H}_4 > \text{NH}_3$ 이므로 ㉔은 (나)이다.

09 기체의 부피와 양(mol)

(가)와 (나)에서 기체의 온도와 압력이 같으므로 기체의 부피비와 몰비가 같다. (가)에서 기체의 양을 $2n$ mol, (나)에서 기체의 양을 $3n$ mol이라고 하자.

(가)에서 XY_4 의 양을 a mol, Y_2Z 의 양을 b mol이라고 하면 $a + b = 2n$...①이다.

(나)에서 XY_4 의 양을 c mol, XY_4Z 의 양을 d mol이라고 하면 $c + d = 3n$...②이다.

Y의 원자 수는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 $4a + 2b : 4c + 4d = 1 : 2$ 에서 $2a + b = c + d$...③이다. 식 ①~③에서 $a = b = n$ 이다.

$\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Z 원자 수}}$ 는 (나)에서가 (가)에서의 3배이므로 $\frac{a}{b} : \frac{c+d}{d} = 1 : 3$ 에서 $a = b$ 이고, $c + d = 3n$ 이므로 $d = n$, $c = 2n$ 이다.

Z의 양은 (가)와 (나)에서 n mol로 같다. Z의 질량이 (가)에서 1.6 g이므로 Z의 질량이 (나)에서도 1.6 g이다.

X~Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면 (나)에서 $(x + 4y) \text{ g/mol} \times 3n \text{ mol} = (x + 4y) \times 3n \text{ g} = 6.4 \text{ g} - 1.6 \text{ g} = 4.8 \text{ g}$ 에서 $(x + 4y) \times n = 1.6$ 이다.

(가)에서 $(x + 4y) \times n + (2y + z) \times n = 3.4$ 이고, $(x + 4y) \times n = 1.6$, $zn = 1.6$ 이므로 $yn = 0.1$ 이고, $xn = 1.2$ 이다. 따라서 $x : y : z = 12 : 1 : 16$ 이다.

(나)에서 X의 질량은 $3n \times x \text{ g} = 3.6 \text{ g}$ 이므로 $w = 3.6$ 이다. 따라

서 $w \times \frac{\text{Z의 원자량}}{\text{X의 원자량}} = 4.8$ 이다.

10 아보가드로 법칙과 기체의 질량

같은 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같고, 기체의 양 (mol)이 같을 때 질량비는 분자량비와 같다.

6.4 L인 (가)의 질량이 6.4 g이므로 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 $\text{X}_2(\text{g})$ 16 L의 질량은 16 g이다. 따라서 분자량비는 $\text{X}_2 : \text{Y}_2\text{X} : \text{ZY}_4 = 16 : 9 : 8$ 이다.

✕. 분자량은 X_2 가 ZY_4 의 2배이다.

㉔. X~Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면 $2x : x + 2y : 4y + z = 16 : 9 : 8$ 에서 $x : y : z = 16 : 1 : 12$ 이다. 따라서 원자량비는 $\text{X} : \text{Z} = 4 : 3$ 이다.

㉔. 1 g에 들어 있는 Y 원자 수비는 $\text{Y}_2\text{X}(\text{g}) : \text{ZY}_4(\text{g}) = \frac{2}{9} : \frac{4}{8} = 4 : 9$ 이다.

11 아보가드로 법칙과 몰

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 기체의 부피비가 (가) : (나) : (다) = 1 : 1.5 : 2.5이므로 A(g) 2.3 g을 n mol이라고 하면 B(g) 1.1 g은 $0.5n$ mol이고, $\text{X}_2\text{Y}_4(\text{g})$ w g은 n mol이다.

전체 기체의 밀도비가 (가) : (다) = 23 : 32이고, (다)에서 전체 기체의 질량이 $(3.4 + w)$ g이므로 $\frac{2.3 \text{ g}}{V \text{ L}} : \frac{(3.4 + w) \text{ g}}{2.5V \text{ L}} = 23 : 32$ 에서 $w = 4.6$ 이다.

분자량이 X_2Y_4 가 A의 2배이므로 분자식이 A는 XY_2 이고, B는 X_2Y 이다. 또한 A(g) 2.3 g은 n mol이고 B(g) 1.1 g은 $0.5n$ mol이므로 분자량비는 $\text{XY}_2 : \text{X}_2\text{Y} = 23 : 22$ 이다. X, Y의 원자량을 각각 x, y 라고 하면 $x + 2y : 2x + y = 23 : 22$ 에서 $x : y = 7 : 8$ 이다. 따라서 $w \times \frac{\text{Y의 원자량}}{\text{A의 분자량}} = 4.6 \times$

$\frac{8}{7 + 2 \times 8} = \frac{8}{5}$ 이다.

12 아보가드로 법칙과 몰

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. (가)에서 $\text{Y}_2\text{Z}(\text{g})$ 2.2 g을 n mol이라고 하면 (나) 과정 후 실린더 속 기체의 양은 $2n$ mol, (다) 과정 후 실린더 속 기체의 양은 $3n$ mol이다.

(나) 과정 후 2V L의 용기와 2V L의 실린더 속 전체 기체의 양이 $4n$ mol이므로 XZ_2 6.6 g의 양은 $3n$ mol이다.

(다) 과정 후 2V L의 용기 및 V L 용기와 3V L의 실린더 속 전체 기체의 양이 $6n$ mol이므로 YZ_2 4.6 g의 양은 $2n$ mol이다.

따라서 분자량비는 $Y_2Z : XZ_2 : YZ_2 = 22 : 22 : 23$ 이다.

㉠. $X \sim Z$ 의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면 $2y + z : x + 2z : y + 2z = 22 : 22 : 23$ 에서 $x : y : z = 6 : 7 : 8$ 이다. 따라서 원자량은 $Z > Y > X$ 이다.

㉡. (나) 과정 후 실린더 속 기체의 몰비는 $Y_2Z(g) : XZ_2(g) = 1 : 3$ 이므로 (나) 과정 후 실린더 속에서 $\frac{X \text{의 질량}}{Z \text{의 질량}} = \frac{3 \times 6}{1 \times 8 + 6 \times 8} = \frac{9}{28}$ 이다.

㉢. (가)에서 기체의 몰비가 $Y_2Z(g) : YZ_2(g) = 1 : 2$ 이므로 (다) 과정 후 실린더 속 기체의 양(mol)은 $YZ_2(g)$ 가 $Y_2Z(g)$ 의 2배이다.

03 화학 반응식과 용액의 농도

2 수능 테스트

본문 43~45쪽

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

01 화학 반응식과 반응 계수

반응물과 생성물에 있는 원자의 종류와 수는 같다. C의 수를 같게 하면 $b=2$ 이고, H의 수를 같게 하면 $2c=6$ 이며, O의 수를 같게 하면 $1+2a=2b+c$ 이다. 따라서 $a=3$, $b=2$, $c=3$ 이므로

$$\frac{b \times c}{a} = \frac{2 \times 3}{3} = 2 \text{이다.}$$

02 화학 반응식 반응 계수와 양적 관계

(가)에서 Cu의 수를 같게 하면 $a=1$ 이고, ㉠은 H_2O 이며, (나)에서 Cu의 수를 같게 하면 $b=4$ 이고, ㉡은 CO_2 이다.

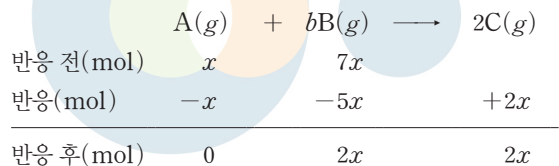
✕. $a=1$ 이고, $b=4$ 이므로 $a \neq b$ 이다.

✕. ㉠은 H_2O 이고, ㉡은 CO_2 이므로 분자당 O 원자 수는 ㉡이 ㉠보다 크다.

㉢. (가)와 (나)에서 같은 양(mol)의 Cu가 생성될 때 반응하는 반응물의 몰비는 $H_2 : C = 4 : 1$ 이다. 1 g의 Cu는 같은 양(mol)의 Cu이므로 (가)와 (나)에서 각각 1 g의 Cu가 생성될 때 반응하는 반응물의 질량비는 $H_2 : C = (4 \times 2) : (1 \times 12) = 2 : 3$ 이다.

03 화학 반응식 반응 계수와 양적 관계

강철 용기에 $A(g)$ x mol과 $B(g)$ $7x$ mol을 넣었을 때 $A(g)$ x mol은 모두 반응하였고, 반응 계수비는 $A(g) : C(g) = 1 : 2$ 이므로 생성된 $C(g)$ 의 양은 $2x$ mol이다. 따라서 $y=2x$ 이므로 강철 용기에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



✕. 반응 몰비는 $A(g) : B(g) = 1 : 5$ 이므로 $b=5$ 이다. 따라서 $b \times y = 5 \times 2x = 10x$ 이다.

✕. 반응 전 기체의 질량의 합과 반응 후 기체의 질량의 합은 같고, 강철 용기의 부피는 일정하므로 용기 속 기체의 밀도는 반응 전과 반응 후가 같다.

수능특강 사용설명서

수능특강을 공부하는 가장 쉽고 빠른 방법
수능특강 사용설명서로 시너지 효과 극대화

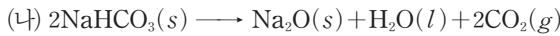
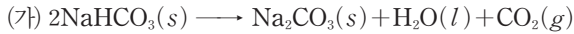
따라서 $\frac{\text{반응 후 용기 속 기체의 밀도}}{\text{반응 전 용기 속 기체의 밀도}}=1$ 이다.

㉠. 화학 반응식 $A(g)+5B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 에서 $A(g)$ 1 mol과 $B(g)$ 5 mol이 반응하여 $C(g)$ 2 mol이 생성되므로 $B(g)$ 5 mol이 반응할 때 감소하는 전체 기체의 양은 4 mol이다.

$B(g)$ 10x g은 $\frac{10x \text{ g}}{5x \text{ g/mol}}=2$ mol이므로 강철 용기에 $A(g)$ 1 mol과 $B(g)$ 2 mol을 넣고 반응시켰을 때 $B(g)$ 2 mol이 모두 반응한다. 따라서 $B(g)$ 2 mol이 반응할 때 감소하는 전체 기체의 양은 $2 \text{ mol} \times \frac{4}{5} = \frac{8}{5}$ mol이다.

04 화학 반응에서의 양적 관계

(가)와 (나)에서 각각 반응물과 생성물에 있는 Na, H, C, O 원자의 수를 같게 하여 화학 반응식을 완성하면 다음과 같으므로 $a=1, b=2$ 이다.



㉠. ㉠과 ㉡은 모두 CO_2 이다.

㉢. (가)에서 반응 계수비는 $\text{NaHCO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2 : 1$ 이고, (나)에서 반응 계수비는 $\text{NaHCO}_3 : \text{Na}_2\text{O} = 2 : 1$ 이다. 반응 계수비가 같으므로 (가)와 (나)에서 생성된 Na_2CO_3 과 Na_2O 의 질량비는 화학식량비와 같다.

따라서 $\frac{\text{(나)에서 생성된 Na}_2\text{O의 질량(g)}}{\text{(가)에서 생성된 Na}_2\text{CO}_3\text{의 질량(g)}} = \frac{62}{106} = \frac{31}{53}$ 이다.

㉣. $\text{NaHCO}_3(s)$ 4.2 g에 해당하는 양(mol)은 $\frac{4.2 \text{ g}}{84 \text{ g/mol}} = \frac{1}{20}$ mol이다. (가)에서 반응 계수비는 $\text{NaHCO}_3 : \text{CO}_2 = 2 : 1$ 이므로 생성된 CO_2 의 양은 $\frac{1}{40}$ mol이고, (나)에서 반응 계수비는 $\text{NaHCO}_3 : \text{CO}_2 = 1 : 1$ 이므로 생성된 CO_2 의 양은 $\frac{1}{20}$ mol이다. 따라서 (가)와 (나)에서 각각 $\text{NaHCO}_3(s)$ 4.2 g이 반응할 때, 생성된 CO_2 의 부피의 합은 $t^\circ\text{C}, 1 \text{ atm}$ 에서 $(\frac{1}{40} + \frac{1}{20}) \text{ mol} \times 24 \text{ L/mol} = 1.8 \text{ L}$ 이다.

05 화학 반응에서의 양적 관계를 이용한 기체의 질량 구하기

단계 1에서 $\text{Mg}(s)$ 과 $\text{HCl}(aq)$ 이 반응하여 $\text{H}_2(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



따라서 $a=2, b=1$ 이다.

㉠. 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 용액의 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱으로 구할 수 있으므로 ㉠은 0.2 L이다.

㉢. 화학 반응식으로부터 반응 계수비는 $\text{HCl} : \text{H}_2 = a : b$ 이므로

H_2 의 양(mol) = HCl 의 양(mol) $\times \frac{b}{a}$ 이다. 따라서 ㉡은 $\frac{b}{a}$ 이다.

✕. 단계 2에서 계산한 HCl 의 양(mol) = $2 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.4 \text{ mol}$ 이므로 단계 3에서 H_2 의 양(mol) = HCl 의 양(mol) $\times \frac{b}{a} = 0.4 \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 0.2 \text{ mol}$ 이다. 따라서 ㉢은 0.2이다.

06 용액의 몰 농도

몰 농도비는 $\frac{\frac{2}{a}}{0.15} : \frac{\frac{1}{x}}{0.05} = 2b : b = 2 : 1$ 이므로 $x = 3a$ 이고,

몰 농도비는 $A(aq) : C(aq) = \frac{\frac{2}{a}}{0.15} : \frac{\frac{1}{3a}}{0.075} = 2b : y$ 이므로

$y = 3b$ 이다. $A(aq)$ 의 몰 농도는 $2b$ 이므로 $\frac{2}{0.15} = 2b$ 이고, $ab =$

$\frac{20}{3}$ 이다. 따라서 $x \times y = 3a \times 3b = 9ab = 9 \times \frac{20}{3} = 60$ 이다.

07 퍼센트 농도와 몰 농도

수용액의 밀도가 1.05 g/mL이므로 4% $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL의 질량은 $100 \text{ mL} \times 1.05 \text{ g/mL} = 105 \text{ g}$ 이다.

✕. 4% $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL에 녹아 있는 용질의 질량은 $\frac{4}{100} \times 105 \text{ g} = 4.2 \text{ g}$ 이다.

㉢. 4% $\text{NaOH}(aq)$ 105 g에 녹아 있는 용질의 양은 $\frac{4.2 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.105 \text{ mol}$ 이므로 수용액 1 g에 녹아 있는 용질의 양은 $\frac{0.105 \text{ mol}}{105} = \frac{1}{1000}$ mol이다.

✕. 수용액에 녹아 있는 용질의 양이 0.105 mol이므로 물을 넣어 200 mL로 만든 수용액의 몰 농도는 $\frac{0.105 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.525 \text{ M}$ 이다.

08 화학 반응에서의 양적 관계

화학 반응식 $aA_2(g) + B_2(g) \longrightarrow 2X(g)$ 에서 X를 구성하는 원자 수가 4이므로 X에 포함된 B 원자 수는 1이고, A 원자 수는 3이다.

㉠. X에 포함된 A 원자 수는 3이고, X의 반응 계수가 2이므로 $a=3$ 이다.

✕. $A_2(g)$ 1.5 g과 $B_2(g)$ 0.25 mol이 반응하여 $X(g)$ 8.5 g이 생성되었으므로 질량 보존 법칙에 의해 $B_2(g)$ 의 질량은 7 g이다. 반응 몰비는 $A_2 : B_2 : X = 3 : 1 : 2$ 이므로 $A_2(g)$ 1.5 g은 0.75 mol, $B_2(g)$ 7 g은 0.25 mol, $X(g)$ 8.5 g은 0.5 mol에 해당한다. 따라서 A_2, B_2, X 의 분자량은 각각 2, 28, 17이므로

분자량비는 $B_2 : X = 28 : 17$ 이다.

✕. 반응 후 실린더에 들어 있는 $X(g)$ 의 양은 0.5 mol 이므로 $t^\circ\text{C}$, 1 atm 에서 $X(g)$ 의 부피는 12 L 이다. $X(g)$ 0.5 mol 의 질량은 8.5 g 이므로 반응 후 실린더 속 $X(g)$ 의 밀도는 $\frac{8.5 \text{ g}}{12 \text{ L}} = \frac{17}{24} \text{ g/L}$ 이다. 따라서 $d = \frac{17}{24}$ 이다.

09 용액의 몰 농도와 용질의 화학식량

용액의 몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)으로 나타낸 농도이다.

㉠ 모형 1개는 입자 $n \text{ mol}$ 에 해당하므로 (가)에 녹아 있는 A의 양은 $3n \text{ mol}$ 이고, (나)에 녹아 있는 B의 양은 $4n \text{ mol}$ 이다. 따라서 녹아 있는 용질의 양(mol)은 (나)가 (가)보다 크다.

✕. (가)에 녹아 있는 A의 양은 $3n \text{ mol}$ 이고, 용액의 부피는 0.2 L 이므로 $A(aq)$ 의 몰 농도는 $\frac{3n \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 15n \text{ M}$ 이다. (나)에 녹아 있는 B의 양은 $4n \text{ mol}$ 이고, 용액의 부피는 0.3 L 이므로 $B(aq)$ 의 몰 농도는 $\frac{4n \text{ mol}}{0.3 \text{ L}} = \frac{40n}{3} \text{ M}$ 이다. 따라서 용액의 몰 농도는 (가)가 (나)보다 크다.

✕. 같은 질량에 해당하는 용질의 양(mol)이 B가 A보다 크므로 화학식량은 A가 B보다 크다.

10 몰 농도와 퍼센트 농도

1 M 수용액은 물 $1 \text{ L} (=1000 \text{ mL})$ 에 용질 1 mol 이 녹아 있는 용액이고, 1% 수용액은 용액 100 g 에 용질 1 g 이 녹아 있는 용액이다.

㉠ $1 \text{ M NaOH}(aq)$ 100 mL 에 녹아 있는 NaOH의 양은 $1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. (가)에 물을 넣어도 용질의 양(mol)은 일정하므로 (가)에 물을 넣어 250 mL 로 만든 용액의 몰 농도는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.25 \text{ L}} = 0.4 \text{ M}$ 이다.

✕. $1\% \text{ NaOH}(aq)$ 100 g 에 녹아 있는 NaOH의 질량은 1 g 이고, 용매인 물의 질량은 99 g 이다. (나)에 NaOH 1 g 을 추가로 녹인 후 물 99 g 을 넣은 용액의 퍼센트 농도는 $\frac{2}{200} \times 100 = 1\%$ 이다.

㉢ (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $0.1 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 4 \text{ g}$ 이고, (나)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 1 g 이므로 (가)와

(나)를 혼합한 용액에 녹아 있는 용질의 양은 $\frac{5 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.125 \text{ mol}$ 이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합한 용액에 물을 넣어 용액의 부피가 250 mL 인 용액의 몰 농도는 $\frac{0.125 \text{ mol}}{0.25 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이다.

11 용액의 몰 농도

㉠ (가)에 녹아 있는 용질의 양은 $0.2a \text{ mol}$ 이므로 용질의 질량은 $0.2a \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 8a \text{ g}$ 이다.

✕. (가)에 녹아 있는 용질의 양은 $0.2a \text{ mol}$ 이고, (나)에 녹아 있는 용질의 양은 $0.25b \text{ mol}$ 이다. 용질의 질량은 (가)와 (나)가 같으므로 용질의 양(mol)도 (가)와 (나)가 같다. 따라서 $0.2a = 0.25b$ 이고, $a : b = 5 : 4$ 이다.

✕. 용액의 질량비는 (가) : (나) = $1 : 1.2 = 5 : 6$ 이고, 용액의 부피비는 (가) : (나) = $4 : 5$ 이므로 용액의 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{5}{4} : \frac{6}{5} = 25 : 24$ 이다. 따라서 용액의 밀도는 (가)가 (나)보다 크다.

12 용액의 농도

(가)에서 녹아 있는 용질의 양(mol)은 $0.5 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이므로 A의 질량은 $0.05 \text{ mol} \times 100 \text{ g/mol} = 5 \text{ g}$ 이다. (가)의 밀도는 1.05 g/mL 이므로 용액의 질량은 105 g 이다.

㉠ (가)에서 용액의 질량은 105 g 이고, 녹아 있는 A의 질량이 5 g 이므로 용매인 물의 질량은 100 g 이다. 따라서 용매의 질량은 (가)와 (나)가 같다.

㉢ (가)에 A 5 g 을 추가로 녹인 용액에 녹아 있는 A의 총 질량은 10 g 이고, 용액의 질량은 110 g 이므로 (나)에 녹아 있는 A의 질량 및 용액의 질량과 같다. 따라서 (가)에 A 5 g 을 추가로 녹인 용액의 퍼센트 농도는 (나)와 같다.

㉤ (나)에 물을 넣어 부피가 200 mL 인 용액에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{10 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이므로 몰 농도는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이다. 따라서 (나)에 물을 넣어 부피가 200 mL 인 용액의 몰 농도는 (가)와 같다.

3 점 수능 테스트

본문 46~51쪽

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

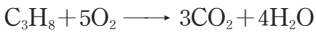
01 연소 반응식의 양적 관계

(가)의 분자식을 C_aH_b , (나)의 분자식을 C_mH_n 이라고 하면 $a+b=5$ 이다. $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 의 비는 (가) : (나) = 3 : 2이므로 $\frac{b}{a} : \frac{n}{m} = 3 : 2$ 이고, 분자량비는 (가) : (나) = 4 : 11이므로 $(12a+b) : (12m+n) = 4 : 11$ 이다.

$a=1$ 이라고 하면, $b=4$ 이므로 $\frac{4}{1} : \frac{n}{m} = 3 : 2$ 이고, $16 : (12m+n) = 4 : 11$ 이다. 따라서 $8m=3n$ 이고, $12m+n=44$ 이므로 $m=3, n=8$ 이다. $a=2, b=3$ 의 경우, $a=3, b=2$ 의 경우, $a=4, b=1$ 의 경우는 m 과 n 이 정수를 만족하지 못한다. $a=1, b=4, m=3, n=8$ 이므로 (가)의 분자식은 CH_4 이고, (나)의 분자식은 C_3H_8 이다.

✕. (나)의 분자식은 C_3H_8 이므로 분자당 구성 원자 수는 11이고, $x=11$ 이다.

○. 탄화수소 (가)와 (나)의 완전 연소 반응식은 다음과 같다.



CH_4 1 mol이 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 의 양은 1 mol이고, C_3H_8 1 mol이 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 의 양은 3 mol이다. 따라서 (가)와 (나) 각각 1 mol이 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 3이다.

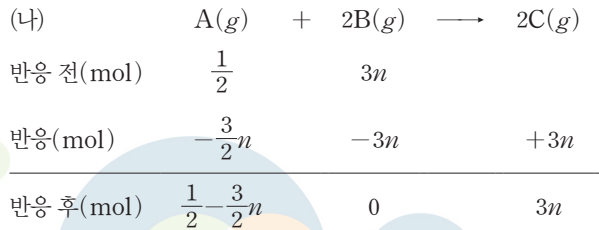
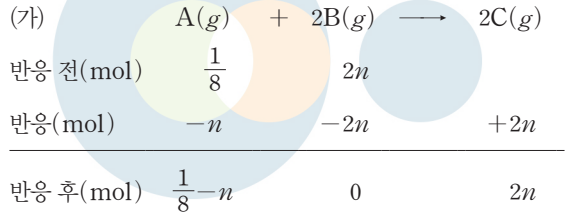
✕. CH_4 1 mol (= 16 g)이 완전 연소할 때 반응하는 O_2 의 양은 2 mol이고, C_3H_8 1 mol (= 44 g)이 완전 연소할 때 반응하는 O_2 의 양은 5 mol이다. 따라서 (가)와 (나) 1 g이 완전 연소할 때 반응하는 O_2 의 몰비는 $\frac{2}{16} : \frac{5}{44} = 11 : 10$ 이므로 O_2 의 질량비도 11 : 10이다.

02 화학 반응에서의 양적 관계

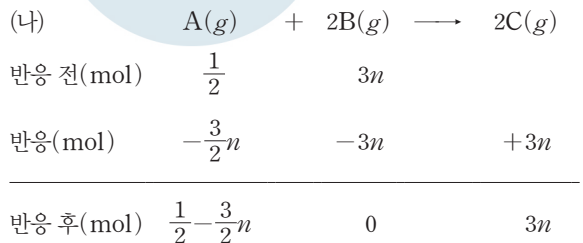
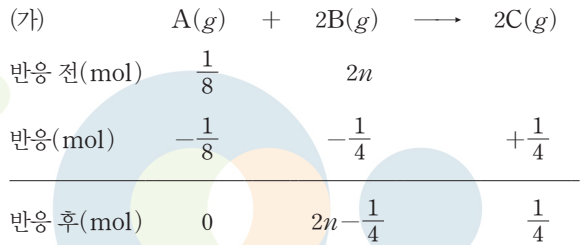
(가)에서 반응 전 $A(g)$ 의 질량이 4 g이므로 $\frac{4 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = \frac{1}{8} \text{ mol}$ 이고, (나)에서 $A(g)$ 의 질량이 16 g이므로 $\frac{16 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = \frac{1}{2} \text{ mol}$ 이며, (가)에서 $B(g)$ 의 질량 10 g을 $2n \text{ mol}$ 이라고 하면 (나)에서 $B(g)$ 의 질량 15 g을 $3n \text{ mol}$ 이라고 할 수 있다.

i) 만약 $A(g)$ 가 모두 반응하는 경우, 반응하는 $B(g)$ 의 양(mol)과 생성되는 $C(g)$ 의 양(mol)이 같으므로 반응 후 전체 기체의 몰비는 (가) : (나) = $2n : 3n$ 이고, 전체 기체의 부피비는 (가) : (나) = 2 : 3이므로 주어진 자료에 모순이다.

ii) 만약 $B(g)$ 가 모두 반응하는 경우, (가)와 (나)에서 각각 다음과 같이 반응이 일어난다고 할 수 있다.



반응 후 전체 기체의 몰비는 (가) : (나) = 4 : 9이므로 (가) : (나) = $(\frac{1}{8}-n+2n) : (\frac{1}{2}-\frac{3}{2}n+3n) = 4 : 9$ 이고, $n = \frac{7}{24}$ 이므로 (가)에서 반응 후 남은 $A(g)$ 의 양 $(\frac{1}{8}-n)$ 의 값이 음수가 되어 자료에 모순이다. 따라서 (가)에서는 $A(g)$ 가 모두 반응하고, (나)에서는 $B(g)$ 가 모두 반응하므로 다음과 같이 반응이 일어난다.



반응 후 전체 기체의 몰비는 (가) : (나) = 4 : 9이므로 (가) : (나)
 $= (2n - \frac{1}{4} + \frac{1}{4}) : (\frac{1}{2} - \frac{3}{2}n + 3n) = 4 : 9$ 이고, $n = \frac{1}{6}$ 이다.

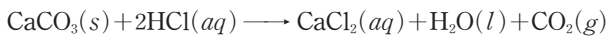
㉠ B(g) $2n \text{ mol} = \frac{1}{3} \text{ mol}$ 이고, B(g) $\frac{1}{3} \text{ mol}$ 은 10 g이므로 B(g)의 분자량은 30이다. (가)에서 반응 후 남은 반응물은 B(g) $(2n - \frac{1}{4}) \text{ mol} = \frac{1}{12} \text{ mol}$ 이므로 반응 후 남은 B(g)의 질량은 $\frac{1}{12} \text{ mol} \times 30 \text{ g/mol} = \frac{5}{2} \text{ g}$ 이고, $a = \frac{5}{2}$ 이다. (나)에서 반응 후 남은 반응물은 A(g) $(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}n) \text{ mol} = \frac{1}{4} \text{ mol}$ 이므로 $b = \frac{1}{4}$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{5}{2}} = \frac{1}{10}$ 이다.

㉡ (가)에서 A(g) 4 g과 B(g) $\frac{15}{2} \text{ g}$ 이 반응하므로 질량 보존 법칙에 의해 C(g) $\frac{23}{2} \text{ g}$ 이 생성되며, 이는 C(g) $\frac{1}{4} \text{ mol}$ 에 해당된다. 따라서 C의 분자량은 46이고, 분자량비는 B : C = 30 : 46 = 15 : 23이다.

㉢ $\frac{\text{생성된 C(g)의 양(mol)}}{\text{반응 후 전체 기체의 양(mol)}}$ 의 비는 (가) : (나) = $\frac{1}{4} : \frac{1}{2} = 9 : 8$ 이다.

03 화학 반응에서의 양적 관계

반응물과 생성물에 있는 원자의 종류와 수는 같으므로 X는 CaCO_3 이고, 화학 반응식은 다음과 같다.



㉠ $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이므로 (나)에서 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 480 mL는 $\frac{0.48 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = 0.02 \text{ mol}$ 이다. 화학 반응식에서 반응 계수비는 $\text{CaCO}_3 : \text{CO}_2 = 1 : 1$ 이므로 반응한 CaCO_3 2 g은 0.02 mol에 해당한다. 따라서 $\frac{2 \text{ g}}{0.02 \text{ mol}} = 100 \text{ g/mol}$ 이고, CaCO_3 의 화학식량은 100이다.

㉡ X 2 g이 반응하여 생성된 CO_2 의 질량은 $(w_1 + 2 - w_2) \text{ g}$ 이고, 이는 CO_2 0.02 mol에 해당한다. 따라서 $\frac{(w_1 + 2 - w_2) \text{ g}}{0.02 \text{ mol}} = 50(w_1 + 2 - w_2) \text{ g/mol}$ 이므로 CO_2 의 분자량은 $50(w_1 + 2 - w_2)$ 이다.

㉢ 화학 반응식에서 반응 계수비는 $\text{CaCO}_3 : \text{HCl} = 1 : 2$ 이고, CaCO_3 0.02 mol 반응하였으므로 반응한 HCl의 양은 0.04

mol이다. 따라서 $\frac{0.04 \text{ mol}}{0.05 \text{ L}} = 0.8 \text{ M}$ 이므로 반응 전 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.8 M 이상이다.

04 화학 반응에서의 양적 관계

A(g) 7a g과 B(g) 12a g의 반응은 다음과 같이 일어난다.

	$2\text{A}(g)$	+	$\text{B}(g)$	\longrightarrow	$2\text{C}(g)$	
반응 전(g)	7a		12a			
반응(g)	-7a		-x			+(7a+x)
반응 후(g)	0		12a-x			7a+x

반응 후 남은 B(g)와 생성된 C(g)의 질량비가 B(g) : C(g) = 8b : 11b = 8 : 11이므로 $12a - x : 7a + x = 8 : 11$ 이고, $x = 4a$ 이다.

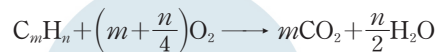
㉠ 질량 보존 법칙에 따라 반응 전과 후 전체 기체의 질량은 같으므로 $(7a + 12a) = (8b + 11b)$ 이다. 따라서 $a = b$ 이다.

㉡ 반응 몰비는 A : B : C = 2 : 1 : 2이고, 반응 질량비는 A : B : C = 7 : 4 : 11이므로 분자량비는 A : B : C = $\frac{7}{2} : \frac{4}{1} : \frac{11}{2} = 7 : 8 : 11$ 이다. 따라서 분자량비는 A : C = 7 : 11이다.

㉢ 반응 전과 후 실린더 속 전체 기체의 몰비는 반응 전 : 반응 후 = $(\frac{7a}{7} + \frac{12a}{8}) : (\frac{8b}{8} + \frac{11b}{11}) = 5 : 4$ 이므로 실린더 속 기체의 부피비도 반응 전 : 반응 후 = 5 : 4이다. 반응 전과 후의 전체 기체의 질량은 같으므로 실린더 속 기체의 밀도는 부피에 반비례한다. 따라서 $\frac{\text{반응 후 실린더 속 기체의 밀도}}{\text{반응 전 실린더 속 기체의 밀도}} = \frac{5}{4}$ 이다.

05 화학 반응에서의 양적 관계

C_mH_n 을 완전 연소시켰을 때의 화학 반응식은 다음과 같다.



(가)에서 C_mH_n 과 CO_2 의 반응 계수비가 $\text{C}_m\text{H}_n : \text{CO}_2 = 1 : m$

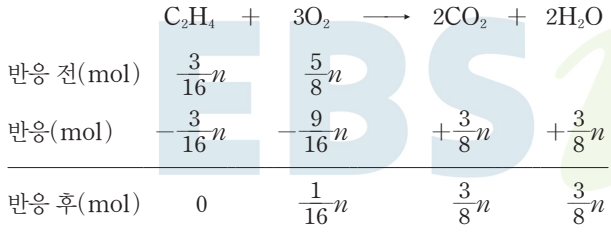
이므로 $\frac{x}{12m+n} : \frac{\frac{22}{7}x}{44} = 1 : m$ 이다. 따라서 $2m = n$ 이므로 반응은 다음과 같이 일어난다.

	C_mH_n	+	$\frac{3}{2}\text{mO}_2$	\longrightarrow	$m\text{CO}_2$	+	$m\text{H}_2\text{O}$
반응 전(g)	x		6x				
반응(g)	-x		-①		+ $\frac{22}{7}x$		+②
반응 후(g)	0		③		$\frac{22}{7}x$		④

$\frac{22}{7}x$
 $\frac{22}{7}x : \frac{9}{18} = m : m = 1 : 1$ 이므로 $\textcircled{C} = \frac{9}{7}x$ 이고, 생성된 H_2O 의 질량은 $\frac{9}{7}x$ g이다. 질량 보존 법칙에 따라 $(x + \textcircled{C})$ g
 $= \left(\frac{22}{7}x + \frac{9}{7}x\right)$ g이므로 $\textcircled{C} = \frac{24}{7}x$ 이고, $\textcircled{D} = \left(6x - \frac{24}{7}x\right) = \frac{18}{7}x$ 이다. (가)에서 반응 후 전체 물질의 양(mol)이 $\frac{25}{64}n$ mol
 이므로 $\left(\frac{18}{7}x + \frac{22}{7}x + \frac{9}{7}x\right) = \frac{25}{64}n$ 이고, $4x = 7n$ 이다.

✕. (가)에서 반응 후 남은 O_2 의 양은 $\frac{18}{32}x$ mol = $\frac{9}{112}x$ mol
 $= \frac{9}{64}n$ mol이고, 반응 후 남은 O_2 의 몰비는 (가) : (나) = 9 : 4
 이므로 (나)에서 반응 후 남은 O_2 의 양은 $\frac{1}{16}n$ mol이다. 따라서
 반응한 O_2 의 양은 $\frac{9}{16}n$ mol이므로 $m = 2$ 이고, $n = 4$ 이므로
 $m + n = 6$ 이다.

ⓐ. (나)에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

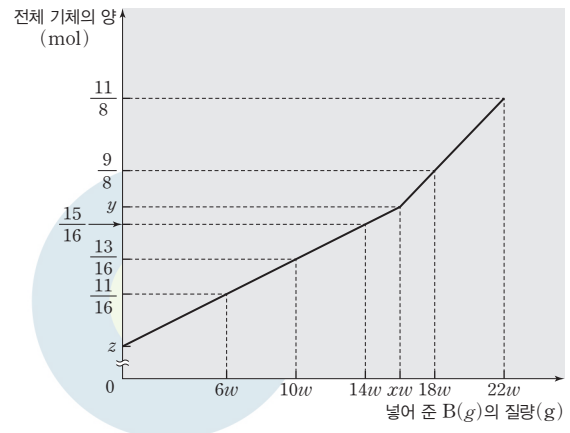


반응 후 생성된 H_2O 의 양은 $\frac{3}{8}n$ mol = $\frac{3}{2}$ mol이므로 $y = \frac{3}{2}$
 이다.

ⓑ. (나)에서 반응 후 전체 물질의 양은 $\left(\frac{1}{16}n + \frac{3}{8}n + \frac{3}{8}n\right)$ mol
 $= \frac{13}{16}n$ mol이므로 반응 후 전체 물질의 몰비는 (가) : (나) =
 $\frac{25}{64}n : \frac{13}{16}n = 25 : 52$ 이다.

06 화학 반응에서의 양적 관계

넣어 준 B(g)의 질량이 6w g에서 10w g으로 4w g 증가할 때와
 10w g에서 14w g으로 4w g 증가할 때 각각 증가한 전체 기체
 의 양은 $\frac{1}{8}$ mol이고, B(g)의 질량이 14w g에서 18w g으로
 4w g 증가할 때 증가한 전체 기체의 양은 $\frac{3}{16}$ mol이며, B(g)의
 질량이 18w g에서 22w g으로 4w g 증가할 때 증가한 전체 기
 체의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이다. 넣어 준 B(g)의 질량(g)에 따른 전체
 기체의 양(mol)을 그림으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 A(g)와 B(g)가 모두 반응한 지점은 넣어 준 B(g)의 질
 량이 14w g에서 18w g 사이에 있음을 알 수 있으며, 이 지점에
 서 넣어 준 B(g)의 질량을 xw g, 전체 기체의 양을 y mol이라
 고 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

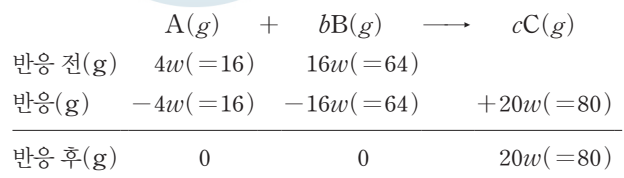
$$\frac{y - \frac{15}{16}}{x - 14} = \frac{\frac{15}{16} - \frac{13}{16}}{14 - 10} = \frac{1}{32} \cdot \frac{\frac{9}{8} - y}{18 - x} = \frac{\frac{11}{8} - \frac{9}{8}}{22 - 18} = \frac{1}{16}$$

$x = 16$ 이고, $y = 1$ 이므로 넣어 준 B(g)의 질량이 16w g일 때
 A(g)와 B(g)가 모두 반응하며, 이때 생성된 C(g)의 양은
 1 mol이다.

넣어 준 B(g)의 질량이 6w g에서 10w g으로 4w g 증가할 때
 증가한 전체 기체의 양은 $\frac{1}{8}$ mol이므로 반응 전 넣어 준 B(g)의
 질량이 0일 때, 실린더 속 A(g)의 양은 $\left(\frac{11}{16} - \frac{1}{32} \times 6\right)$ mol =
 $\frac{1}{2}$ mol이다. 따라서 실린더의 부피는 12 L이고, 실린더 속 A(g)

의 질량은 $\frac{4}{3}$ g/L \times 12 L = 16 g이므로 $w = 4$ 이다. 넣어 준 B
 (g)의 질량이 18w g에서 22w g으로 4w g 증가할 때 증가한 전
 체 기체의 양(mol)은 반응에 의한 전체 기체의 양(mol)의 증가
 가 아니라 반응이 끝난 후이므로 B(g)의 질량 증가에 의한 부피
 증가이다. B(g) 4w g의 양은 $\left(\frac{11}{8} - \frac{9}{8}\right)$ mol = $\frac{1}{4}$ mol이고, w
 $= 4$ 이므로 B(g) 4w g은 16 g이다. 따라서 B(g) 1 mol의 질량
 은 64 g이다.

넣어 준 B(g)의 질량이 16w g일 때 반응은 다음과 같이 일어
 난다.



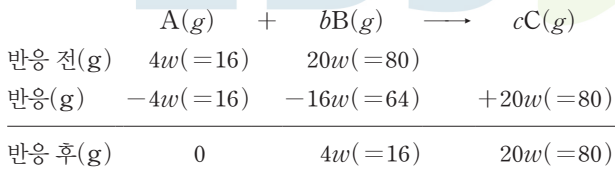
A(g) 16 g은 0.5 mol이고, B(g) 64 g은 1 mol이며, C(g)

80 g은 1 mol이다. 따라서 반응 몰비가 $A(g) : B(g) : C(g) = 1 : 2 : 2$ 이므로 $b=2, c=2$ 이다.

㉠ $w=4, b=2, c=2$ 이므로 $\frac{b+c}{w} = \frac{2+2}{4} = 1$ 이다.

㉡ 넣어 준 $B(g)$ 의 질량이 $16w$ g일 때 실린더 속에는 $C(g)$ 80 g이 들어 있고, $C(g)$ 80 g의 양은 1 mol이므로 $C(g)$ 의 밀도는 $\frac{80 \text{ g}}{24 \text{ L}} = \frac{10}{3} \text{ g/L}$ 이다.

㉢ 넣어 준 $B(g)$ 의 질량이 $20w$ g일 때 반응은 다음과 같이 일어난다.



따라서 $\frac{C(g) \text{의 질량}}{\text{전체 기체의 질량}} = \frac{80 \text{ g}}{(16+80) \text{ g}} = \frac{5}{6}$ 이다.

07 가한 물의 부피에 따른 용액의 몰 농도

넣어 준 물의 부피가 300 mL일 때 수용액의 부피는 $(x+300)$ mL

이고, 몰 농도는 0.25 M이므로 $\frac{(1 \times \frac{x}{1000}) \text{ mol}}{\frac{(x+300)}{1000} \text{ L}} = 0.25 \text{ M}$ 이

다. 따라서 $x=100$ 이다.

✕ $x=100$ 이므로 1 M NaOH(aq) 100 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 $1 \times 0.1 = 0.1$ mol이고, NaOH의 질량은 $0.1 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 4 \text{ g}$ 이다.

㉠ 넣어 준 물의 부피가 100 mL일 때 수용액의 부피는 200 mL이므로 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이고, $a=0.5$ 이다. 따라서 $x \times a = 100 \times 0.5 = 50$ 이다.

✕ 넣어 준 물의 부피가 400 mL일 때 수용액의 부피는 500 mL이므로 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다.

08 용액의 몰 농도

(가)에서 $A(s)$ 36 g은 $\frac{36 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0.6 \text{ mol}$ 이므로 $\frac{0.6 \text{ mol}}{\frac{x}{1000} \text{ L}}$

$= 1.2 \text{ M}$ 이다. 따라서 $x=500$ 이다. (가)에서 만든 1.2 M A(aq) 300 mL에 녹아 있는 용질의 양은 $1.2 \text{ M} \times 0.3 \text{ L} = 0.36 \text{ mol}$ 이고, 물을 넣어 용액의 부피가 400 mL가 되었으므로 (나)에서 만

든 용액의 몰 농도는 $\frac{0.36 \text{ mol}}{0.4 \text{ L}} = 0.9 \text{ M}$ 이다. 따라서 $a=0.9$ 이

다. (가)에서 만든 1.2 M A(aq) 200 mL에 녹아 있는 용질의 양은 $1.2 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.24 \text{ mol}$ 이고, A(s) 3.6 g을 추가로 녹인 후 물을 넣어 0.5 M A(aq) y mL를 만들었으므로 $\frac{(0.24 + \frac{3.6}{60}) \text{ mol}}{\frac{y}{1000} \text{ L}}$

$= 0.5 \text{ M}$ 이다. 따라서 $y=600$ 이다. (나)에서 만든 A(aq)에 녹아 있는 A의 양은 0.36 mol이고, (다)에서 만든 A(aq)에 녹아 있는 A의 양은 0.3 mol이다. 따라서 (나)에서 만든 수용액과 (다)에서 만든 수용액을 혼합하여 만든 용액의 몰 농도는 $\frac{(0.36 + 0.3) \text{ mol}}{(0.4 + 0.6) \text{ L}} = 0.66 \text{ M}$ 이므로 $b=0.66$ 이다. 따라서 $\frac{y \times a}{x \times b} = \frac{600 \times 0.9}{500 \times 0.66} = \frac{18}{11}$ 이다.

09 용액의 몰 농도

(가)~(다)에 녹아 있는 X의 양은 각각 $0.4a \text{ mol}$, $0.4b \text{ mol}$, $0.2b \text{ mol}$ 이다. X의 화학식량이 60이므로 (가)~(다)에 녹아 있는 X의 질량은 각각 $24a \text{ g}$, $24b \text{ g}$, $12b \text{ g}$ 이다. 용질의 질량이 (나)가 (다)의 2배이므로 (다)에 녹아 있는 용질의 질량은 $x \text{ g}$ 이다.

㉠ (가)와 (다)에 녹아 있는 용질의 질량이 같으므로 $24a = 12b$ 이고, $2a = b$ 이다.

㉡ $x=24a$ 이므로 $\frac{a+b}{x} = \frac{a+2a}{24a} = \frac{1}{8}$ 이다.

㉢ (가)와 (다)를 혼합한 용액의 부피는 $(a+b) \text{ L}$ 이고, 용질의 양은 $(0.4a + 0.2b) \text{ mol}$ 이므로 용액의 몰 농도는

$$\frac{(0.4a + 0.2b) \text{ mol}}{(a+b) \text{ L}} = \frac{(0.4a + 0.4a) \text{ mol}}{(a+2a) \text{ L}} = \frac{4}{15} \text{ M}$$
이다.

10 용액의 희석

$t^\circ\text{C}$ 에서 30% A(aq)의 밀도는 $d \text{ g/mL}$ 이므로 30% A(aq) 1 L (=1000 mL)의 질량은 $1000 \text{ mL} \times d \text{ g/mL} = 1000d \text{ g}$ 이다.

✕ 30% A(aq) 1000 mL에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{30}{100} \times 1000d \text{ g} = 300d \text{ g}$ 이다. 따라서 30% A(aq) 1 mL에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{300d}{1000} \text{ g} = 0.3d \text{ g}$ 이다.

㉠ 30% A(aq) $x \text{ mL}$ 에 녹아 있는 A의 질량은 $0.3dx \text{ g}$ 이므로 $\frac{0.3dx \text{ g}}{\frac{60 \text{ g/mol}}{0.5 \text{ L}}} = 0.2 \text{ M}$ 이다. 따라서 $dx=20$ 이고, $x=\frac{20}{d}$ 이다.

✕. 30% A(aq) 1 mL에 녹아 있는 A의 질량이 0.3d g이므로 $\frac{x}{10}$ mL에 녹아 있는 A의 질량은 0.03dx g이고, dx=20이므로 0.03dx g=0.6 g이다. dx=20이므로 10dx mL=200 mL이고, 0.2 M A(aq) 10dx mL에 녹아 있는 A의 양은 0.2 M×0.2 L=0.04 mol이므로 A의 질량은 0.04 mol×60 g/mol=2.4 g이다. 따라서 30% A(aq) $\frac{x}{10}$ mL와 0.2 M A(aq) 10dx mL를 혼합한 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 0.6 g+2.4 g=3 g이다.

11 용액의 혼합

(가)와 (나)를 혼합한 수용액의 부피는 400 mL이고, 몰 농도는 1.25 M이므로 녹아 있는 전체 NaOH의 양은 1.25 M×0.4 L=0.5 mol이다.

✕. 용질의 질량은 (가) $\frac{1}{2}x$ mL에서와 (나) $\frac{1}{18}y$ mL에서가 같으므로 $a \times 3x = b \times \frac{1}{3}y$ 이고, $9ax = by$ 이다. 용액에 녹아 있는 NaOH의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 9이므로 (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.5 \text{ mol} \times \frac{1}{10} = 0.05 \text{ mol}$ 이고, (나)에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.5 \text{ mol} \times \frac{9}{10} = 0.45 \text{ mol}$ 이다. 따라서 용액에 녹아 있는 NaOH의 질량비는 (가) : (나) = 1 : 9이다.

㉠. (나)에서 NaOH(aq) 20 mL 취한 후 물을 넣어 50 mL로 만든 용액의 몰 농도는 0.6 M이므로 녹아 있는 용질의 양은 0.6 M×0.05 L=0.03 mol이다. (나) 20 mL에 녹아 있는 용질의 양이 0.03 mol이므로 300 mL에 0.45 mol이 녹아 있다. 따라서 y=300이고, x=100이므로 x : y = 1 : 3이다.

㉡. $9ax = by$ 이고, x : y = 1 : 3이므로 $3a = b$ 이다. 따라서 a : b = 1 : 3이다.

[다른 풀이] (가)에서 $a \times \frac{x}{1000} = a \times \frac{100}{1000} = 0.05 \text{ mol}$ 이므로 a=0.5이고, (나)에서 $b \times \frac{y}{1000} = b \times \frac{300}{1000} = 0.45 \text{ mol}$ 이므로 b=1.5이다. 따라서 a : b = 1 : 3이다.

12 용액의 혼합과 희석

(가)에서 용액 200 mL의 질량은 200 mL×1.1 g/mL=220 g이므로 (가)에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{10}{100} \times 220 \text{ g} = 22 \text{ g}$ 이다.

A의 화학식량을 M_A 라고 할 때, (나)에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{4}{3} \times 0.1 = \frac{2}{15} \text{ mol}$ 이고, A의 질량은 $\frac{2}{15} M_A \text{ g}$ 이다. (다)에 녹아

있는 A의 양은 $\frac{10}{9} \times 0.45 = 0.5 \text{ mol}$ 이고, A의 질량은 $0.5 M_A \text{ g}$ 이다.

✕. 혼합 전 각 용액에 들어 있는 A의 양(mol) 또는 질량의 합은 혼합 후 용액에 들어 있는 A의 양(mol) 또는 질량과 같다.

따라서 $22 \text{ g} + \frac{2}{15} M_A \text{ g} = 0.5 M_A \text{ g}$ 이고, $M_A = 60$ 이다.

㉠. (나)에서 용액 100 mL의 질량은 100 mL×1.08 g/mL=108 g이고, A의 질량은 $\frac{2}{15} \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 8 \text{ g}$ 이다. 따라서 (나)에서 물의 질량은 108 g-8 g=100 g이다.

㉡. (다)에 녹아 있는 A의 양은 0.5 mol이고, $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{물의 양(mol)}} = \frac{1}{50}$ 이므로 물의 양은 25 mol이며, 물의 질량은 25 mol×18 g/mol=450 g이다. (가)에서 물의 질량은 220 g-22 g=198 g이고, (나)에서 물의 질량은 100 g이며, (다)에서 물의 질량은 450 g이므로 198 g+100 g+x g=450 g이고, x=152이다.

04 원자의 구조

2 점 수능 테스트

본문 59~60쪽

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

01 원자의 구성 입자

${}^1_1\text{H}$ 와 같이 중성자가 없는 원자는 있지만 모든 원자에는 양성자와 전자가 들어 있다. 따라서 ㉠과 ㉡은 각각 양성자와 전자 중 하나이고, 양성자가 전자보다 질량이 크므로 ㉢이 양성자이고, ㉣이 전자이다. 원자핵을 구성하는 입자 중 하나인 ㉤은 중성자이다.

✕. ${}^3_2\text{He}^{2+}$ 은 양성자 2개와 중성자 1개로 이루어져 있다.

○. ㉡은 양성자이고, 양성자는 모든 이온을 구성하는 입자이다.

✕. ${}^1_1\text{H}$ 는 양성자 1개와 전자 1개로 이루어져 있다.

02 원자 및 이온의 표시

각 입자를 구성하고 있는 양성자, 중성자, 전자의 수는 다음과 같다.

입자	양성자수	중성자수	전자 수
${}^2_1\text{H}$	1	1	1
${}^7_3\text{Li}^+$	3	4	2
${}^{17}_8\text{O}^{2-}$	8	9	10
${}^{19}_9\text{F}^-$	9	10	10
${}^{37}_{17}\text{Cl}^-$	17	20	18

중성자수가 양성자수보다 1만큼 큰 입자는 ${}^7_3\text{Li}^+$, ${}^{17}_8\text{O}^{2-}$, ${}^{19}_9\text{F}^-$ 이고, 전자 수가 양성자수보다 1만큼 큰 입자는 ${}^{19}_9\text{F}^-$, ${}^{37}_{17}\text{Cl}^-$ 이다. 따라서 주어진 입자 중에서 중성자수가 양성자수보다 1만큼 크고, 전자 수가 양성자수보다 1만큼 큰 입자는 ${}^{19}_9\text{F}^-$ 이다.

03 원자 및 이온의 구성 입자

원자는 양성자수와 전자 수가 같고, (가)~(다) 중 원자는 1가지이므로 (나)는 원자이고, (가)와 (다)는 모두 이온이다. 따라서 ○은 양성자, ●은 중성자, ●은 전자이며, (가)~(다)를 구성하는 입자의 종류 및 수와 입자의 표시는 다음과 같다.

입자	양성자수	중성자수	전자 수	입자의 표시
(가)	2	1	1	${}^3_2\text{He}^+$
(나)	2	2	2	${}^4_2\text{He}$
(다)	1	2	0	${}^3_1\text{H}^+$

○. (다)는 양성자수가 1, 중성자수가 2, 전자 수가 0이므로 ${}^3_1\text{H}^+$

이다.

✕. ○이 중성자이므로 중성자수는 (가)가 1, (나)는 2이다. 따라서 중성자수는 (가)와 (나)가 서로 다르다.

✕. ${}^{23}_{11}\text{Na}^+$ 에서 양성자수는 11, 중성자수는 12, 전자 수는 10이다. 따라서 ${}^{23}_{11}\text{Na}^+$ 에서 중성자인 ○의 수가 양성자인 ●의 수보다 크다.

04 음극선 실험과 전자의 발견

톰슨의 음극선 실험 결과를 통해 음극선이 질량을 가지며 (-)전하를 띤 입자의 흐름임을 알게 되었다.

○. X는 전자이고, 바람개비가 회전하는 것을 통해 음극선이 질량을 가진 입자의 흐름임을 알 수 있다.

○. (-)극으로 사용한 금속의 종류를 다르게 하더라도 음극선이 같은 특성을 보이므로 음극선의 구성 입자가 모든 물질에 들어 있는 공통적인 입자라고 생각하였고, 이를 전자라고 하였다.

✕. 톰슨은 음극선 실험을 통해 원자가 (-)전하를 띤 입자인 전자를 포함하고 있음을 확인하였고, (+)전하가 고르게 분포된 공 속에 (-)전하를 띤 전자가 박혀 있는 원자 모형을 제안하였다. 전자가 원자핵 주위를 돌고 있는 원자 모형이 제안된 것은 러더퍼드의 α 입자 산란 실험을 통해서이다.

05 원자 및 이온의 구성 입자

${}^{13}\text{W}$, ${}^{14}\text{X}$, ${}^{35}\text{Y}^-$, ${}^{36}\text{Z}^{2-}$ 의 양성자수를 각각 a , b , c , d 라고 하면, 각 입자를 구성하는 중성자수와 전자 수는 다음과 같다.

입자	양성자수	중성자수	전자 수
${}^{13}\text{W}$	a	$13-a$	a
${}^{14}\text{X}$	b	$14-b$	b
${}^{35}\text{Y}^-$	c	$35-c$	$c+1$
${}^{36}\text{Z}^{2-}$	d	$36-d$	$d+2$

○. ${}^{13}\text{W}$ 의 중성자수는 $13-a$ 이고, ${}^{14}\text{X}$ 의 중성자수는 $14-b$ 이므로 $13-a=14-b$ 이다. 따라서 $b=a+1$ 이므로 전자 수는 ${}^{14}\text{X}$ 가 ${}^{13}\text{W}$ 보다 1만큼 크다.

✕. ${}^{35}\text{Y}^-$ 의 전자 수는 $c+1$ 이고, ${}^{36}\text{Z}^{2-}$ 의 전자 수는 $d+2$ 이므로 $c+1=d+2$ 이고, $c=d+1$ 이다. ${}^{35}\text{Y}^-$ 의 중성자수는 $35-c=35-(d+1)=34-d$ 이고, ${}^{36}\text{Z}^{2-}$ 의 중성자수는 $36-d$ 이므로 중성자수는 ${}^{36}\text{Z}^{2-}$ 이 ${}^{35}\text{Y}^-$ 보다 2만큼 크다.

○. ${}^{13}\text{W}$ 와 ${}^{35}\text{Y}^-$ 의 양성자수의 합은 $a+c$ 이고, ${}^{14}\text{X}$ 와 ${}^{36}\text{Z}^{2-}$ 의 양성자수의 합은 $b+d=(a+1)+(c-1)=a+c$ 이다. 따라서 ${}^{13}\text{W}$ 와 ${}^{35}\text{Y}^-$ 의 양성자수의 합과 ${}^{14}\text{X}$ 와 ${}^{36}\text{Z}^{2-}$ 의 양성자수의 합은 $a+c$ 로 같다.

06 동위 원소

${}^{79}\text{X}^{35}\text{Y}$ 와 ${}^{79}\text{X}^{37}\text{Y}$ 의 존재 비율이 각각 $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{8}$ 이므로 $x:y=3:1$

이고, $x = \frac{3}{4}$, $y = \frac{1}{4}$ 이다. ${}^{79}\text{X}^{35}\text{Y}$ 와 ${}^{81}\text{X}^{35}\text{Y}$ 의 존재 비율이 $\frac{3}{8}$ 으로 같으므로 $a : b = 1 : 1$ 이고, $a = \frac{1}{2}$, $b = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $\frac{x \times y}{a \times b}$

$$= \frac{\frac{3}{4} \times \frac{1}{4}}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}} = \frac{3}{4}$$

07 원자의 구성 입자

B^{2+} 은 양성자수가 전자 수보다 2만큼 크므로 (나)는 B^{2+} 이고, (가)는 A이다.

㉠. (나)에서 B^{2+} 은 전자 수가 양성자수보다 2만큼 작으므로 ㉠은 전자이다. (가)에서 A는 양성자수와 전자 수가 같으므로 ㉠은 양성자이다. 따라서 ㉠은 중성자이다.

㉡. A의 양성자수는 n 이고, B^{2+} 의 양성자수는 $n+1$ 이므로 B의 양성자수도 $n+1$ 이다. 따라서 원자 번호는 $B > A$ 이다.

㉢. B의 양성자수는 $n+1$ 이고, B의 전자 수도 $n+1$ 이다. 따라서 B^{2+} 의 전자 수는 $n-1$ 이다.

08 동위 원소

원자에서 양성자수와 전자 수는 같으므로 $\frac{\text{양성자수}}{\text{전자수}} = 1$ 이다.

㉠. (나)에서 $\frac{\text{㉠의 수}}{\text{전자수}}$ 가 1이 아니므로 ㉠은 양성자가 아니라 중성자이다.

㉢. (나)에서 $\frac{\text{중성자수}}{\text{전자수}} = \frac{6}{5}$ 이므로 $\frac{2x - (x-1)}{x-1} = \frac{x+1}{x-1} = \frac{6}{5}$

이고, $x = 11$ 이다. (다)에서 $\frac{\text{중성자수}}{\text{전자수}} = 1$ 이므로 양성자수 = 중성자수이고, 질량수는 $2x$ 이므로 양성자수는 x 이다. 따라서 (가) ~ (다)는 각각 ${}^{23}_{11}\text{Na}$, ${}^{22}_{10}\text{Ne}$, ${}^{22}_{11}\text{Na}$ 이다. (가)와 (다)는 각각 ${}^{23}_{11}\text{Na}$, ${}^{22}_{11}\text{Na}$ 이므로 양성자수가 같고, 질량수가 서로 다른 동위 원소이다.

㉤. (나)는 ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ 이므로 ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ 과 동위 원소이다.

3 점 수능 테스트

본문 61~65쪽

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

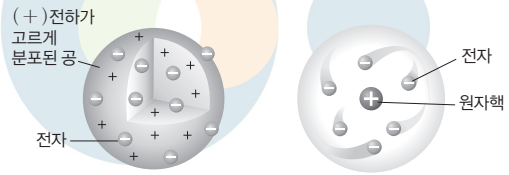
01 전자와 원자핵의 발견

톰슨은 음극선 실험을 통해 전자를 발견하였고, 러더퍼드는 α 입자 산란 실험을 통해 원자핵을 발견하였다. 따라서 X는 전자이고, Y는 원자핵이다.

㉠. 전자는 (-)전하를 띠고, 원자핵은 (+)전하를 띠므로 X와 Y 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.

㉢. 원자는 전기적으로 중성이므로 전자의 (-)전하량의 절댓값과 원자핵의 (+)전하량의 절댓값은 같다.

㉡. 톰슨은 음극선 실험을 통해 (+)전하가 고르게 분포된 공 속에 (-)전하를 띤 전자가 박혀 있는 원자 모형을 제안하였고, 러더퍼드는 (+)전하를 띤 매우 작은 크기의 원자핵이 원자의 중심에 있고, (-)전하를 띤 전자가 원자핵 주위를 돌고 있는 원자 모형을 제안하였다. 전자가 원자핵 주위의 정해진 궤도를 원운동하는 원자 모형은 보어 모형이다.



톰슨의 원자 모형 러더퍼드의 원자 모형

02 동위 원소와 이온의 구성 입자

${}^1_1\text{H}^+$, ${}^3_1\text{H}^+$, ${}^3_2\text{He}^{2+}$, ${}^4_2\text{He}^{2+}$ 을 구성하는 입자에 대한 자료는 다음과 같다.

입자	양성자수	중성자수	전자 수	중성자수 / 양성자수
${}^1_1\text{H}^+$	1	1	0	1
${}^3_1\text{H}^+$	1	2	0	2
${}^3_2\text{He}^{2+}$	2	1	0	$\frac{1}{2}$
${}^4_2\text{He}^{2+}$	2	2	0	1

㉠. ${}^1_1\text{H}^+$, ${}^3_1\text{H}^+$, ${}^3_2\text{He}^{2+}$, ${}^4_2\text{He}^{2+}$ 의 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 는 각각 1, 2, $\frac{1}{2}$, 1이

므로 $a = \frac{1}{2}$, $b = 2$ 이다. 따라서 $\frac{a}{b} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉡. $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 가 $\frac{1}{2}$ 인 (가)는 ${}^3_2\text{He}^{2+}$ 이고, 양성자수는 2, 중성자수는 1이다. 따라서 ㉠은 중성자이고, (가)는 ${}^3_2\text{He}^{2+}$, (나)는 ${}^4_2\text{He}^{2+}$.

(다)는 ${}^2\text{H}^+$, (라)는 ${}^3\text{H}^+$ 이다.

㉔. ${}^3\text{H}^+$ 과 ${}^4\text{H}^+$ 의 이온의 전하량을 +1, ${}^3\text{He}^{2+}$ 과 ${}^4\text{He}^{2+}$ 의 이온의 전하량을 +2라고 하면, ${}^3\text{H}^+$, ${}^4\text{H}^+$, ${}^3\text{He}^{2+}$, ${}^4\text{He}^{2+}$ 의 이온의 전하량 중성자수는 각각 1, $\frac{1}{2}$, 2, 1이므로 ${}^3\text{He}^{2+}$ 가 가장 크다. 따라서 ${}^3\text{He}^{2+}$ 은 (가)이므로 (가)~(라) 중 이온의 전하량 중성자수는 (가)가 가장 크다.

03 동위 원소와 평균 원자량

자연계에 존재하는 H의 동위 원소 ${}^1\text{H}$ 와 ${}^2\text{H}$ 의 존재 비율이 각각 $a\%$, $b\%$ 이므로 H의 평균 원자량은 $(1 \times \frac{a}{100}) + (2 \times \frac{b}{100}) = \frac{a+2b}{100} = 1 + \frac{b}{100}$ 이다.

㉕. $a+b=100$ 이고, $a>b$ 이므로 H의 평균 원자량은 1.5보다 작다.

㉖. 분자량이 35인 O_2 의 존재 비율은 $(2 \times \frac{0.04}{100} \times \frac{0.2}{100}) \times 100$ 이고, 분자량이 36인 O_2 의 존재 비율은 $(\frac{0.2}{100} \times \frac{0.2}{100}) \times 100$ 이다. 따라서 $\frac{\text{O}_2 \text{ 중 분자량이 36인 } \text{O}_2 \text{의 존재 비율}(\%) }{\text{O}_2 \text{ 중 분자량이 35인 } \text{O}_2 \text{의 존재 비율}(\%) } = \frac{(\frac{0.2}{100} \times \frac{0.2}{100}) \times 100}{(2 \times \frac{0.04}{100} \times \frac{0.2}{100}) \times 100} = \frac{5}{2}$ 이다.

㉗. H_2O 의 분자량이 22인 H_2O 의 존재 비율은 $(\frac{b}{100} \times \frac{b}{100} \times \frac{0.2}{100}) \times 100$ 이고, H_2O 의 분자량이 21인 H_2O 의 존재 비율은 $[(2 \times \frac{a}{100} \times \frac{b}{100} \times \frac{0.2}{100}) + (\frac{b}{100} \times \frac{b}{100} \times \frac{0.04}{100})] \times 100$ 이다. 따라서 $\frac{\text{H}_2\text{O} \text{ 중 분자량이 21인 } \text{H}_2\text{O} \text{의 존재 비율}(\%) }{\text{H}_2\text{O} \text{ 중 분자량이 22인 } \text{H}_2\text{O} \text{의 존재 비율}(\%) } = \frac{(2 \times a \times b \times 0.2) + (b \times b \times 0.04)}{b \times b \times 0.2} = \frac{10a+b}{5b} = 2 \times \frac{a}{b} + \frac{1}{5}$

이다. $\frac{a}{b} > 1$ 이므로 $2 \times \frac{a}{b} + \frac{1}{5} > \frac{11}{5}$ 이다. 따라서

$\frac{\text{H}_2\text{O} \text{ 중 분자량이 21인 } \text{H}_2\text{O} \text{의 존재 비율}(\%) }{\text{H}_2\text{O} \text{ 중 분자량이 22인 } \text{H}_2\text{O} \text{의 존재 비율}(\%) } > 2$ 보다 크다.

04 물질의 구성 입자와 동위 원소

${}^1\text{H}^2\text{H}$ 의 전체 양성자수는 2, 전체 중성자수는 1이고, ${}^{12}\text{C}{}^1\text{H}_4$ 의 전체 양성자수는 10, 전체 중성자수는 6이며, ${}^2\text{H}^2\text{H}$ 의 전체 양성자수는 2, 전체 중성자수는 2이다.

㉘. ${}^2\text{H}^2\text{H}$ 의 전체 양성자수와 전체 중성자수가 같고, ${}^1\text{H}^2\text{H}$

와 ${}^{12}\text{C}{}^1\text{H}_4$ 의 전체 양성자수의 합이 전체 중성자수의 합보다 크므로 (나)에서 실린더에 들어 있는 전체 양성자수의 비는 I : II = 7 : 3이고, 전체 중성자수의 비는 I : II = 4 : 3이다. 따라서 ㉙은 양성자이다.

㉚. (가)에서 실린더 I에 들어 있는 ${}^1\text{H}^2\text{H}$ 의 양은 1 mol이고 ${}^{12}\text{C}{}^1\text{H}_4$ 의 양을 x mol, ${}^2\text{H}^2\text{H}$ 의 양을 y mol이라고 하면, 실린더에 들어 있는 전체 양성자수의 비는 I : II = 7 : 3이므로 $(2+10x) : 2y = 7 : 3$ 이고, 전체 중성자수의 비는 I : II = 4 : 3이므로 $(1+6x) : 2y = 4 : 3$ 이다. 따라서 $x = \frac{1}{2}$, $y = \frac{3}{2}$ 이므로 실린더 속 기체의 양(mol)은 I과 II가 같다.

㉛. ${}^{12}\text{C}{}^1\text{H}_4$ 의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이므로 질량은 8 g이고, ${}^2\text{H}^2\text{H}$ 의 양은 $\frac{3}{2}$ mol이므로 질량은 6 g이다. 따라서 $a=8$ 이고, $b=6$ 이므로 $a+b=14$ 이다.

05 원자 및 이온의 구성 입자

${}_{12}\text{X}$ 의 양성자수와 전자 수는 각각 12이고, $\frac{\text{양성자수}}{\text{중성자수}} = 1$ 이므로 중성자수는 12이다. ${}_{12}\text{X}$ 의 (중성자수 - 전자 수)는 0이므로 $a-2=0$ 이고, $a=2$ 이다. ${}_{12}\text{X}$ 의 전자 수가 12이므로 W의 전자 수는 6이고, 양성자수도 6이다. W의 (중성자수 - 전자 수)는 $a-2=0$ 이므로 중성자수는 6이다. ${}_{8}\text{Z}^{2-}$ 의 양성자수는 8이고, 전자 수는 10이며, (중성자수 - 전자 수)는 $a-2=0$ 이므로 중성자수는 10이다. Y^+ 의 양성자수를 x , 중성자수를 y 라고 하면 전자 수는 $x-1$ 이고, (중성자수 - 전자 수)는 $a=2$ 이므로 $y - (x-1) = 2$ 이고, $y = x+1$ 이며, $\frac{\text{양성자수}}{\text{중성자수}} = \frac{3}{8}a = \frac{3}{4}$ 이므로 $\frac{x}{y} = \frac{3}{4}$ 이고, $4x=3y$ 이다. 따라서 $x=3$ 이고, $y=4$ 이다. W, ${}_{12}\text{X}$, Y^+ , ${}_{8}\text{Z}^{2-}$ 을 구성하는 입자에 대한 자료는 다음과 같다.

입자	전자 수 (상댓값)	중성자수 - 전자 수	양성자수 중성자수	양성자수	중성자수	전자 수
W	1	$a-2(=0)$	1	6	6	6
${}_{12}\text{X}$	2	$a-2(=0)$	1	12	12	12
Y^+	$b(=\frac{1}{3})$	$a(=2)$	$\frac{3}{8}a(=\frac{3}{4})$	3	4	2
${}_{8}\text{Z}^{2-}$	$\frac{5}{3}$	$a-2(=0)$	$c(=\frac{4}{5})$	8	10	10

㉜. $a=2$ 이다.

㉝. W, Y의 양성자수는 각각 6, 3이므로 원자 번호는 $W > Y$ 이다.

㉞. W, X의 중성자수는 각각 6, 12이므로 중성자수는 $X > W$ 이다.

㉟. Y, Z의 전자 수는 각각 3, 8이므로 전자 수는 $Z > Y$ 이다.

✕ $b = \frac{1}{3}$ 이고, $c = \frac{4}{5}$ 이므로 $b \times c = \frac{1}{3} \times \frac{4}{5} = \frac{4}{15}$ 이다.

06 동위 원소와 평균 원자량

평균 원자량은 자연계에 존재하는 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 원자량이다.

㉠. $x = \left(10 \times \frac{1}{5}\right) + \left(11 \times \frac{4}{5}\right) = 10.8$ 이다.

✕. ^{10}X 와 ^{11}X 는 동위 원소로 양성자수가 같으므로 $a = b$ 이다. 질량수는 $^{11}\text{X} > ^{10}\text{X}$ 이므로 중성자수는 $^{11}\text{X} > ^{10}\text{X}$ 이고, $d > c$ 이다.

따라서 $\frac{d}{b} > \frac{c}{a}$ 이다.

✕. 1g의 ^{10}X 에 들어 있는 전체 중성자의 양은 $\frac{c}{10}$ mol이고,

1g의 ^{11}X 에 들어 있는 전체 중성자수는 $\frac{d}{11}$ mol이다. 따라서

$\frac{1\text{g의 } ^{11}\text{X에 들어 있는 전체 중성자수}}{1\text{g의 } ^{10}\text{X에 들어 있는 전체 중성자수}} = \frac{\frac{d}{11}}{\frac{c}{10}} = \frac{10d}{11c}$ 이다.

07 원자의 구성 입자

X^+ 의 양성자수를 x 라고 하면, 전자 수는 $x-1$ 이며, Y^{2-} 의 양성자수를 y 라고 하면, 전자 수는 $y+2$ 이고, $\frac{\text{양성자수}}{\text{질량수}} = \frac{1}{2}$ 이므로

양성자수와 중성자수가 같고, 중성자수도 y 이다. 전자 수는 X^+ 과 Y^{2-} 이 같으므로 $x-1 = y+2$ 이고, $x = y+3$ 이다. 또한 질량수는 X^+ 이 Y^{2-} 보다 7만큼 크므로 X^+ 의 중성자수를 z 라고 할 때 $(x+z) = (y+y) + 7 = (2x-6) + 7$ 이고, $z = x+1$ 이다. 따라서 X^+ 과 Y^{2-} 을 구성하는 입자의 종류와 수는 다음과 같다.

이온	X^+	Y^{2-}
양성자수	x	$y(=x-3)$
중성자수	$x+1$	$y(=x-3)$
전자수	$x-1$	$y+2(=x-1)$

㉠. X^+ 의 전자 수가 $x-1$ 이므로 X 의 전자 수는 x 이고, Y^{2-} 의 전자 수는 $y+2(=x-1)$ 이므로 Y 의 전자 수는 $y(=x-3)$ 이다. 따라서 전자 수는 X 가 Y 보다 3만큼 크다.

[다른 풀이] X 의 양성자수는 x 이므로 X 의 전자 수는 x 이고, Y 의 양성자수는 $y(=x-3)$ 이므로 Y 의 전자 수는 $y(=x-3)$ 이다. 따라서 전자 수는 X 가 Y 보다 3만큼 크다.

㉡. X^+ 의 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 는 $\frac{x+1}{x}$ 이고, Y^{2-} 의 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 는 $\frac{x-3}{x-3} = 1$ 이다. $x > 0$ 이므로 $\frac{x+1}{x} > 1$ 이므로 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 는 X^+ 이 Y^{2-} 보다 크다.

㉢. X^+ 의 $\frac{\text{양성자수}}{\text{양성자수+중성자수+전자수}}$ 는 $\frac{x}{x+(x+1)+(x-1)}$
 $= \frac{x}{3x} = \frac{1}{3}$ 이고, Y^{2-} 의 $\frac{\text{양성자수}}{\text{양성자수+중성자수+전자수}}$ 는

$\frac{y}{y+y+(y+2)} = \frac{y}{3y+2} < \frac{1}{3}$ 이다. 따라서

$\frac{\text{양성자수}}{\text{양성자수+중성자수+전자수}}$ 는 X^+ 이 Y^{2-} 보다 크다.

08 원자의 구성 입자

${}^m_x\text{X}^{2+}$ 의 양성자수를 x 라고 하면, 전자 수는 $x-2$ 이고, ${}^n_m\text{Y}^-$ 의 양성자수가 m 이므로 전자 수는 $m+1$ 이다. $n > m$ 이므로 $n-m = 10$ 이고, ${}^n_m\text{Y}^-$ 의 중성자수는 10이다. 따라서 ${}^m_x\text{X}^{2+}$ 과 ${}^n_m\text{Y}^-$ 을 구성하는 입자의 종류와 수는 다음과 같다.

이온	${}^m_x\text{X}^{2+}$	${}^n_m\text{Y}^-$
양성자수	x	m
중성자수	$m-x$	10
전자수	$x-2$	$m+1$

✕. ㉠이 전자이고, ㉡이 중성자라고 하면, ${}^m_x\text{X}^{2+}$ 의 중성자수는 2이므로 $m = x+2$ 이고, $m+1 = 2(x-2) = 2x-4$ 이므로 $m = 2x-5$ 이다. 따라서 $x+2 = 2x-5$ 이고, $x = 7$ 이며, $m = 9$ 이다. 이는 $m > 2x$ 에 모순이므로 ㉠이 중성자이고, ㉡이 전자이다.

✕. 중성자수비는 ${}^m_x\text{X}^{2+} : {}^n_m\text{Y}^- = 1 : 2$ 이므로 ${}^m_x\text{X}^{2+}$ 의 중성자수는 5이고, $m-x = 5$ 이다. 또한 전자 수비는 ${}^m_x\text{X}^{2+} : {}^n_m\text{Y}^- = 1 : 5$ 이므로 $m+1 = 5(x-2) = 5x-10$ 이고, $m = 5x-11$ 이다. 따라서 $x+5 = 5x-11$ 이므로 $x = 4$ 이고, $m = 9$ 이며, $n = 19$ 이다. 따라서 $m+n = 28$ 이다.

㉢. ${}^9_4\text{X}^{2+}$ 의 중성자수는 5이고, 전자 수는 2이므로 X 의 중성자수는 5이고, 전자 수는 4이다. ${}^{19}_9\text{Y}^-$ 의 중성자수는 10이고, 전자 수는 10이므로 Y 의 중성자수는 10이고, 전자 수는 9이다. 따라서 X 의 (중성자수-전자수)는 $5-4=1$ 이고, Y 의 (중성자수-전자수)는 $10-9=1$ 이므로 (중성자수-전자수)는 X 와 Y 가 같다.

09 물질의 구성 입자와 동위 원소

(가)에서 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^x\text{O}$ 0.1 mol에 들어 있는 양성자의 양은 $(6+8+8) \times 0.1 \text{ mol} = 2.2 \text{ mol}$ 이고, $^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ a mol에 들어 있는 양성자의 양은 $(6+8+8) \times a \text{ mol} = 22a \text{ mol}$ 이다. (나)에서 $^1\text{H}^1\text{H}^y\text{O}$ 0.3 mol에 들어 있는 양성자의 양은 $(1+1+8) \times 0.3 \text{ mol} = 3 \text{ mol}$ 이고, $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ 0.2 mol에 들어 있는 양성자의 양은 $(1+1+8) \times 0.2 \text{ mol} = 2 \text{ mol}$ 이다. 용기에 들어 있는 양성자수비는 (가) : (나) = $(2.2+22a) : (3+2) = 33 : 25$ 이므로 $a = 0.2$ 이다.

㉠ (가)에 들어 있는 전체 기체의 양은 $0.1+0.2=0.3$ mol이고, (나)에 들어 있는 전체 기체의 양은 $0.3+0.2=0.5$ mol이다. 두 용기 속 기체의 온도와 압력은 같으므로 기체의 양(mol)과 부피는 비례한다. 따라서 용기에 들어 있는 기체의 부피비는 (가) :

(나) = 3 : 5이고, $a=0.2$ 이므로 $\frac{a \times c}{b} = 0.2 \times \frac{5}{3} = \frac{1}{3}$ 이다.

㉡ (가)에서 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^x\text{O}$ 0.1 mol에 들어 있는 중성자의 양은 $(6+8+(x-8)) \times 0.1$ mol = $(0.6+0.1x)$ mol이고, $^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ a mol에 들어 있는 중성자의 양은 $(7+8+8) \times 0.2$ mol = 4.6 mol이다. (나)에서 $^1\text{H}^1\text{H}^y\text{O}$ 0.3 mol에 들어 있는 중성자의 양은 $(0+0+(y-8)) \times 0.3$ mol = $(0.3y-2.4)$ mol이고, $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ 0.2 mol에 들어 있는 중성자의 양은 $(0+1+8) \times 0.2$ mol = 1.8 mol이다.

(나)의 $^1\text{H}^1\text{H}^y\text{O}$ 0.3 mol에 들어 있는 중성자수 = 1이므로
(가)의 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^x\text{O}$ 0.1 mol에 들어 있는 중성자수

$0.6+0.1x=0.3y-2.4$ 이고, $x+30=3y$ 이다. 용기에 들어 있는 중성자수비는 (가) : (나) = $(0.6+0.1x+4.6) : (0.3y-2.4+1.8) = 5 : 3$ 이므로 $x+62=5y$ 이다. 따라서 $x+30=3y$ 와 $x+62=5y$ 에서 $x=18$, $y=16$ 이다. (가)에 들어 있는 ^{16}O 의 양은 $0.1+(0.2+0.2)=0.5$ mol이고, (나)에 들어 있는 ^{16}O 의 양은 $0.3+0.2=0.5$ mol이므로 용기에 들어 있는 ^{16}O 의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같다.

㉢ (가)에서 $^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ 0.2 mol의 질량은 $(13+16+16) \times 0.2=9.0$ g이고, (나)에서 $^1\text{H}^1\text{H}^{16}\text{O}$ 0.3 mol의 질량은 $(1+1+16) \times 0.3=5.4$ g이다.

따라서 (나)에 들어 있는 $^1\text{H}^1\text{H}^{16}\text{O}$ 의 질량(g) = 5.4 = $\frac{3}{5}$ 이다.
(가)에 들어 있는 $^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ 의 질량(g) = 9.0 = $\frac{3}{5}$ 이다.

10 동위 원소와 평균 원자량

자연계에 존재하는 X의 동위 원소 ^mX 와 ^nX 의 존재 비율이 각각 75%, 25%이므로 자연계에 존재하는 X_2 의 분자량과 존재 비율은 다음과 같다.

분자	분자량	존재 비율
X_2	$2m$	$\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$
	$m+n$	$2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{8}$
	$2n$	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

따라서 $m+n = \frac{72}{35}m$ 이고, $2n = \frac{74}{35}m$ 이므로 $n = \frac{37}{35}m$ 이다.

✕ X의 평균 원자량 $x = \left(m \times \frac{3}{4}\right) + \left(n \times \frac{1}{4}\right) = \left(m \times \frac{3}{4}\right) + \left(\frac{37}{35}m \times \frac{1}{4}\right) = \frac{71}{70}m$ 이다.

✕ $a = \frac{1}{16}$ 이고, $b = \frac{9}{16}$ 이므로 $\frac{a}{b} = \frac{1}{9}$ 이다.

㉣ 1 g의 ^mX 에 들어 있는 양성자의 양은 $\left(\frac{1}{m} \text{ mol} \times \text{X의 양성자수}\right)$ 이고, 1 g의 ^nX 에 들어 있는 양성자의 양은 $\left(\frac{1}{n} \text{ mol} \times \text{X의 양성자수}\right) = \left(\frac{35}{37m} \text{ mol} \times \text{X의 양성자수}\right)$ 이다. 따라서

$$\frac{1 \text{ g의 } ^m\text{X에 들어 있는 양성자수}}{1 \text{ g의 } ^n\text{X에 들어 있는 양성자수}} = \frac{\frac{35}{37m} \text{ mol} \times \text{X의 양성자수}}{\frac{1}{m} \text{ mol} \times \text{X의 양성자수}} = \frac{35}{37}$$
이다.

05 현대적 원자 모형과 전자 배치

2 점 수능 테스트

본문 74~76쪽

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

01 네온(Ne)의 바닥상태 전자 배치와 양자수

X는 전자 수가 10이므로 네온(Ne)이다. 방위(부) 양자수(l)는 s 오비탈이 0, p 오비탈이 1이며, 스핀 자기 양자수는 $+\frac{1}{2}$ 과 $-\frac{1}{2}$ 중 하나이다. s 오비탈에 4개의 전자가, p 오비탈에 6개의 전자가 들어 있으므로 방위(부) 양자수의 합은 $6(=x)$ 이고, 모든 오비탈에 전자가 짝을 지어 들어 있으므로 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 $0(=y)$ 이다. 따라서 $x+y=6$ 이다.

02 탄소(C) 원자의 바닥상태 전자 배치와 오비탈

(가)는 $1s$, (나)는 $2s$, (다)는 $2p_z$ 오비탈이다.
 ㉠. (가)는 $1s$ 오비탈이므로 주 양자수(n)는 1이다.
 ✕. 방위(부) 양자수(l)는 (나)와 (다)가 각각 0, 1이므로 서로 다르다.
 ✕. 탄소(C) 원자의 바닥상태 전자 배치는
 $1s \quad 2s \quad 2p$
 $\uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \square$ 이므로 들어 있는 전자 수는 (가)가 2, (다)가 1이다.

03 주 양자수에 따른 오비탈의 종류와 수

주 양자수(n)에 따른 오비탈의 종류와 수를 완성하면 다음과 같다.

전자 껍질	K	L	M			
주 양자수(n)	1	2	3			
오비탈	$1s$	$2s$	$2p$	$3s$	$3p$	$3d$
오비탈 수	1	1	3	1	3	5
오비탈 총수	1	4	9			

- ㉠. ㉠은 $1s$ 오비탈이며, s 오비탈은 구형으로 원자핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자가 발견될 확률이 같다.
 ✕. 인(P) 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이므로 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $3s$ 에서와 $3p$ 에서가 다르다.
 ㉡. $a=1, b=9$ 이므로 $a+b=10$ 이다.

04 바닥상태 전자 배치와 오비탈의 양자수

들어 있는 전자 수가 (가) $>$ (나)이므로 (나)는 $4s$ 오비탈이고, n 는 (가) $>$ (다)이므로 (가)는 $3p_x$ 오비탈, (다)는 $2p_x$ 오비탈이다.
 ✕. X는 $4s$ 오비탈에 전자가 1개 들어 있으므로 K(칼륨)이다. 따라서 X의 원자 번호는 19이다.
 ㉠. (가)는 $3p_x$ 오비탈이므로 $n=3, l=1$ 이다. 따라서 (가)의 $n+l=4$ 이다.
 ✕. 에너지 준위는 (나)($4s$) $>$ (다)($2p_x$)이다.

05 오비탈과 양자수

$n=2$ 인 전자는 $2s$ 와 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자이며, $l=1$ 인 전자는 p 오비탈에 들어 있는 전자이다. $n+l=3$ 인 전자는 $2p$ 와 $3s$ 오비탈에 들어 있는 전자이다. X는 바닥상태 전자 배치에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 4이므로 $2p$ 오비탈에 전자가 4개 들어 있는 O(산소)이다. Y는 바닥상태 전자 배치에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 7이므로 $2p$ 오비탈에 전자가 6개, $3p$ 오비탈에 1개 들어 있는 Al(알루미늄)이다.
 ㉠. X와 Y의 바닥상태 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^4, 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이므로 $a=6, b=8$ 이다. 따라서 $b=a+2$ 이다.
 ✕. 원자가 전자 수는 X(O)가 6, Y(Al)가 3이므로 X가 Y의 2배이다.
 ㉡. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 X(O)가 3, Y(Al)가 6이므로 Y가 X의 2배이다.

06 수소 원자의 오비탈

$2s, 2p, 3p$ 오비탈의 주 양자수(n), 방위(부) 양자수(l)는 다음과 같다.

오비탈	$2s$	$2p$	$3p$
n	2	2	3
l	0	1	1

n 는 (나) $>$ (가)이므로 (나)는 $3p$ 오비탈이고, l 는 (가) $>$ (다)이므로 (가)는 $2p$, (다)는 $2s$ 오비탈이다.
 ㉠. (가)는 $2p$ 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)는 1이다.
 ㉡. (다)는 $2s$ 오비탈이므로 자기 양자수(m_l)는 0이다.
 ✕. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수(n)에 의해서만 결정되므로 $n=2$ 로 같은 (가)와 (다)는 에너지 준위가 같다.

07 바닥상태 전자 배치

B, N, F의 전자 수는 각각 5, 7, 9이다.
 ㉠. (가)에서 B는 $2s$ 오비탈에 2개의 전자가 모두 채워지지 않은

채 $2p$ 오비탈에 전자가 채워졌으므로 쌍음 원리에 어긋난다.
 ✕. (나)에서 N는 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자 3개 중 2개가 짝을 지어 들어 있으므로 훈트 규칙에 어긋난다.
 ㉠. (다)에서 F의 전자 배치는 바닥상태이다.

08 2주기 원자의 바닥상태 전자 배치

바닥상태 2주기 원자의 전자 배치에서 홀전자 수 및 s 오비탈에 들어 있는 전자 수(x)와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수(y)의 차 ($|x-y|$)는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
$ x-y $	3	4	3	2	1	0	1	2

따라서 X는 F(플루오린), Y는 C(탄소), Z는 N(질소)이다.
 ✕. $a=1, b=3$ 이므로 $a+b=4$ 이다.
 ㉠. 원자가 전자 수는 X(F)가 7, Y(C)가 4, Z(N)가 5이다. 따라서 X~Z 중 원자가 전자 수는 X(F)가 가장 크다.
 ✕. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y(C)가 4, Z(N)가 5이므로 Z가 Y보다 크다.

09 원자와 이온의 전자 배치

X~Z는 각각 P, Ca, Cl이며, 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 각각 3, 0, 1이므로 홀전자 수의 합은 4이다.

10 바닥상태 원자의 전자 배치

Be, B, N 중 (가)에 의해 B가 '아니오'로 분류되었고, Be과 N 중 홀전자가 있는 것은 N이므로 ㉠은 N, ㉡은 Be이다.
 ㉠. ㉠은 N이다.
 ㉡. ㉡(Be)은 바닥상태에서 $2s$ 오비탈까지 전자가 들어 있고, B는 $2p$ 오비탈에 전자가 들어 있으므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 B가 ㉡보다 크다.
 ✕. Be, B, N에서 모든 전자의 방위(부) 양자수(l) 합은 p 오비탈에 들어 있는 전자 수와 같으므로 Be은 0, B는 1, N는 3이다. 따라서 '모든 전자의 방위(부) 양자수(l) 합이 1보다 큰가?'는 (가)로 적절하지 않다.

11 2주기 원자의 바닥상태 전자 배치

2주기 원자의 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 0~3, 전자가 들어 있는 오비탈 수는 2~5이다. X는 $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}} = \frac{1}{3}$ 이므로 B(붕소)이고, a 는 자연수이고, 홀전자 수가 3인 것은 질소(N)이므로 Z는 N(질소), $a=5$ 이다.

Y는 $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}} = \frac{1}{5}$ 이므로 F(플루오린)이다.

㉠. $a=5$ 이다.
 ✕. 원자가 전자 수는 X(B)가 3, Y(F)가 7이므로 Y가 X보다 크다.
 ✕. 방위(부) 양자수(l)가 1인 전자 수는 p 오비탈에 들어 있는 전자 수이며, Z(N)가 3, Y(F)가 5이므로 Y가 Z보다 크다.

12 3주기 원자의 바닥상태 전자 배치

X와 Y는 3주기 원자이므로 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수는 6이며, $3s$ 오비탈에 들어 있는 전자 수는 1 또는 2, $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수는 1~6이다. X에서 $2p, 3s, 3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수 비율이 $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{6}$ 중 하나이므로 각 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $2p$ 가 6, $3s$ 가 2, $3p$ 가 4이므로 X는 S(황)이다. Y에서 $2p, 3s, 3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수 비율이 $\frac{1}{7}, \frac{3}{7}, \frac{3}{7}$ 중 하나이므로 각 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $2p$ 가 6, $3s$ 가 2, $3p$ 가 6이므로 Y는 Ar(아르곤)이다.
 ㉠. 빗금 친 부분에 들어 있는 전자 수는 X(S)가 4, Y(Ar)가 6이므로 빗금 친 부분은 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율이다.
 ㉡. 홀전자 수는 X(S)가 2, Y(Ar)가 0이므로 X와 Y의 홀전자 수의 합은 2이다.
 ㉢. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X(S)가 10, Y(Ar)가 12이므로 X : Y = 5 : 6이다.

3 점 수능 테스트

본문 77~82쪽

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

01 원자가 전자의 양자수

바닥상태 붕소(B) 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^1$ 이고, 원자가 전자(㉠~㉢)는 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자이다. 원자가 전자의 주 양자수(n)는 2로 모두 같고, 방위(부) 양자수(l)는 $2s$ 오비탈에 들어 있는 전자는 0, $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자는 1이다.
 ㉠. (가)는 ㉠=㉡=㉢이므로 주 양자수(n)이다.
 ㉡. (나)는 ㉠=㉡<㉢이므로 방위(부) 양자수(l)이고, ㉡의 (나)

는 0이다.

㉔. 전자가 들어 있는 오비탈의 에너지 준위는 $n+l$ 값이 클수록 크므로 $n+l$ 값은 ㉓이 $2+0=2$, ㉔은 $2+1=3$ 이므로 ㉔ > ㉓이다.

02 오비탈과 양자수

$1s, 2s, 2p_x, 3s, 3p_x$ 오비탈의 $n-l$ 는 다음과 같다.

오비탈	$1s$	$2s$	$2p_x$	$3s$	$3p_x$
$n-l$	1	2	1	3	2

$n-l$ 는 $2 \times (\text{가}) = (\text{나}) + (\text{다})$ 이므로 (가)는 2, (나)와 (다)는 각각 1, 3 중 하나이다. (가)는 $2s$ 또는 $3p_x$ 오비탈 중 하나인데, (가)가 $3p_x$ 오비탈이면 (나)와 (다)에는 전자가 모두 2개씩 들어 있어야 하므로 주어진 조건에 모순이다. 따라서 (가)는 $2s$ 오비탈이며, 들어 있는 전자 수가 (나) > (다)이고, $n+l$ 는 (나) > (가)이므로 (나)는 $2p_x$, (다)는 $3s$ 오비탈이다.

✕. X는 바닥상태에서 $3s$ 오비탈에 전자가 1개 들어 있으므로 Na(나트륨)이다. 따라서 X의 원자 번호는 11이다.

㉔. (가)는 $2s$ 오비탈이므로 $n+l=2$ 이다.

✕. (나)는 $2p_x$ 오비탈이고, (다)는 $3s$ 오비탈이므로 에너지 준위는 (다) > (나)이다.

03 오비탈과 양자수

$1s, 2s, 2p_x$ 오비탈의 $n+l$ 및 $n-l$ 의 값은 다음과 같다.

오비탈	$1s$	$2s$	$2p_x$
$n+l$	$1(=a)$	$2(=2a)$	$3(=b)$
$n-l$	$1(=a)$	2	$1(=a)$

$n+l$ 값은 (나)가 (가)의 2배이고, (가)는 $n+l$ 과 $n-l$ 값이 같으므로 이를 만족하는 (가)는 $1s$, (나)는 $2s$, (다)는 $2p_x$ 오비탈이다.

㉔. (다)는 $2p_x$ 오비탈로 $n=2, l=1$ 이다. 따라서 $b=3$ 이다.

✕. X는 (다)에 전자가 2개 들어 있으므로 $2p_y$ 와 $2p_z$ 오비탈에 각각 1개 이상의 전자가 들어 있으므로 X의 원자 번호는 8~10 중 하나이다.

㉔. (나)는 $2s$ 오비탈이므로 전자가 발견될 확률은 핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 같다.

04 전자 배치와 양자수

$n+l=3$ 인 전자는 $2p$ 오비탈 또는 $3s$ 오비탈에 들어 있으므로 $n+l=3$ 인 전자 수는 Y가 X의 2배가 되려고 하면 가능한 (X, Y)의 조합은 (B, C), (C, O), (N, Ne), (O, Mg~Ca) 중 하나이다. X가 B이면 원자가 전자 수 조건을, X가 C이면 홀전

자 수와 원자가 전자 수 조건을, X가 N이면 홀전자 수 조건을 만족하지 않으므로 X는 O(산소)이다. 홀전자 수가 $Y > X$ 이므로 Y는 P(인)이다.

✕. X(O)의 홀전자 수는 2이다.

㉔. Y의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이며, 방위(부) 양자수(l)는 s 오비탈은 0, p 오비탈은 1이므로 Y에서 모든 전자의 방위(부) 양자수(l) 합은 9이다.

✕. $n-l=1$ 인 전자는 $1s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈에 들어 있으므로 X(O)에서는 6, Y(P)에서는 8이므로 Y가 X의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

05 수소 원자의 오비탈

수소 원자의 오비탈 (가)~(다)의 주 양자수(n) 합이 6이므로 가능한 n 의 조합은 (1, 2, 3) 또는 (2, 2, 2)이다. 에너지 준위가 (나) > (가)이므로 (2, 2, 2)는 (가)~(다)의 n 조합이 될 수 없고, l 가 (가) = (나) > (다)이므로 (가)는 $2p$, (나)는 $3p$, (다)는 $1s$ 오비탈이다.

㉔. (가)는 $2p$ 오비탈이므로 $l=1$ 이다.

㉔. (나)는 $n=3, l=1$ 이므로 $n+l=4$ 이다.

㉔. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 n 에 의해서만 결정되므로 에너지 준위는 (가) > (다)이다.

06 바닥상태 원자의 전자 배치와 양자수

바닥상태의 N, O, Mg, Al 중 홀전자 수가 0인 것은 Mg이고, 원자가 전자의 방위(부) 양자수(l) 합이 3보다 큰 것은 O이며, 원자가 전자의 주 양자수(n)가 2보다 큰 것은 Mg, Al이다. (가)에 의해 '예'와 '아니요'로 각각 2가지 원자가 분류되었으므로 (가)는 III이고, Mg과 Al 중 (나)에 의해 '예'로 분류될 수 있는 것은 Mg이므로 (나)는 I이다. N와 O 중 (다)에 의해 '예'로 분류될 수 있는 것은 O이므로 (다)는 II이다. (가)~(다)에 의해 분류된 ㉓은 Mg, ㉔은 Al, ㉕은 O, ㉖은 N이다.

✕. (다)는 II에 해당한다.

㉔. 원자가 전자 수는 ㉓이 2, ㉔이 5이므로 ㉔이 ㉓보다 크다.

✕. 모든 원자가 전자의 방위(부) 양자수(l) 합은 ㉔이 1, ㉕은 4이므로 ㉔이 ㉕보다 크다.

07 2주기 원자의 바닥상태 전자 배치

2주기 바닥상태 원자에서

홀전자 수와 $\frac{\text{전자가 들어 있는 } p \text{ 오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 } s \text{ 오비탈 수}} (= \text{㉓이라고 하면})$ 는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
㉠	0	0	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$

Y와 Z는 홀전자 수가 같으므로 $a=0$ 또는 $a=1$ 이어야 한다. $a=0$ 이면 X는 Be(베릴륨) 또는 Ne(네온)이지만 X가 Be(베릴륨)이면 $b=0$ 이므로 Z는 ㉠이 $1(=b+1)$ 인 C(탄소)가 되며 C(탄소)는 홀전자 수가 2이므로 조건에 모순이 된다. X가 Ne(네온)이면 $b=\frac{3}{2}$ 이 되며 Z의 ㉠이 $\frac{5}{2}$ 가 되므로 조건에 모순이 된다. 따라서 $a=1$ 이고, X~Z의 홀전자 수는 각각 1, 2, 2이다. Y와 Z는 각각 C(탄소)와 O(산소) 중 하나인데, Z가 C(탄소)이면 $b=0(b+1=1)$ 이므로 Y는 ㉠이 $0(2b=0)$ 이 되어 모순이 된다. 따라서 Z는 O(산소), Y는 C(탄소)이고, $b=\frac{1}{2}$ 이므로 X는 홀전자 수가 1, ㉠이 $\frac{1}{2}$ 인 B(붕소)이다.

㉠ $a=1, b=\frac{1}{2}$ 이므로 $a=2b$ 이다.

✕. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y(C)가 4, Z(O)가 5이므로 $Z>Y$ 이다.

✕. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X(B)가 1, Z(O)가 4이므로 Z가 X의 4배이다.

08 오비탈과 양자수, 전자 배치

원자 번호가 7~12인 바닥상태 원자에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈은 $1s, 2s, 2p, 3s$ 오비탈이고, 각 오비탈의 $n+l$ 값은 각각 1, 2, 3, 3이며, 각 오비탈에 들어갈 수 있는 최대 전자 수는 $1s, 2s, 3s$ 오비탈은 2, $2p$ 오비탈은 6이다. 오비탈에 들어 있는 전자 수비($n+l=a$ 인 오비탈 : $n+l=b$ 인 오비탈)가 X는 1 : 2, Y는 1 : 3, Z는 1 : 4이므로 $n+l=a$ 인 오비탈은 $1s$ 또는 $2s$ 오비탈이고, $n+l=b$ 인 오비탈은 $2p$ 와 $3s$ 오비탈이다. 따라서 X는 $2p$ 오비탈에 전자가 4개 들어 있으므로 O(산소)이고, Y는 $2p$ 오비탈에 전자가 6개 들어 있고, $3s$ 오비탈에는 전자가 들어 있지 않아야 하므로 Ne(네온)이며, Z는 $2p$ 오비탈에 전자가 6개, $3s$ 오비탈에는 2개가 들어 있어야 하므로 Mg(마그네슘)이다.

㉠ $n+l=b$ 인 오비탈은 $2p$ 와 $3s$ 이므로 $b=3$ 이다.

✕. X~Z의 홀전자 수는 X(O)가 2, Y(Ne)가 0, Z(Mg)가 0이므로 X~Z의 홀전자 수 합은 2이다.

㉠ 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 X(O)가 3, Z(Mg)가 6이므로 Z가 X의 2배이다.

09 바닥상태 전자 배치와 전자가 들어 있는 오비탈 수

원자 번호가 8~14인 바닥상태 원자에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수와 전자가 들어 있는 오비탈 수, 홀전자 수는 다음과 같다.

원자 번호	8	9	10	11	12	13	14
원소 기호	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si
p 오비탈에 들어 있는 전자 수	4	5	6	6	6	7	8
전자가 들어 있는 오비탈 수	5	5	5	6	6	7	8
홀전자 수	2	1	0	1	0	1	2

$\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 가 $X>Y>Z$ 이므로 X는 Ne(네온), Z는 O(산소)이며, 홀전자 수가 Y와 Z가 같으므로 Y는 Si(규소)이다.

㉠ X는 Ne(네온)으로 2주기 원소이다.

✕. 원자가 전자 수는 Y(Si)가 4, Z(O)가 6이므로 $Z>Y$ 이다.

✕. $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 X(Ne)가 $\frac{6}{4}=\frac{3}{2}$, Z(O)

가 $\frac{4}{4}=1$ 이므로 X가 Z의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

10 전자 배치와 홀전자 수

W는 s 오비탈에 들어 있는 전자 수와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수 차($|a-b|$)와 홀전자 수가 모두 0이므로 W는 Mg(마그네슘)이다. Z는 $|a-b|=3$, 홀전자 수가 3이므로 Z는 P(인)이다. W~Z 중 2주기 원소는 2가지이므로 X와 Y는 모두 2주기 원소이다. X는 $|a-b|=1$, 홀전자 수가 1이므로 F(플루오린)이며, Y는 $|a-b|=2$, 홀전자 수가 2이므로 C(탄소)이다.

㉠ X는 F(플루오린)이므로 2주기 원소이다.

✕. 원자가 전자 수는 X(F)가 7, Y(C)가 4이므로 $X(F)>Y(C)$ 이다.

㉠ p 오비탈에 들어 있는 전자 수 W(Mg)가 6, Z(P)가 9이므로 Z가 W의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

11 바닥상태 전자 배치와 양자수

18족이 아닌 2주기 바닥상태 원자에서 X~Z의 홀전자 수의 합이 2가 되기 위해서는 X~Z의 홀전자 수 조합이 (0, 1, 1)이어야 하므로 X~Z는 각각 Li(리튬), Be(베릴륨), B(붕소), F(플루오린) 중 하나이어야 한다. $n-l=1$ 인 전자는 $1s$ 와 $2p$ 오비탈에 들어 있으므로 $n-l=1$ 인 전자 수는 Li(리튬)과 Be(베릴륨)은 2, B(붕소)는 3, F(플루오린)은 7이다.

$n-l=1$ 인 전자 수는 $X>Y>Z$ 이고, 홀전자 수의 합이 2이므로 X는 F(플루오린), Y는 B(붕소), Z는 Be(베릴륨)이다.

- ㉠ X는 F(플루오린)이므로 홀전자 수가 1이다.
- ㉡ $l=1$ 인 전자는 p 오비탈에 들어 있으므로 $l=1$ 인 전자 수는 X(F)가 5, Y(B)가 1이다.
- ㉢ s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Y(B)와 Z(Be)가 4로 같다.

12 오비탈과 양자수

$n+l \leq 2$ 인 $1s, 2s$ 오비탈은 ㉠행에, $n+l > 2$ 인 $2p, 3s, 3p$ 오비탈은 ㉡행에 위치하도록 배치한다. $n-l=1$ 인 $1s, 2p$ 오비탈은 A열에, $n-l=2$ 인 $2s, 3p$ 오비탈은 B열에, $n-l=3$ 인 $3s$ 오비탈은 C열에 위치하도록 배치한다.
따라서 (나)의 탐구 결과는 다음과 같다.

행 \ 열	A	B	C
㉠	1s	2s	
㉡	2p	3p	3s

06 원소의 주기적 성질

2 점 수능 테스트

본문 91~93쪽

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

01 주기율표와 주기적 성질

W는 H(수소), X는 Li(리튬), Y는 O(산소), Z는 P(인)이다.
X. W(H)는 비금속 원소이다.
㉠ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커지므로 $Y(O) > X(Li)$ 이다.
㉡ 원자 반지름은 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 커지고, 같은 주기에서는 원자 번호가 작을수록 커진다. Y(O)는 2주기 16족, Z(P)는 3주기 15족 원소이므로 원자 반지름은 $Z(P) > Y(O)$ 이다.

02 원자 반지름과 이온 반지름

금속 원소의 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 양이온이 되면 전자 껍질 수가 감소하므로 이온 반지름은 원자 반지름보다 작아진다. 비금속 원소의 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 음이온이 되면 유효 핵전하가 감소하여 이온 반지름이 원자 반지름보다 커진다.
㉠ $Na \rightarrow Na^+$ 일 때 전자 껍질 수가 감소하므로 반지름은 감소한다.
X. $F \rightarrow F^-$ 일 때 전자 수가 9에서 10으로 증가하고 유효 핵전하가 감소하므로 반지름은 증가한다.
X. 전자 수는 Na^+ 과 F^- 이 10으로 같지만 핵전하량이 Na^+ 이 F^- 보다 크므로 유효 핵전하는 Na^+ 이 F^- 보다 크다. 따라서 이온 반지름은 F^- 이 Na^+ 보다 크다.

03 원자가 전자 수와 이온 반지름

O(산소)와 F(플루오린)은 2주기 원소이며, Al(알루미늄)은 3주기 원소이므로 ㉠은 Al(알루미늄)이다. (가)에 의해 O(산소)가 '예'로 분류되었으므로 ㉡은 F(플루오린)이다.
㉠ 원자가 전자 수는 ㉠(F)이 7, ㉡(Al)은 3이므로 ㉠ > ㉡이다.
X. O(산소)와 F(플루오린)은 비금속 원소이므로 모두 이온 반지름 / 원자 반지름 > 1이다. 따라서 '이온 반지름 / 원자 반지름 > 1인가?'는 (가)로 적절하지 않다.

✕. 전자 수가 같은 이온은 원자 번호가 작을수록 이온 반지름이 크므로 이온 반지름은 $\text{①} > \text{②}$ 이다.

04 원자 반지름과 유효 핵전하

원자 반지름은 같은 족에서는 원자 번호가 클수록, 같은 주기에서는 원자 번호가 작을수록 크고, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다.

✕. 홀전자 수가 $X(N) > Z(F)$, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 $Z(F) > Y(O)$ 이므로 모순이다.

② 주어진 조건을 모두 만족하므로 Na, F, O는 각각 $X \sim Z$ 로 적절하다.

✕. 홀전자 수가 $X(Al) > Z(Mg)$ 이므로 모순이다.

✕. 원자 반지름이 $Y(P) > X(Cl)$ 이므로 모순이다.

✕. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 $Z(Cl) > Y(S)$ 이므로 모순이다.

05 원자 반지름과 이온 반지름

원자 반지름은 3주기 금속 원소가 2주기 비금속 원소보다 크고, 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 원자 반지름은 $Na > Mg > O > F$ 이다. Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온의 이온 반지름은 원자핵 전하량이 작을수록 크므로 $O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+}$ 이다. 원자 반지름이 $A > B > C$ 이므로 C는 O와 F 중 하나이다. C가 O이면 A는 Na, B는 Mg이며, D는 F이 되지만, 이온 반지름이 $D > C$ 이므로 모순이 된다. 따라서 C는 F이며, 이온 반지름이 $D > C$ 이므로 D는 O, 원자 반지름은 $A > B$ 이므로 A는 Na, B는 Mg이다.

①. 제1 이온화 에너지는 $F > O > Mg > Na$ 이므로 A~D 중 C가 가장 크다.

✕. 이온 반지름은 $O^{2-} > Mg^{2+}$ 이므로 $D > B$ 이다.

③. 금속 원소는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이고, 비금속 원소는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 이다. 따라서 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 은 $D(O) > A(Na)$ 이다.

06 순차 이온화 에너지

A는 $E_1 \ll E_2$ 이므로 원자가 전자 수가 1인 Na이고, B는 $E_3 \ll E_4$ 이므로 원자가 전자 수가 3인 Al, C는 $E_2 \ll E_3$ 이므로 원자가 전자 수가 2인 Mg이다.

①. E_2 는 $Na > Al > Mg$ 이므로 $x > 2.93$ 이다.

③. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 $A(Na) > B(Al)$ 이다.

✕. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크므로 $B(Al) > C(Mg)$ 이다.

07 유효 핵전하와 원소의 주기적 성질

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커지며, 18족에서 다음 주기의 1족 원소로 원자 번호가 증가할 때에는 전자 껍질 수가 증가하므로 감소한다. 따라서 A와 B는 2주기 원소, C와 D는 3주기 원소이며, B는 Ne(네온), C는 Na(나트륨)이므로 A는 O(산소), D는 Al(알루미늄)이다.

①. A(O)의 원자 번호가 n 이므로 $n=8$ 이다.

③. A(O)는 2주기 16족, B(Ne)는 2주기 18족 원소이므로 제1 이온화 에너지는 $B(Ne) > A(O)$ 이다.

⑤. C(Na)는 3주기 1족, D(Al)는 3주기 13족 원소이므로 제2 이온화 에너지는 $C(Na) > D(Al)$ 이다.

08 이온 반지름

X^{x+} 은 He(헬륨), Y^{y+} 과 Z^{z-} 은 각각 Ne(네온)과 같은 전자 배치를 가지므로 X와 Z는 2주기 원소, Y는 3주기 원소이다. $x \sim z$ 가 3 이하의 자연수이므로 X와 Y는 1, 2, 13족 원소 중 하나이고, Z는 15~17족 원소 중 하나이다. 바닥상태 원자에서 $X \sim Z$ 의 홀전자 수가 같으므로 $X \sim Z$ 의 홀전자 수는 모두 1이다. X는 Li(리튬), B(붕소) 중 하나이고, Y는 Na(나트륨), Al(알루미늄) 중 하나이며, Z는 F(플루오린)이다. $z=1$ 이고, $y > z$ 이므로 $y=3$ 이며, Y는 Al(알루미늄)이다. X가 B(붕소)이면 이온 반지름이 $X^{x+}(B^{3+}) < Y^{y+}(Al^{3+})$ 이므로 주어진 조건에 모순이다. 따라서 X는 Li(리튬)이다.

✕. $x=1, y=3$ 이므로 $y > x$ 이다.

③. Y(Al)는 3주기 13족, Z(F)는 2주기 17족 원소이므로 원자 반지름은 $Y(Al) > Z(F)$ 이다.

✕. $X \sim Z$ 의 제2 이온화 에너지는 $X(Li) > Z(F) > Y(Al)$ 이므로 X가 가장 크다.

09 전자 배치와 원소의 주기적 성질

바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 O, F, Na, Mg이 각각 2, 1, 1, 0이므로 홀전자 수가 같은 A와 B는 각각 F과 Na 중 하나이다. 제2 이온화 에너지는 $Na > O > F > Mg$ 이며, $C > A$ 이므로 A는 Na이 될 수 없다. 따라서 A는 F, B는 Na, C는 O, D는 Mg이다.

①. 원자가 전자 수는 A(F)가 7, B(Na)가 1, C(O)가 6, D(Mg)가 2로 A(F)가 가장 크다.

✕. 원자 반지름은 $Na > Mg > O > F$ 이므로 $B(Na) > C(O)$ 이다.

⑤. 제1 이온화 에너지는 $F > O > Mg > Na$ 이므로 $D(Mg) > B(Na)$ 이다.

10 전자 배치와 원소의 주기적 성질

2, 3주기 바닥상태 원자의 전자 배치에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수(n_s)와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수(n_p)는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
n_s	3	4	4	4	4	4	4	4
n_p	0	0	1	2	3	4	5	6
원자	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
n_s	5	6	6	6	6	6	6	6
n_p	6	6	7	8	9	10	11	12

2, 3주기 원자 중 $n_s : n_p = 1 : 4$ 인 것은 존재하지 않으므로 $n_s : n_p = 4 : 1$ 인 X는 B(붕소)이며, $n_s : n_p = 3 : 4$ 인 것은 Si(규소), $n_s : n_p = 4 : 3$ 인 것은 N(질소)이므로 Y와 Z는 각각 Si와 N 중 하나이며, 원자가 전자 수가 $Z > Y$ 이므로 Y는 Si(규소), Z는 N(질소)이다.

✕. 빗금 친 부분은 Y(Si)에서 $\frac{4}{7}$, Z(N)에서 $\frac{3}{7}$ 의 비율로 존재하므로 p 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율이다.

㉠. 제1 이온화 에너지는 $Z(N) > X(B)$ 이다.

㉡. Y(Si)는 3주기 14족 원소이고, Z(N)는 2주기 15족 원소이므로 원자 반지름은 $Y(Si) > Z(N)$ 이다.

11 원소의 주기적 성질

같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 증가할수록 작아지며, 원자 반지름이 $X > Y > Z$ 이므로 원자 번호는 $Z > Y > X$ 이다. 18족 원소(Ne)를 제외한 2주기 원자의 제1 이온화 에너지는 $F > N > O > C > Be > B > Li$ 이다. 원자 번호가 연속이면서 $Z > Y > X$ 이고, 제1 이온화 에너지가 $Z > Y > X$ 인 X는 B(붕소), Y는 C(탄소), Z는 N(질소)이다.

B, C, N의 제2 이온화 에너지는 $N > B > C$ 이므로 $Z > X > Y$ 이다.

12 이온 반지름과 전하

O, Mg, Al의 Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온은 각각 O^{2-} , Mg^{2+} , Al^{3+} 이며, 이온 반지름은 $O^{2-} > Mg^{2+} > Al^{3+}$ 이므로 이온 반지름 |이온의 전하|은 $O^{2-} > Mg^{2+} > Al^{3+}$ 이다. 따라서 A는 Al, B는 Mg, C는 O이다.

㉠. 이온 반지름은 $Mg^{2+} > Al^{3+}$ 이므로 $B > A$ 이다.

㉡. 원자 반지름은 $Mg > O$ 이므로 $B > C$ 이다.

㉢. 제1 이온화 에너지는 $O > Mg > Al$ 이므로 A~C 중 C가 가장 크다.

3 점 수능 테스트

본문 94~99쪽

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

01 원자가 전자 수와 원소의 주기적 성질

18족을 제외한 2주기 바닥상태 원자의 원자가 전자 수와 홀전자 수는 다음과 같고, 원자 반지름은 $Li > Be > B > C > N > O > F$ 이다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F
원자가 전자 수	1	2	3	4	5	6	7
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1

원자가 전자 수가 W가 X의 3배이므로 가능한 W와 X는 각각 B, Li와 O, Be 중 하나이다. 바닥상태 원자의 홀전자 수는 Y와 Z가 같으므로 W가 O, X가 Be이라면 Y와 Z는 각각 Li, B, F 중 하나이어야 하지만 원자 반지름이 $W > Y > Z$ 가 될 수 없으므로 W는 B, X는 Li이다. Y와 Z는 홀전자 수가 같으므로 각각 C와 O 중 하나이며, 원자 반지름이 $W > Y > Z$ 이므로 Y는 C, Z는 O이다.

✕. 제1 이온화 에너지는 $Y(C) > W(B)$ 이다.

㉠. 제2 이온화 에너지는 $X(Li) > Z(O)$ 이다.

㉡. Y(C)와 Z(O)의 원자가 전자 수 합은 $4 + 6 = 10$ 이다.

02 원소의 주기적 성질

A와 D는 같은 족 원소이며, C^{2+} 과 B^{2-} 의 전자 수가 같으므로 C는 B보다 원자 번호가 4 크다. A가 3주기 원자이면 B와 C는 A보다 원자 번호가 크므로 3주기 원자이어야 하며, 양성자수비가 $C : E = 3 : 4$ 이므로 E도 3주기 원자이어야 한다. A~E 중 3주기 원자는 3가지이므로 A는 3주기 원자가 될 수 없다. 따라서 A는 2주기 원자이며, 같은 족 원소인 D는 3주기 원자이다. 원자 번호가 $B < C < E$ 이고, 3주기 원소가 3가지가 되기 위해서 B는 2주기 원자, C와 E는 3주기 원자이어야 한다. 양성자수비가 $C : E = 3 : 4 = 12 : 16$ 이므로 C는 Mg(마그네슘), E는 S(황)이며, A와 B는 C보다 원자 번호가 각각 6, 4만큼 작으므로 A는 C(탄소), B는 O(산소)이며, D는 A와 같은 족 원자이므로 Si(규소)이다.

✕. A(C)는 2주기, C(Mg)는 3주기 원소이다.

㉠. B(O)는 2주기 비금속 원소, C(Mg)는 3주기 금속 원소이므로 원자 반지름은 $C(Mg) > B(O)$ 이다.

✕. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 $E(S) > D(Si)$ 이다.

03 순차 이온화 에너지의 주기성

Li~F의 제1 이온화 에너지는 $Li < B < Be < C < O < N < F$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Be < C < B < N < F < O < Li$ 이며, 홀전자 수는 각각 1, 0, 1, 2, 3, 2, 1이다. 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지가 모두 $Z > Y > X$ 이므로 원자 번호는 $Z > Y > X$ 이다. X가 Li(리튬)이면 제2 이온화 에너지가 가장 커야 하므로 모순이며, X가 Be(베릴륨) 또는 N(질소)이면 홀전자 수가 X와 같은 Z가 존재할 수 없고, X가 C(탄소)이면 Z는 O(산소), Y는 N(질소)이어야 하지만 제1 이온화 에너지 조건에 모순이 된다. 따라서 X는 B(붕소)이며, X(B)와 홀전자 수가 같은 Z는 F(플루오린)이다. Y가 C(탄소)이면 제2 이온화 에너지가 $X > Y$ 이므로 모순이며, Y가 O(산소)이면 제2 이온화 에너지가 $Y > Z$ 이므로 모순이다. 따라서 Y는 N(질소)이며, X~Z의 홀전자 수의 합은 $1+3+1=5$ 이다.

04 순차 이온화 에너지의 주기성

제1 이온화 에너지(E_1)는 $C > Be > B > Li$ 이고, 제2 이온화 에너지(E_2)는 $Li \gg B > C > Be$ 이므로 $\frac{E_1}{E_2}$ 는 $Li \ll B < (C \text{ 또는 } Be)$ 이다. 따라서 W는 Li(리튬), X는 B(붕소)이고, 원자 반지름이 $Z > Y$ 이므로 Y는 C(탄소), Z는 Be(베릴륨)이다.

㉠ 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 W(Li)가 가장 크다.

㉡ 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크므로 Y(C)가 가장 크다.

㉢ 제1 이온화 에너지는 $Y(C) > X(B)$ 이다.

05 원자 반지름과 이온 반지름

W~Z는 각각 N, O, F, Na, Mg, Al 중 하나이며, 홀전자 수가 X와 Y가 같으므로 W~Z의 홀전자 수는 각각 0, 1, 1, 2이다. 따라서 W는 Mg(마그네슘)이고, X와 Y는 각각 F, Na, Al 중 하나이며, Z는 O(산소)이다. X는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크므로 금속 원소이며, 원자 반지름이 W(Mg)보다 작으므로 Al(알루미늄)이다. Y는 원자 반지름이 X(Al)보다 작으므로 F(플루오린)이다.

㉠ 원자 반지름은 $Z(O) > Y(F)$ 이므로 ㉠ > 71이다.

㉡ W의 이온은 Mg^{2+} 이고, Y의 이온은 F^- 이다. 이온 반지름은 $F^- > Mg^{2+}$ 이므로 ㉢ > ㉠이다.

㉢ W~Z의 제1 이온화 에너지는 $Y(F) > Z(O) > W(Mg) > X(Al)$ 이므로 Y(F)가 가장 크다.

06 순차 이온화 에너지의 주기성

2주기 원소의 제1 이온화 에너지는 $Li < B < Be < C < O < N$

$< F < Ne$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Be < C < B < N < F < O < Ne < Li$ 이다. X~Z는 원자 번호가 연속이고, 제1 이온화 에너지는 $X < Y < Z$, 제2 이온화 에너지는 $Y < Z < X$ 이므로 이를 만족하는 (X, Y, Z)는 (B, Be, C)와 (O, N, F) 중 하나이다. 바닥상태 원자의 홀전자 수는 $Z > Y$ 이므로 이를 만족하는 X는 B(붕소), Y는 Be(베릴륨), Z는 C(탄소)이다.

㉠ 원자가 전자 수는 X(B)가 3, Y(Be)가 2이므로 $X(B) > Y(Be)$ 이다.

㉡ 2주기 원소에서 원자 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 $Y(Be) > Z(C)$ 이다.

㉢ 바닥상태 원자의 홀전자 수는 X(B)가 1, Z(C)가 2이므로 $Z(C) > X(B)$ 이다.

07 원자 반지름과 이온 반지름

금속 원소는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} > 1$ 이고, 비금속 원소는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} < 1$ 이므로 A는 Na와 Mg 중 하나이고, C는 O와 F 중 하나이다.

이온 반지름은 $O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+}$ 이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$ 은 Mg가 가장 작다. 따라서 D는 Mg이고, A는 Na, B와 C는 각각 O와 F 중 하나이며, 제1 이온화 에너지가 $B > C$ 이므로 B는 F, C는 O이다.

㉠ D(Mg)는 금속 원소이므로 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} > 1$ 이다.

㉡ 제1 이온화 에너지는 O, F, Na, Mg 중 Na가 가장 작으므로 $B(F) > A(Na)$ 이다.

㉢ 제2 이온화 에너지는 O, F, Na, Mg 중 Mg가 가장 작으므로 $C(O) > D(Mg)$ 이다.

08 홀전자 수와 제1 이온화 에너지

U~Z는 각각 N, O, F, P, S, Cl이며, 2주기 원소의 제1 이온화 에너지는 $F > N > O$ 이며, 3주기 원소의 제1 이온화 에너지는 $Cl > P > S$ 이다. 같은 족 원소에서 제1 이온화 에너지는 원자 번호가 작을수록 크므로 U~Z 중 제1 이온화 에너지가 가장 큰 것은 F, 가장 작은 것은 S이므로 U는 S(황), Z는 F(플루오린)이다. V~Y는 각각 N, O, P, Cl 중 하나이고, 홀전자 수가 $V > X > W$ 이므로 V는 N(질소) 또는 P(인), W는 Cl(염소), X는 O(산소)이다. 제1 이온화 에너지가 $Y > V$ 이므로 V는 P(인), Y는 N(질소)이다.

㉡ 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크므로 $W(Cl) > U(S)$ 이다.

㉢ V(P)는 3주기 15족 원소이고, Z(F)는 2주기 17족 원소이므로 원자 반지름은 $V(P) > Z(F)$ 이다.

㉣ 제2 이온화 에너지는 $X(O) > Y(N)$ 이다.

09 원자 반지름과 제2 이온화 에너지

C, N, O, F의 제2 이온화 에너지는 $O > F > N > C$ 이고, 원자 반지름은 $C > N > O > F$ 이므로 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{원자 반지름}}$ 는 $O > F > N > C$ 또는 $F > O > N > C$ 이다. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{원자 반지름}}$ 가 $W > X > Y$ 이므로 Y는 C 또는 N이어야 하며, Y가 N이면 W와 X는 각각 O와 F 중 하나이며, Z는 C이어야 하지만 홀전자 수가 Y와 Z(C)가 같지 않으므로 모순이다. 따라서 Y는 C이고, Z는 O이며, $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{원자 반지름}}$ 조건으로부터 W는 F, X는 N이다.

㉠. 홀전자 수는 X(N)가 3, Y(C)가 2이므로 $X(N) > Y(C)$ 이다.

㉡. W~Z 중 원자 반지름이 가장 큰 것은 Y(C)이다.

㉢. W~Z 중 제1 이온화 에너지가 가장 큰 것은 W(F)이다.

10 원자 반지름과 제2 이온화 에너지

18족을 제외한 2주기 바닥상태 원자의 홀전자 수는 다음과 같다.

홀전자 수	0	1	2	3
원자	Be	Li, B, F	C, O	N

Li~F의 제2 이온화 에너지는 $Li > O > F > N > B > C > Be$ 이다.

홀전자 수가 $W > X > Y$ 이므로 W는 N(홀전자 수 3)이거나 C 또는 O(홀전자 수 2)이어야 한다. W가 C 또는 O(홀전자 수 2)이면 X와 Y의 홀전자 수는 각각 1, 0이어야 하며 Y가 Be이므로 제2 이온화 에너지 조건에 모순이 된다. 따라서 W는 N(질소)(홀전자 수 3)이다. Y는 홀전자 수가 1 또는 0이어야 하는데, 원자 반지름이 $W(N) > Y$ 이므로 Y는 F(플루오린)이어야 한다. X는 홀전자 수가 2이므로 C 또는 O이며, 제2 이온화 에너지가 $Y(F) > X$ 이므로 X는 C(탄소)이다. Z는 제2 이온화 에너지가 $Y(F) > Z > X(C)$ 이므로 B(붕소)이다.

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

㉡. 원자 반지름은 $W(N) > Y(F)$ 이고, 제1 이온화 에너지는 $Y(F) > W(N)$ 이므로 $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{원자 반지름}}$ 는 $Y(F) > W(N)$ 이다.

㉢. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크므로 Y(F)가 가장 크다.

11 이온 반지름과 제2 이온화 에너지

O, F, Mg, Al의 이온 반지름은 $O^{2-} > F^- > Mg^{2+} > Al^{3+}$ 이므로 W는 O와 F 중 하나이고, 제2 이온화 에너지는 $O > F > Al$

$> Mg$ 이므로 X는 O와 F 중 하나이다. 따라서 W와 X는 각각 O와 F 중 하나이고, Y와 Z는 각각 Mg와 Al 중 하나이며, 이온 반지름과 제2 이온화 에너지 조건으로부터 W는 O(산소), X는 F(플루오린), Y는 Al(알루미늄), Z는 Mg(마그네슘)임을 알 수 있다.

㉡. 원자가 전자 수는 $W(O)$ 가 6, $X(F)$ 가 7이므로 $X(F) > W(O)$ 이다.

㉢. 제1 이온화 에너지는 $F > O > Mg > Al$ 이므로 $W(O) > Y(Al)$ 이다.

㉣. 원자 반지름은 $Mg > Al > O > F$ 이므로 $Z(Mg) > Y(Al)$ 이다.

12 원자의 전자 배치와 원소의 주기적 성질

2, 3주기 바닥상태 원자의 홀전자 수는 0~3이므로 a는 0, 1, 2 중 하나이고, b는 2, 3 중 하나이다. $b=2$ 이면 X의 홀전자 수가 0($=b-2$)이므로 X는 2족 원소이어야 하지만 원자가 전자 수가 3 이상($=a+3$)이므로 모순이 된다. 따라서 $b=3$ 이며, Y는 홀전자 수가 3($=b$)인 15족 원소이다. Z는 원자가 전자 수가 7($=2b+1$)이므로 17족 원소이며, 홀전자 수는 1이므로 $a=0(a+1=1)$ 이다. W는 홀전자 수가 0($=a$)이므로 2족 원소이고, X는 원자가 전자 수가 3($=a+3$)이므로 13족 원소이다.

$\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 2족 원소(W)인 Be(베릴륨)과 Mg(마그네슘)이 각각 0, 1, 13족 원소(X)인 B(붕소)와 Al(알루미늄)이 각각 $\frac{1}{4}, \frac{7}{6}$, 15족 원소(Y)인 N(질소)와 P(인)이 각각 $\frac{3}{4}, \frac{3}{2}$ 이며, $X > W > Y$ 이므로, W는 Mg(마그네슘), X는 Al(알루미늄), Y는 N(질소)이다. X~Z 중 2주기 원자는 2가지이므로 Z는 F(플루오린)이다.

㉠. ㉠은 2, ㉡은 5이므로 $㉠ + ㉡ = 7$ 이다.

㉢. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 $W(Mg) > X(Al)$ 이다.

㉣. 제2 이온화 에너지는 $Z(F) > Y(N)$ 이다.

07 이온 결합

2 점 수능 테스트

본문 108~109쪽

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

01 염화 나트륨의 전기 분해

$H_2O(l)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서는 $O_2(g)$ 가 생성되고, (-)극에서는 $H_2(g)$ 가 생성된다.

㉠ $H_2O(l)$ 의 전기 분해에서 생성되는 물질은 각각 $O_2(g)$, $H_2(g)$ 이고, 생성되는 기체의 양은 $H_2(g) > O_2(g)$ 이므로 A에 모인 기체는 $H_2(g)$ 이다.

㉡ B에 모인 기체는 $O_2(g)$ 이다. 따라서 B에 연결된 (가)는 (+)극이다.

㉢ 이 실험을 통해 H 원자와 O 원자가 공유 결합하여 $H_2O(l)$ 이 생성되는 과정에서 전자가 관여함을 알 수 있다.

02 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

A_2B 는 A^+ 과 B^{2-} 이 결합한 이온 결합 물질이다. 전자 배치로부터 A~C는 각각 Na, O, F임을 알 수 있으며 A_2B 는 Na_2O 이다.

㉠ A_2B 는 Na_2O 으로 이온 결합 물질이다.

㉡ A, C는 각각 Na, F이다. Na은 3주기, F은 2주기 원소이다.

㉢ BC_2 는 OF_2 로 공유 결합 물질이다. 공유 결합 물질은 C(s, 흑연) 등과 같은 물질을 제외하고 대부분 고체 상태는 물론 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

03 이온 결합 물질의 녹는점

이온 결합 물질은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 녹는점이 대체로 높다. 이때 이온 사이의 정전기적 인력은 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 가까울수록 크다. NaF, NaCl, NaBr, NaI 모두 이온의 전하량은 같으므로 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점이 높으며, 이온 반지름은 $I^- > Br^- > Cl^- > F^-$ 이다.

㉠ 이온 사이의 거리는 $NaCl > NaF$ 이므로 이온 사이의 정전기적 인력은 $NaF > NaCl$ 이다. 따라서 1 atm에서 녹는점은 $NaF > NaCl$ 이므로 $a > 801$ 이다.

㉡ 이온 반지름은 $I^- > Br^-$ 이므로 이온 사이의 거리는 $NaI > NaBr$ 이다. 따라서 $b < 311$ 이다.

㉢ 일정한 압력(1 atm)에서 녹는점은 $NaCl > NaI$ 이므로 이온

사이의 정전기적 인력은 $NaCl > NaI$ 이다.

04 이온 결합 물질의 녹는점

이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있고, 공유 결합 물질은 C(s, 흑연) 등과 같은 물질을 제외하고 대부분 액체 상태에서 전기 전도성이 없다. 따라서 (나)는 C_2H_5OH 이고, (가)와 (다)는 각각 NaCl과 MgO 중 하나이다. 이온 결합 물질의 녹는점은 이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 높는데, 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 가까울수록 정전기적 인력이 크다. 이온의 전하량은 MgO이 NaCl보다 크고 이온 반지름은 $Na^+ > Mg^{2+}$, $Cl^- > O^{2-}$ 이므로 이온 사이의 거리는 $NaCl > MgO$ 이다. 녹는점이 (가) > (다)이므로 (가)는 MgO, (다)는 NaCl이다.

㉠ (가)는 MgO으로 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 '있음'은 ㉠으로 적절하다.

㉡ (다)는 NaCl이다.

㉢ 이온 결합 물질과 공유 결합 물질인 에탄올은 모두 고체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 (가)~(다)는 모두 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

05 이온 결합 물질의 이온 모형

이온 결합 물질 X는 A^{a+} 과 B^{b-} 으로 이루어져 있는데, X가 전기적으로 중성이므로 양이온의 전체 전하량의 합과 음이온의 전체 전하량의 합이 같다.

㉠ A^{a+} 은 A가 원자가 전자를 잃고 양이온이 되는데 A^{a+} 의 전자 배치가 Ne과 같으므로 A의 원자가 전자는 $n=3$ 인 오비탈에 채워진 전자이다. 따라서 A는 3주기 원소이다.

㉡ 화합물은 전기적으로 중성이므로 양이온의 전체 전하량의 합과 음이온의 전체 전하량의 합이 같다. 이온 모형에서 이온 수비가 $A^{a+} : B^{b-} = 2 : 3$ 이므로 $2a = 3b$ 이고, $a : b = 3 : 2$ 이다.

㉢ A^{a+} 과 B^{b-} 으로 이루어진 물질 X의 액체 상태에서 이온 모형을 볼 때 이온 수의 비가 $A^{a+} : B^{b-} = 2 : 3$ 이므로 X의 화학식은 A_2B_3 이다.

06 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

화합물 AB는 A^{2+} 과 B^{2-} 이 결합한 이온 결합 물질이고, CD는 C^+ 과 D^- 이 결합한 이온 결합 물질이다.

㉠ AB와 CD는 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 AB(l)와 CD(l)는 모두 전기 전도성이 있다.

㉡ C^+ 과 B^{2-} 의 전자 배치는 모두 Ne과 같다. 따라서 C^+ , B^{2-} 은 각각 Na^+ , O^{2-} 이다. 전자 수가 같은 이온 반지름은 원자핵의 전하량이 클수록 작으므로 이온 반지름은 $B^{2-} > C^+$ 이다.

㉢ A, D는 각각 Mg, F이다. Mg, F으로 이루어진 안정한 화

합물은 Mg^{2+} 과 F^- 으로 이루어진 이온 결합 물질로 화학식은 MgF_2 인 AD₂이다.

07 이온 결합 물질의 성질

설탕($C_{12}H_{22}O_{11}$)은 공유 결합 물질이고, 염화 나트륨(NaCl)은 이온 결합 물질이다.

Ⓐ NaCl은 Na^+ 과 Cl^- 으로 이루어진 이온 결합 물질이다. 이때 Na^+ 은 Na이 원자가 전자 1개를 잃어 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다.

ⓧ 설탕은 수용액 상태에서 전류가 흐르지 않는 비전해질로서 수용액에서 이온이 형성되지 않는다.

ⓧ 공유 결합 물질인 설탕은 액체 상태에서 전기 전도성이 없으며, 이온 결합 물질인 NaCl은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

08 이온 결합의 형성

이온 사이의 거리에 따른 에너지에서 양이온과 음이온 사이의 인력과 반발력의 합이 최저가 되는 거리에서 에너지가 가장 낮으며 이온 결합이 형성된다.

ⓧ $r=a$ 에서의 에너지는 0이지만 에너지가 가장 낮은 지점인 $r=b$ 에서 이온 결합이 형성된다.

Ⓒ $r=b$ 에서 에너지가 가장 낮으므로 이 지점에서 이온 사이의 인력과 반발력의 합이 최저이다.

ⓧ $c>b$ 이므로 $r=c$ 에서는 $r=b$ 에 비해 상대적으로 이온 사이의 인력이 반발력보다 크게 작용한다.

3 점 수능 테스트

본문 110~113쪽

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

01 이온 결합 물질의 전기 전도성

이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없지만 액체 상태에서 전기 전도성이 있고, 공유 결합 물질은 C(s, 흑연) 등과 같은 물질을 제외하고 대부분 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없다.

Ⓒ 실험 과정 (가)는 고체 상태에서의 전기 전도성을 알아보기 위한 과정이고, (나)는 액체 상태에서 전기 전도성을 알아보기 위한 과정이다. 이때 (가)와 (나)에서 모두 전기 전도성이 없는 B는 공유 결합 물질인 포도당이고, A는 KCl이다.

ⓧ 이온 결합 물질인 KCl은 고체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 ㉠으로는 '없음'이 적절하다.

ⓧ NaOH은 Na^+ 과 OH^- 으로 이루어진 이온 결합 물질이다. 따라서 NaOH을 이용하여 과정 (가)와 (나)를 반복하면 결과는 이온 결합 물질인 A와 같다.

02 이온 결합 물질의 성질

O, F, Na, Mg의 홀전자 수는 각각 2, 1, 1, 0이고, 이온 반지름은 $O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+}$ 이다. 따라서 조건을 만족하는 A~D는 각각 Mg, O, Na, F이다.

Ⓒ AB(s)와 A(s)는 각각 MgO(s)과 Mg(s)이다. MgO(s)은 이온 결합 물질로 외부에서 힘을 가하면 쉽게 부서지지만 Mg(s)은 잘 부서지지 않는다.

ⓧ 화합물 C_2B 는 Na_2O 으로 이온 결합 물질이다.

Ⓒ A와 D는 각각 Mg, F이므로 A와 D로 이루어진 물질은 Mg^{2+} 과 F^- 으로 이루어진 물질이고, 안정한 화합물에서 이온 수의 비는 $Mg^{2+} : F^- = 1 : 2$ 이다.

03 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

AB는 이온 결합 물질, BC_2 는 공유 결합 물질이다. BC_2 의 화학 결합 모형으로부터 B, C는 각각 O, F임을 알 수 있다. 따라서 AB는 A^{2+} 과 B^{2-} 으로 이루어진 이온 결합 물질이므로 A는 Mg이다.

Ⓒ A, B는 각각 Mg, O이므로 이들 원소로 이루어진 화합물 AB는 A^{2+} 과 B^{2-} 으로 이루어진 이온 결합 물질이다. 따라서 $m=2$ 이다.

Ⓒ A, B는 각각 Mg, O이므로 원자 반지름은 $Mg > O$ 이고, Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온 반지름은 $O^{2-} > Mg^{2+}$ 이다. 따라서 이온 반지름은 $B > A$ 이다.

Ⓒ A와 C로 이루어진 안정한 화합물은 A^{2+} 과 C^- 으로 이루어진 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

04 이온 결합 물질의 특성

2, 3주기 원소 중 $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 1인 A와 B는 각각 O와 Mg 중 하나이고, $\frac{6}{5}$ 인 C는 Na이고, $\frac{5}{4}$ 인 D는 F이다. 이때 화합물 (가)~(다)는 모두 이온 결합 물질이므로 (나)에서 비금속인 D와 이온 결합하는 A는 Mg이고, B는 O이다.

Ⓒ A와 D는 각각 Mg, F이므로 (나)의 화학식은 MgF_2 이다. 따라서 (나) 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양(mol) $x=3$ 이다.

Ⓒ (가)와 (다)는 각각 MgO, NaF이다. 이온 결합 물질의 녹는

점은 이온 사이의 거리가 비슷할 때 이온의 전하량이 클수록 높으므로 1 atm에서 녹는점은 (가) > (다)이다.

✕. 화합물 BD_2 는 OF_2 로 공유 결합 물질이고, 공유 결합 물질은 C(s, 흑연) 등과 같은 물질을 제외하고 대부분 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

05 이온 결합 물질의 성질

O^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- 의 반지름은 $Cl^- > O^{2-} > Na^+ > Mg^{2+}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ (상댓값)이 가장 작은 A는 Mg이고, 가장 큰 D는 Cl이다. 그리고 B와 C는 각각 O와 Na 중 하나인데, 이온 반지름이 $B > C$ 이므로 B는 O, C는 Na이다.

✕. B와 C는 각각 O, Na으로 각각 2주기, 3주기 원소이다.

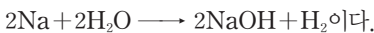
㉠. AB와 CD는 각각 MgO, NaCl이다. 이온 사이의 정전기적 인력은 이온 사이의 거리가 가까울수록 크고, 이온의 전하량이 클수록 크다. 이온 반지름의 크기는 $Cl^- > O^{2-} > Na^+ > Mg^{2+}$ 으로 이온 사이의 거리는 $CD > AB$ 이고, 이온 전하량은 $AB > CD$ 이므로 이온 사이의 정전기적 인력은 $AB > CD$ 이다.

✕. A와 D로 이루어진 안정한 화합물의 화학식은 $MgCl_2$ 으로 화합물 1 mol에 들어 있는 Mg^{2+} 과 Cl^- 의 양은 각각 1 mol,

2 mol이므로 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이다.

06 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

화학 반응식에서 생성물의 이온 모형으로부터 M은 Na임을 알 수 있다. 따라서 이 반응의 화학 반응식은



㉠. 화학 반응식을 완성하면 반응 계수 $a=2$, $b=1$ 이다. 따라서 $a=2b$ 이다.

㉡. 양성자수는 원자 번호와 같다. 원자나 원자단이 전자를 주고 받아 이온이 형성되더라도 양성자수는 변화가 없으므로 이온의 양성자수는 원자의 양성자수와 같다. 이때 M은 Na으로 원자 번호가 11이므로 M^+ 의 양성자수는 11이다. 또한 OH^- 에서 H와 O의 원자 번호는 각각 1, 8이므로 OH^- 의 양성자수는 9이다. 따라서 $\frac{M^+ \text{의 양성자수}}{OH^- \text{의 양성자수}} = \frac{11}{9} > 1$ 이다.

㉢. 금속은 고체 상태에서 전기 전도성이 있고, 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없다. NaOH은 이온 결합 물질이므로 전기 전도성은 $M(s) > NaOH(s)$ 이다.

07 이온 결합 물질의 조성과 화학식

원소 A~D 중에서 전자가 들어 있는 s 오비탈 수가 1인 A는 C, 전자가 들어 있는 p 오비탈 수

Na, Mg 중 하나이고, $\frac{2}{3}$ 인 B는 N, O, F, K, Ca 중 하나이며, $\frac{1}{2}$ 인 D는 P, S, Cl 중 하나이다. 이때 $\frac{\text{홀전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 0인

A는 Mg이고, $\frac{1}{2}$ 인 B는 O이다. 또한 $\frac{1}{7}$ 인 C는 K이고, (나)에서 K인 C와 1 : 1로 화합물을 형성하는 D는 Cl이다. 따라서 (가)~(다)의 화학식은 각각 MgO, KCl, K_2O 이다.

㉠. C와 D는 각각 K과 Cl이므로 K의

전자가 들어 있는 s 오비탈 수 $x = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$ 이고, Cl의

홀전자 수 $y = \frac{1}{6}$ 이므로 $x = 4y$ 이다.

✕. (가)와 (나)는 각각 MgO과 KCl으로 모두 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질의 녹는점은 이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 높는데, 이온 사이의 정전기적 인력은 이온 사이의 거리가 가까울수록 크고, 이온 전하의 크기가 클수록 크다. 이온 반지름은 $K^+ > Mg^{2+}$, $Cl^- > O^{2-}$ 이므로 이온 사이의 거리는 $KCl > MgO$ 이고, 이온 전하의 크기는 $MgO > KCl$ 이므로 1 atm에서 녹는점은 (가) > (나)이다.

㉡. A와 D는 각각 Mg과 Cl이므로 A와 D로 이루어진 안정한 화합물의 화학식은 $MgCl_2$ 인 AD_2 이다.

08 이온 결합의 형성

이온 사이의 거리에 따른 에너지에서 양이온과 음이온 사이의 인력과 반발력의 합이 최저인 거리에서 에너지가 가장 낮으며 이온 결합이 형성된다. 이때 에너지가 가장 낮은 지점이 II의 위치에 존재하기 위해서는 양이온과 음이온의 반지름의 합이 Na^+ 과 Cl^- 보다 크고, 이온 사이의 정전기적 인력이 작아야 한다. 따라서 II의 위치에 존재하는 이온 결합 물질은 +1가 양이온과 -1가 음이온 중 이온 사이의 거리가 Na^+ 과 Cl^- 보다 먼 화합물로 <보기>에서 NaBr, KCl, KBr 등이 적절하다. 또한 III의 위치에 존재하는 화합물은 이온 사이의 거리가 NaCl보다 가깝고 이온 사이의 결합의 세기가 강해야 하므로 NaF이나 MgO이 가능하다. 따라서 II와 III의 위치에 존재하는 화합물로 가장 적절한 것은 ㉢으로 KCl, MgO이다.

08 공유 결합과 결합의 극성

2 점 수능 테스트

본문 123~125쪽

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

01 공유 결합과 금속 결합의 비교

(가)는 C(s, 다이아몬드)이고, (나)는 Li(s)의 결합 모형이다. 금속인 Li(s)은 자유 전자가 있어 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.

- ㉠ C(s, 다이아몬드)는 전기 전도성이 없지만 Li(s)은 금속으로 전기 전도성이 있다. 따라서 전기 전도성은 (나) > (가)이다.
㉡ (나)는 Li(s)으로 금속 양이온인 ㉠ 주변에 자유롭게 움직이는 ㉠은 자유 전자이다. 금속의 자유 전자는 금속 원자의 원자가 전자에 해당한다.
㉢ (나)에서 (+)전하를 띠는 ㉠은 Li⁺으로 Li⁺ 1개에 들어 있는 전자 수는 He 원자의 전자 수와 같다.

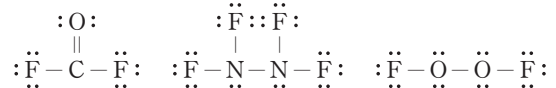
02 공유 결합과 결합의 극성

공유 결합을 통해 옥텟 규칙을 만족하는 2주기 원소 W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 F > O > N > C이다. 공유 결합이 형성될 때 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽에 치우쳐 존재하므로 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다. 따라서 (가)~(다)에서 표시된 부분적인 음전하(δ⁻)를 통해 전기 음성도의 크기는 X > W > Y > Z임을 알 수 있고, W~Z는 각각 O, F, N, C이며 (가)~(다)는 각각 OF₂, FNO, FCN이다.

- ㉠ W, Z는 각각 F, C이므로 전기 음성도는 W > Z이다.
㉡ (가)와 (다)는 각각 OF₂, FCN으로 비공유 전자쌍 수는 각각 8, 4이므로 (가) > (다)이다.
㉢ (나)는 FNO이고, Y(N)는 양쪽에 공유 결합하는 F, O보다 전기 음성도가 작으므로 Y는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

03 루이스 전자점식과 결합의 극성

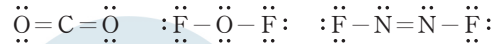
W~Z는 각각 C, N, O, F이다. 따라서 조건을 만족하는 분자 (가)~(다)의 화학식은 각각 COF₂, N₂F₄, O₂F₂이고 구조식은 각각 다음과 같다.



- ㉠ 공유 결합에서 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 치우쳐 존재하므로 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠면서 극성 공유 결합을 형성한다. 그러나 전기 음성도가 같은 원자 사이의 공유 결합에서는 공유 전자쌍이 치우치지 않으므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 공유 결합이 형성된다. 따라서 같은 원자 사이에 공유 결합이 있는 (나)와 (다)는 무극성 공유 결합이 존재한다.
㉡ (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 것은 (가)의 COF₂ 1가지이다.
㉢ (가)와 (다)는 각각 COF₂와 O₂F₂로 비공유 전자쌍 수는 각각 8, 10이므로 (다) > (가)이다.

04 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

CO₂, OF₂, N₂F₂의 구조식은 각각 다음과 같다.



- 공유 전자쌍 수가 (가) > (나)이므로 (나)는 OF₂이고, 비공유 전자쌍 수가 (가) > (다)이므로 (가)와 (다)는 각각 N₂F₂와 CO₂이다.
㉡ (가)는 N₂F₂이다.
㉢ (다)는 CO₂이고, 구조식은 O=C=O이다. 무극성 공유 결합은 같은 원자 사이의 공유 결합으로 CO₂에는 같은 원자 사이의 공유 결합이 없으므로 무극성 공유 결합이 존재하지 않는다.
㉣ (나)와 (다)는 각각 OF₂와 CO₂이고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 $\frac{8}{2} = 4$, $\frac{4}{4} = 1$ 이므로 (나)가 (다)의 4배이다.

05 전기 음성도와 결합의 극성

- 주어진 자료를 만족하는 2주기 원자 A~D는 각각 F, C, O, N이다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다.
㉠ C와 D는 각각 O와 N이고, 전기 음성도는 O > N이므로 C > D이다.
㉡ CA₂는 OF₂로 구조식은 F-O-F이다. 무극성 공유 결합은 같은 원자 사이의 공유 결합으로 OF₂에는 무극성 공유 결합이 존재하지 않는다.
㉢ D₂A₂와 BC₂는 각각 N₂F₂와 CO₂이다. N₂F₂와 CO₂의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	N ₂ F ₂	CO ₂
구조식	$\text{:F:} - \text{N} = \text{N} - \text{F:}$	$\text{:O:} = \text{C} = \text{:O:}$
공유 전자쌍 수	4	4
비공유 전자쌍 수	8	4

따라서 N_2F_2 와 CO_2 의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 2, 1이므로 D_2A_2 가 BC_2 의 2배이다.

06 화학 결합 모형

AB의 화학 결합 모형에서 A^{2+} 과 B^{2-} 의 전자 배치가 Ne과 같으므로 A와 B의 전자 수는 각각 12, 8이고 각각 Mg, O이다. C_2 의 화학 결합 모형에서 C 원자는 2개의 전자를 공유하여 Ne과 같은 전자 배치를 가졌으므로 C는 F이다.

㉠ 금속은 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있고, 공유 결합 물질은 C(s, 흑연) 등과 같은 물질을 제외하고 대부분 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없다. 따라서 액체 상태에서 전기 전도성은 $A > C_2$ 이다.

㉡ B_2 , C_2 는 각각 O_2 , F_2 이므로 비공유 전자쌍 수의 비는 $B_2 : C_2 = 4 : 6 = 2 : 3$ 이다.

㉢ BC_2 는 OF_2 이다. 공유 결합이 형성될 때 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽에 치우쳐 존재하므로 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 전기 음성도는 $F > O$ 이므로 BC_2 에서 전기 음성도가 작은 B는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

07 화학 결합의 종류

C(s, 흑연)은 공유 결합 물질이지만 고체 상태에서 전기 전도성이 있다. Cu(s)는 금속으로 자유 전자에 의해 고체 상태에서 전기 전도성이 있고 뽀침성 및 퍼짐성이 있다. $CuCl_2(s)$ 는 이온 결합 물질로 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다. 따라서 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 (가)와 (나)는 각각 C(s, 흑연), Cu(s) 중 하나이고, 퍼짐성은 (가)가 (다)보다 크므로 (가)~(다)는 각각 Cu(s), C(s, 흑연), $CuCl_2(s)$ 이다.

08 루이스 전자점식과 결합의 극성

분자 (가)의 루이스 전자점식에서 A는 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수가 각각 3과 1이므로 F이고, B는 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수가 각각 1과 3이므로 N이며, C는 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수가 각각 2와 2이므로 O이다. 또한 분자 (나)의 루이스 전자점식에서 D는 공유 전자쌍 수가 4이므로 C이다. 따라서 분자 (가)와 (나)는 각각 FNO 과 COF_2 이다.

㉠ B와 D는 각각 N와 C이다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 $B > D$ 이다.

㉡ 공유 결합이 형성될 때 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽에 치우쳐 존재하므로 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

A~C는 각각 F, N, O이고, 전기 음성도는 $F > O > N$ 이므로 (가)에서 F와 O와 공유 결합하는 B(N)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉢ (가)와 (나)는 각각 FNO 과 COF_2 이고, FNO 과 COF_2 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	FNO	COF_2
공유 전자쌍 수	3	4
비공유 전자쌍 수	6	8

따라서 (가)와 (나)의 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 $\frac{1}{2}$ 로 서로 같다.

09 공유 결합 물질의 성질

화학 반응에서 반응물과 생성물을 구성하는 원소의 종류와 각 원자 수는 같다. 따라서 (가)와 (나)의 화학 반응식에서 ㉠과 ㉡은 각각 CO_2 와 H_2O 이다.

㉢ ㉠은 CO_2 이고, 구조식은 $O=C=O$ 이다. 무극성 공유 결합은 같은 원자 사이의 공유 결합으로 CO_2 에는 같은 원자 사이의 공유 결합이 없으므로 무극성 공유 결합이 존재하지 않는다.

㉣ ㉠은 H_2O 로 중심 원자인 O의 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수는 각각 2로 서로 같다.

㉤ (가)와 (나)의 화학 반응식에서 제시된 물질 중 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 금속인 Fe과 이온 결합 물질인 Fe_2O_3 , $CaCO_3$, $CaCl_2$ 모두 4가지이다.

10 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

O_2 , HF, CO_2 , N_2H_2 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	O_2	HF	CO_2	N_2H_2
공유 전자쌍 수	2	1	4	4
비공유 전자쌍 수	4	3	4	2

㉠ 공유 전자쌍 수가 x 로 같은 (가)와 (나)는 각각 CO_2 와 N_2H_2 중 하나이고, $x=4$ 이다. 또한 비공유 전자쌍 수가 y 로 같은 (가)와 (다)는 각각 O_2 와 CO_2 중 하나이고, $y=4$ 이다. 따라서 공통으로 해당하는 (가)는 CO_2 이고, (나)는 N_2H_2 , (다)는 O_2 이며, (라)는 HF이다. 또한 $x+y=8$ 이다.

㉢ (나)와 (다)는 각각 N_2H_2 과 O_2 로 구조식은 각각 $H-N=N-H$, $O=O$ 이다. 무극성 공유 결합은 같은 원자 사이의 공유 결합으로 N_2H_2 과 O_2 에는 모두 무극성 공유 결합이 있다.

㉣ (가)~(라)는 각각 CO_2 , N_2H_2 , O_2 , HF이므로

비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수 는 각각 $1, \frac{1}{2}, 2, 3$ 이다. 따라서 (가)~(라) 중 비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수 가 가장 큰 것은 (라)이다.

11 루이스 구조식과 전기 음성도

(가)와 (나)에서 옥텟 규칙을 만족하는 2주기 원자 A~D는 각각 C, N, O, F 중 하나이고, 이들 원자가 공유 결합을 형성할 때 비공유 전자쌍 수는 각각 0, 1, 2, 3이므로 A~D는 각각 F, C, N, O이고, (가)와 (나)는 각각 FCN과 OF₂이다.

㉠. (가)와 (나)의 중심 원자는 각각 C, O이고, 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 중심 원자의 전기 음성도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

㉡. (가)와 (나)의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 2이므로 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

㉢. (가)와 (나)의 비공유 전자쌍 수는 각각 4, 8이므로 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

12 루이스 전자점식

루이스 전자점식을 통해 2주기 원자 W~Z는 각각 C, N, O, F임을 알 수 있다. 따라서 주어진 조건을 만족하는 분자 (가)~(다)의 분자식은 각각 FCN, COF₂, O₂F₂이다. FCN, COF₂, O₂F₂의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	FCN	COF ₂	O ₂ F ₂
공유 전자쌍 수	4	4	3
비공유 전자쌍 수	4	8	10

따라서 (가)~(다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ $a=1, b=2, c=\frac{10}{3}$ 이므로 $(a+b) \times c = 3 \times \frac{10}{3} = 10$ 이다.

3 점 수능 테스트

본문 126~132쪽

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

01 화학 결합 모형

AB₂의 화학 결합 모형으로 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 있는 A는 O, 3개의 비공유 전자쌍 있는 B는 F임을 알 수 있다. 또한 BCA의 화학 결합 모형으로 1개의 비공유 전자쌍이 있는 C는 N임을 알 수 있고, AB₂와 BCA는 각각 OF₂와

FNO이다.

㉠. A~C는 각각 O, F, N이므로 전기 음성도는 B>A>C이다. 따라서 전기 음성도가 가장 큰 B는 AB₂와 BCA에서 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

㉡. A, C는 각각 O, N이므로 O₂와 N₂의 공유 전자쌍 수의 비는 A₂ : B₂ = 2 : 3이다.

㉢. C₂B₂는 N₂F₂로 구조식은 F-N=N-F이다. 따라서 같은 원자 사이의 공유 결합인 N=N은 무극성 공유 결합이다.

02 분자의 구조와 특성

C₂F₂, N₂F₂, COF₂의 비공유 전자쌍 수와 다중 결합, 무극성 공유 결합의 유무는 다음과 같다.

분자	C ₂ F ₂	N ₂ F ₂	COF ₂
비공유 전자쌍 수	6	8	8
다중 결합	3중 결합	2중 결합	2중 결합
무극성 공유 결합	있음	있음	없음

주어진 조건에 따라 배점된 C₂F₂, N₂F₂, COF₂의 총점은 각각 10, 11, 9이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 C₂F₂, COF₂, N₂F₂이다.

03 공유 결합 물질과 결합의 극성

바닥상태 이온 W⁺, X²⁻, Y⁺, Z²⁻의 전체 전자 수는 다음과 같다.

이온	W ⁺	X ²⁻	Y ⁺	Z ²⁻
전자 수	6	8	8	10

따라서 조건을 만족하는 W~Z는 각각 N, C, F, O이고, 분자당 원자 수가 4 이하인 (가)~(다)의 분자식은 각각 N₂F₂, FCN, COF₂이다.

㉠. N₂F₂에는 N=N, FCN에는 C≡N, COF₂에는 C=O의 다중 결합이 존재한다.

㉡. (가)~(다)는 각각 N₂F₂, FCN, COF₂이고, 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	N ₂ F ₂	FCN	COF ₂
공유 전자쌍 수	4	4	4
비공유 전자쌍 수	8	4	8

㉢. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크고, 공유 결합이 형성될 때 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽에 치우쳐 존재하므로 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 따라서 W~Z 중 전기 음성도가 가장 큰 Y는 (가)~(다)에서 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

04 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

분자 (가)와 (나)에서 옥텟 규칙을 만족하는 2주기 원자 X~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이다. 이때 조건을 만족하는 (가)와 (나)는 각각 CO₂와 OF₂ 중 하나이고, (가)와 (나)에 공통으로 들어 있는 Y는 O이다. 또한 CO₂와 OF₂의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 2이고, (나)가 (가)의 2배이므로 (가)와 (나)는 각각 OF₂와 CO₂이며, X, Z는 각각 F, C이다.

㉠ (가)와 (나)는 각각 OF₂와 CO₂이므로 OF₂의 공유 전자쌍 수 $x=2$ 이다.

㉡ (가)와 (나)는 각각 OF₂와 CO₂이고, 비공유 전자쌍 수는 각각 8, 4이므로 (가)가 (나)의 2배이다.

㉢ X, Z는 각각 F, C이므로 전기 음성도는 $X>Z$ 이다.

05 이온 결합과 금속 결합

(가)는 이온 결합 물질로 고체 상태에서 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. (나)는 금속으로 자유 전자가 있어 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.

㉠ (가)에서 양이온인 ㉠은 Na⁺이고, ㉡은 Cl⁻이다. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 원자일 때의 반지름은 ㉠>㉡이다.

㉡ 고체 상태에서 이온 결합 물질은 전기 전도성이 없으므로 전기 전도성은 (나)>(가)이다.

㉢ 이온 결합 물질은 외부에서 힘을 가하면 쉽게 부서지지만 금속은 외부에서 힘을 가하면 자유 전자의 영향으로 변형된 형태로 유지되는 성질이 있다. 따라서 외부에서 힘을 가할 때 (가)가 (나)보다 잘 부서진다.

06 전기 음성도와 결합의 극성

전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 $F>O>N>C$ 이다. 이때 중심 원자 1개에 4개의 원자가 공유 결합한 YX₄는 CF₄이므로 X, Y는 각각 F, C이고 W, Z는 각각 N, O 중 하나이다. 따라서 WX₂, YW₂, ZW₂는 각각 OF₂, CO₂, NO₂이다.

㉠ W~Y는 각각 O, F, C이고, WX₂인 OF₂에서 O와 F의 전기 음성도 차가 0.5이고, YX₄인 CF₄에서 C와 F의 전기 음성도 차가 1.5이므로 YW₂인 CO₂에서 C와 O의 전기 음성도 차(x)는 1.0이다.

㉡ Y, Z는 각각 C, N이므로 전기 음성도는 $Z>Y$ 이다.

㉢ ZW₂는 NO₂이고, 전기 음성도는 $O>N$ 이므로 ZW₂에서 전기 음성도가 작은 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

07 분자의 구조와 결합의 쌍극자 모멘트

공유 결합에서 결합의 쌍극자 모멘트는 공유 전자쌍의 치우치는 정도를 나타낸 것으로 전기 음성도가 작은 원자에서 큰 원자 쪽으로 향하는 십자 화살표로 나타낸다. 따라서 (가)와 (나)의 결합의 쌍극자 모멘트를 통해 전기 음성도는 $Z>X>Y$ 임을 알 수 있다. 또한 (가)와 (나)에서 X~Z가 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)와 (나)의 분자식은 각각 CO₂, OF₂이다.

㉠ (가)에서 결합의 쌍극자 모멘트가 Y에서 X로 향하고 있고, (나)에서 결합의 쌍극자 모멘트가 X에서 Z로 향하고 있으므로 전기 음성도는 $Z>X>Y$ 이다.

㉡ (가)와 (나)는 각각 CO₂와 OF₂이고, 비공유 전자쌍 수는 각각 4, 8이므로 (나)>(가)이다.

㉢ 전기 음성도는 $Z>X>Y$ 이므로 YXZ₂ 분자에서 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

08 루이스 구조식과 결합의 극성

분자 (가)의 루이스 전자점식에서 W는 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수가 각각 1, 3이므로 N이고, X는 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수가 각각 0, 4이므로 C이고, Y는 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수가 각각 3, 1이므로 F이다. 또한 분자 (나)의 루이스 전자점식에서 Z는 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수가 각각 2, 2이므로 O이다. 따라서 (가)와 (나)의 분자식은 각각 FCN과 O₂F₂이다.

㉠ X, Z는 각각 C, O이므로 원자가 전자 수의 비는 $X:Z=4:6=2:3$ 이다.

㉡ 분자 (가)에서 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수는 각각 4, 4이고, 분자 (나)에서 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수는 각각 10, 3이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 (가):(나)= $1:\frac{10}{3}=3:10$ 이다.

㉢ XZ₂는 CO₂이다. 공유 결합에서 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 치우쳐 존재하고, 전기 음성도는 $O>C$ 이므로 Z(O)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

09 화학 결합 모형

공유 전자쌍은 공유 결합이 형성될 때 2개의 원자가 서로 공유하는 전자쌍을 말하고, 비공유 전자쌍은 공유 결합에 참여하지 않는 전자쌍을 말한다. 따라서 분자 (가)의 중심 원자에는 결합에 참여하지 않는 전자가 존재해야 한다. 또한 다중 결합은 2중 결합이나 3중 결합을 의미하는데, 2중 결합은 2개의 원자가 전자 4개를 공유하는 것을 말하고, 3중 결합은 2개의 원자가 전자 6개를 공유하

는 것을 말한다. 따라서 주어진 조건을 만족하는 분자 (가)의 화학 결합 모형으로 가장 적절한 것은 ㉔이다.

10 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

분자 (가)~(다)에서 모두 옥텟 규칙을 만족하는 2주기 원자 W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이다. 이때 바닥상태에서 홀 전자 수는 Z가 W의 2배이므로 W는 F이고, Z는 C, O 중 하나이다. Z가 O일 경우 X, Y는 각각 N, C이고, (가)의 분자식은 NF_3 , N_2F_2 중 하나이며, (나)와 (다)의 분자식은 각각 C_2F_2 와 FNO이다. 이때 NF_3 , N_2F_2 , C_2F_2 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	NF_3	N_2F_2	C_2F_2
공유 전자쌍 수	3	4	5
비공유 전자쌍 수	10	8	6

이때 (가)와 (나)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ (상댓값)이 각각 3, 5인 조건을 만족하지 않는다. 따라서 Z는 C이고, X, Y는 각각 N, O이며, (가)의 분자식은 NF_3 , N_2F_2 중 하나이며, (나)와 (다)의 분자식은 각각 O_2F_2 와 FCN이다. 이때 NF_3 , N_2F_2 , O_2F_2 , FCN의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	NF_3	N_2F_2	O_2F_2	FCN
공유 전자쌍 수	3	4	3	4
비공유 전자쌍 수	10	8	10	4

이때 조건을 만족하는 (가)의 분자식은 N_2F_2 이다.

㉑. (가)~(다)의 분자식은 각각 N_2F_2 , O_2F_2 , FCN이고, 구조식은 각각 $F-N=N-F$, $F-O-O-F$, $F-C\equiv N$ 으로 다중 결합이 있는 것은 (가)와 (다) 2가지이다.

㉒. (가)의 분자식은 N_2F_2 이므로 F인 W에 대해 $\frac{W \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다.

㉓. (가)와 (다)는 각각 N_2F_2 , FCN으로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 $\frac{8}{4} = 2$, $\frac{4}{4} = 1$ 이다. 따라서 (다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ (상댓값) $a = \frac{3}{2}$ 이다.

11 공유 결합의 종류

FCN, OF_2 , CH_2O , N_2F_2 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	FCN	OF_2	CH_2O	N_2F_2
공유 전자쌍 수	4	2	4	4
비공유 전자쌍 수	4	8	2	8

따라서 조건을 만족하는 (가)~(라)는 각각 CH_2O , FCN, N_2F_2 , OF_2 이다.

㉑. (가)와 (라)는 각각 CH_2O , OF_2 이므로 비공유 전자쌍 수의 비는 (가) : (라) = 1 : 4이다.

㉒. (나)는 FCN으로 (나)에는 $C\equiv N$ 의 3중 결합이 존재한다.

㉓. (다)의 구조식은 $F-N=N-F$ 으로 같은 원자 사이의 공유 결합 $N=N$ 은 무극성 공유 결합이다.

12 공유 결합 분자

CO_2 , OF_2 , FNO의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	CO_2	OF_2	FNO
공유 전자쌍 수	4	2	3
비공유 전자쌍 수	4	8	6

이때 CO_2 , OF_2 , FNO의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 1, 4, 2이므로 (가)와 (나)가 각각 CO_2 와 FNO라 하면 (다)가 OF_2 로 $y > x$ 이므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 (가)~(다)는 각각 FNO, OF_2 , CO_2 이다.

㉒. (가)는 FNO이다.

㉓. (가)~(다)는 각각 FNO, OF_2 , CO_2 이므로 (가)와 (다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 $x=2$, $y=1$ 이고, $x+y=3$ 이다.

㉔. (다)는 CO_2 로 구조식은 $O=C=O$ 이다.

13 공유 결합 물질

화학 반응식에서 반응물과 생성물을 구성하는 원소의 종류와 각 원소의 입자 수는 같아야 한다. 따라서 3가지 화학 반응식에서 ㉑~㉓은 각각 OF_2 , CO_2 , CH_2O 이다.

㉑. CO_2 와 CH_2O 에서 $C=O$ 의 2중 결합이 존재하고, OF_2 의 구조식은 $F-O-F$ 이므로 ㉑~㉓ 중 다중 결합이 있는 것은 2가지이다.

㉒. 무극성 공유 결합은 같은 원자 사이의 공유 결합으로 ㉑~㉓은 모두 무극성 공유 결합이 존재하지 않는다.

㉓. OF_2 , CO_2 , CH_2O 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	OF ₂	CO ₂	CH ₂ O
공유 전자쌍 수	2	4	4
비공유 전자쌍 수	8	4	2

따라서 ㉠~㉣ 중 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 가 가장 큰 것은 ㉣이다.

14 화학 결합의 종류에 따른 물질의 성질

금속인 Fe은 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있고, 이온 결합 물질인 MgO은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없으나 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 공유 결합 물질인 C(다이아몬드)는 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없다. 따라서 온도에 따라 전기 전도성이 '있음'과 '없음'이 모두 나타나는 (가)는 MgO이고, (나)와 (다)는 각각 C(다이아몬드), Fe이다.

㉠ (가)는 MgO으로 고체 상태에서 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 T₁에서는 고체 상태이고, T₃에서는 액체 상태라 할 수 있다. 따라서 온도는 T₃ > T₁이다.

㉡ (다)는 T₁에서 액체 상태, T₂에서 고체 상태이므로 T₁ > T₂이다. 따라서 T₃ > T₁ > T₂이고, (가)는 T₁에서 고체 상태이므로 T₂에서도 고체 상태이며, 고체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 '없음'은 ㉠으로 적절하다.

㉢ T₁~T₃에서 고체와 액체 중 1가지 상태로 존재하며, 온도는 T₃ > T₁ > T₂이므로 온도가 가장 낮은 T₂에서 (가)와 (나)는 모두 고체 상태이다.

09 분자의 구조와 성질

2 점 수능 테스트

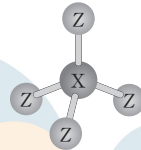
본문 141~143쪽

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

01 루이스 전자점식과 분자의 구조

2주기 원자 중에서 원자가 전자 수가 4, 5, 7인 것은 각각 C(탄소), N(질소), F(플루오린)이다. 따라서 X는 C, Y는 N, Z는 F이다.

㉠ XZ₄(CF₄)는 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 정사면체형이다.

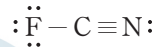


㉡ YZ₃(NF₃)의 루이스 구조식은 그림과 같다.



YZ₃는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이다. 따라서 YZ₃는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

㉢ ZXY(FCN)의 루이스 구조식은 그림과 같다.



ZXY는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이고, 결합각은 180°이다.

02 결합각과 분자의 구조

CH₄은 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 정사면체형이고, 결합각은 109.5°이다. 따라서 (가)는 NH₃이고, (나)는 CH₄이다.

㉡ (가)는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이다.

㉠. (나)는 분자 모양이 정사면체형이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다.

㉡. (가)는 NH₃이므로 공유 전자쌍 수는 3이고, (나)는 CH₄이므로 공유 전자쌍 수가 4이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 (나) > (가)이다.

03 분자의 구조식과 성질

✕. (가)는 중심 원자에 3개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 무극성 분자이다.

㉠. (나)는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형이다.

✕. 전기 음성도는 F > O > C이다. (나)에서 O는 결합한 원자인 C보다 전기 음성도가 크므로 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다. (다)에서 O는 결합한 원자인 F보다 전기 음성도가 작으므로 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

04 분자의 구조와 분류

✕ H₂O과 NH₃는 극성 분자이고, CH₄은 무극성 분자이므로 ‘극성 분자인가?’는 (가)로 적절하다. 그러나 H₂O은 다중 결합이 존재하지 않으므로 ‘다중 결합이 있는가?’는 (나)로 적절하지 않다.

✕ H₂O과 NH₃는 다중 결합이 존재하지 않으므로 ‘다중 결합이 있는가?’는 (가)로 적절하지 않다.

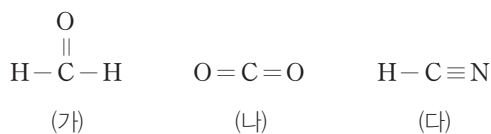
✕ NH₃는 공유 전자쌍 수가 3이지만 H₂O은 공유 전자쌍 수가 2이므로 ‘공유 전자쌍 수는 3인가?’는 (가)로 적절하지 않다.

㉠ H₂O과 NH₃는 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 1이고, CH₄은 비공유 전자쌍이 없으므로 ‘비공유 전자쌍이 있는가?’는 (가)로 적절하다. H₂O은 분자 모양이 굽은 형으로 구성 원자가 모두 동일 평면에 있고, NH₃는 분자 모양이 삼각뿔형으로 구성 원자가 모두 동일 평면에 있지 않으므로 ‘구성 원자가 모두 동일 평면에 있는가?’는 (나)로 적절하다.

✕ H₂O, NH₃, CH₄ 모두 결합각이 120°보다 작으므로 ‘결합각이 120°보다 작은가?’는 (가)로 적절하지 않다.

05 분자의 구조식과 성질

(가)~(다)에서 C, N, O는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 다중 결합을 나타낸 (가)~(다)의 구조식은 그림과 같다.



✕. (가)~(다)의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 4, 4이고, 비공유 전자

쌍 수는 각각 2, 4, 1이다. 따라서 (나)는 공유 전자쌍 수가 비공유 전자쌍 수보다 크지 않다.

✕. (가)와 (나)에는 2중 결합이 있고, (다)에는 2중 결합이 없다.

㉠. (가)는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형이다. (나)와 (다)는 각각 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 모두 직선형이다. 따라서 (가)~(다)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 있다.

06 주기율표와 분자의 구조

W~Z는 각각 C(탄소), O(산소), P(인), Cl(염소)이다.

㉠. WX₂(CO₂)는 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이며 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

✕. YZ₃(PCl₃)은 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이다.

✕. WXZ₂(COCl₂)와 Z₂X(Cl₂O)는 분자당 비공유 전자쌍 수가 각각 8로 같다.

07 화학 반응식과 분자의 구조

메테인이 연소하는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 (가)와 (나)는 각각 CO₂와 H₂O이다.

✕. H₂O은 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 분자 모양은 굽은 형이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니므로 극성 분자이다.

㉠. CH₄은 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 정사면체형이고, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. CO₂는 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이고, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다.

㉡. CO₂는 분자 모양이 직선형이므로 결합각이 180°이고, H₂O은 분자 모양이 굽은 형이므로 결합각이 180°보다 작다.

08 분자의 구조와 성질

2주기 원자로 구성되고, 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하며, 분자 모양이 굽은 형인 XY₂는 OF₂이다.

✕. OF₂에는 다중 결합이 없다.

㉠. OF₂는 비공유 전자쌍 수가 8이고, 공유 전자쌍 수가 2이다.

✕. 전기 음성도는 X(O)가 Y(F)보다 작으므로 XY₂(OF₂)에

서 X(O)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

09 이온의 루이스 전자점식과 구조

H의 원자가 전자 수는 1이고, (가)는 1가 양이온이므로 X의 원자가 전자 수는 6이다. 따라서 X는 O(산소)이고, (가)는 H_3O^+ 이다. (나)도 1가 양이온이므로 Y의 원자가 전자 수는 5이다. 따라서 Y는 N(질소)이고, (나)는 NH_4^+ 이다.

✕. H_3O^+ 은 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 이온의 모양은 삼각뿔형이다. 따라서 H_3O^+ 은 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재하지 않는다.

○. NH_4^+ 은 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 이온의 모양은 정사면체형이다.

✕. $H_2X(H_2O)$ 와 (나)는 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 0이므로 결합각은 (나)가 H_2X 보다 크다.

10 분자 결합 모형과 구조

(가)는 CH_4 이고, (나)는 CF_4 이다.

○. 공유 전자쌍 수는 CH_4 과 CF_4 가 각각 4로 같다.

○. CH_4 과 CF_4 는 각각 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 모두 정사면체형이다. 따라서 CH_4 과 CF_4 는 결합각이 109.5° 로 같다.

✕. 분자는 전기적으로 중성이므로 양성자수는 전자 수와 같다. 따라서 (가)의 양성자수는 10이고, (나)의 양성자수는 42이다.

11 분자의 구조와 극성

(가)에서 O는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 X는 O보다 전기 음성도가 큰 F(플루오린)이고, Y는 H(수소)이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 OF_2 , H_2O , NH_3 이다.

○. 전기 음성도는 X(F)가 O보다 크다.

✕. 전기 음성도는 O가 Y(H)보다 크므로 (나)에서 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

✕. (나)인 H_2O 과 (다)인 NH_3 는 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 1이므로 결합각은 (다)가 (나)보다 크다.

12 분자의 구조와 성질

HCN은 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형으로 결합각은 180° 이며, 중심 원자에 결합한 원자가 서로 다르므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다. BCl_3 는 중심 원자에 3개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하

지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형으로 결합각은 120° 이며, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. CO_2 는 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형으로 결합각은 180° 이며, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. (가)와 (나)는 결합각이 같고, (나)와 (다)는 분자의 쌍극자 모멘트가 모두 0이므로 (가)~(다)는 각각 HCN, CO_2 , BCl_3 이다.

○. HCN에는 다중 결합인 3중 결합이 있다.

○. BCl_3 의 분자 모양은 평면 삼각형이다.

✕. (가)~(다)의 비공유 전자쌍 수는 각각 1, 4, 9이므로 비공유 전자쌍 수는 (다)가 가장 크다.

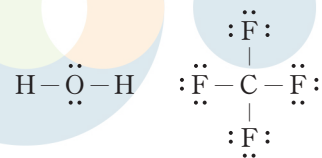
3 점 수능 테스트

본문 144~149쪽

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

01 중심 원자의 비공유 전자쌍과 분자의 구조

H_2O 과 CF_4 의 루이스 구조식은 그림과 같다.



○. H_2O 은 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 $x=2$ 이다.

○. CF_4 는 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 정사면체형이고, 결합각은 109.5° 이다. 따라서 $\alpha=109.5 < 120$ 이다.

○. NH_3 는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이며, 결합각은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않는 CF_4 보다 작고, 비공유 전자쌍 수가 2인 H_2O 보다 크다. 따라서 NH_3 의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 표시하면 영역 (가)에 위치한다.

02 분자의 구조

C 원자에 결합한 원자 수는 HCN, CO_2 , COF_2 이 각각 2, 2, 3이므로 (다)는 COF_2 이다. HCN, CO_2 중 2중 결합 수가 2인 것은 CO_2 이다. 따라서 (나)는 CO_2 이고, (가)는 HCN이다.

✕. HCN의 2중 결합 수는 0($=a$)이고, COF_2 의 2중 결합 수는 1($=b$)이다. 따라서 $a < b$ 이다.

㉠. COF_2 은 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형이다.

✕. 비공유 전자쌍 수는 HCN 와 CO_2 가 각각 1, 4이므로 (나) > (가)이다.

03 결합각과 분자의 구조

BF_3 는 중심 원자에 3개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형이고, 결합각은 120° 이다. CCl_4 는 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 정사면체형이고, 결합각은 109.5° 이다. NH_3 는 중심 원자에 3개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이고, 결합각은 109.5° 보다 작다. 따라서 (가)~(다)는 각각 NH_3 , CCl_4 , BF_3 이다.

㉠. (다)는 BF_3 이고, 결합각은 120° 이므로 $\alpha = 120$ 이다.

✕. (가)는 NH_3 이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

✕. (나)는 CCl_4 이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않는다.

04 분자의 극성과 용해성

H_2O 은 분자 모양이 굽은 형으로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다. CCl_4 는 분자 모양이 정사면체형으로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다. I_2 은 I 원자 사이에 무극성 공유 결합을 하는 무극성 분자이므로 극성 용매인 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 보다 무극성 용매인 $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$, $\text{CCl}_4(l)$ 에 더 잘 용해된다. 실험에서 $\text{I}_2(s)$ 을 넣었을 때 $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$ 층은 무색에서 보라색으로 색깔이 변하였고, $\text{A}(l)$ 층은 변화가 없었으므로 A는 H_2O 이다.

㉠. $\text{I}_2(s)$ 을 넣었을 때 $\text{A}(l)$ 층은 변화가 없었고, $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$ 층은 무색에서 보라색으로 색깔이 변하였으므로 $\text{I}_2(s)$ 은 $\text{A}(l)$ 보다 $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$ 에 더 잘 용해된다.

✕. A는 H_2O 이다.

㉠. 무극성인 $\text{I}_2(s)$ 대신 이온 결합 물질인 $\text{CuSO}_4(s)$ 를 사용하여 실험을 반복하면 $\text{CuSO}_4(s)$ 는 무극성 용매인 $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$ 보다 극성 용매인 $\text{A}(\text{H}_2\text{O})(l)$ 에 더 잘 용해된다.

05 분자의 구조와 성질

CH_3F , CF_4 , PF_3 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	CH_3F	CF_4	PF_3
공유 전자쌍 수	4	4	3
비공유 전자쌍 수	3	12	10

따라서 (가)~(다)는 각각 CH_3F , CF_4 , PF_3 이다.

㉠. $a=4$, $b=3$, $c=12$ 이므로 $a \times b = c$ 이다.

㉠. (다)는 PF_3 으로 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이다.

㉠. (가)는 CH_3F 으로 중심 원자에 4개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 사면체형이며, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다.

(나)는 CF_4 로 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 정사면체형이며, 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가) > (나)이다.

06 옥텟 규칙과 분자의 구조

C, N, O, F 중 2가지 원소로 구성되어 있고, 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하며 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합된 분자에는 CO_2 , OF_2 가 있다. (가)가 OF_2 일 경우, (나)는 CON 이어야 하는데 이는 옥텟 규칙을 만족하는 분자가 아니다. 따라서 (가)는 CO_2 이고, (나)는 FCN 이다.

㉠. (가)는 CO_2 로 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합되어 있고 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이며, 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다.

㉠. (나)는 FCN 으로 C 원자와 N 원자 사이에 3중 결합이 있다.

㉠. 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 4로 같다.

07 분자 모양의 예측

분자에서 중심 원자에 결합된 원자 수와 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수에 따라 분자 모양이 결정된다. 중심 원자에 결합된 원자 수가 2이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않는 분자의 모양은 직선형이다.

㉠. HCN 는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않아 분자 모양은 직선형이다. 또 NH_3 는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이다. 따라서 '비공유 전자쌍 수는 ①으로 적절하다.

✕. NH_3 의 분자 모양은 삼각뿔형이다.

㉠. CH_3F 은 중심 원자에 4개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 사면체형의 예시인 ㉠으로 적절하다.

08 분자의 구조와 성질

HCN, CO₂, PCl₃의 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	HCN	CO ₂	PCl ₃
비공유 전자쌍 수	1	4	10
공유 전자쌍 수	4	4	3

따라서 (가)~(다)는 각각 HCN, CO₂, PCl₃이다.

㉠. (가)인 HCN에는 C 원자와 N 원자 사이에 다중 결합인 3중 결합이 존재한다.

㉡. (다)인 PCl₃은 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이며, 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

㉢. (가)인 HCN는 분자 모양이 직선형이고 결합각이 180°이다. (나)인 CO₂도 분자 모양이 직선형이고, 결합각이 180°이다. 따라서 결합각은 (가)와 (나)가 같다.

09 분자 결합 모형과 구조

(가)~(다)는 각각 CH₃F, CH₂O, NF₃이다.

㉠. (가)인 CH₃F는 중심 원자에 4개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 사면체형이다.

㉡. (나)인 CH₂O는 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형이다. 따라서 (나)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재한다.

㉢. (가)와 (나)는 중심 원자에 결합한 원자들이 모두 동일하지 않으므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. (다)인 NF₃는 중심 원자에 3개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이고, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다. 따라서 (가)~(다) 모두 극성 분자이다.

10 분자의 구조와 분류

CH₂O, CO₂, CCl₄, OF₂ 중 다중 결합이 있는 분자는 CH₂O, CO₂이고, 극성 분자는 CH₂O, OF₂이다. 따라서 (가)~(라)는 각각 CH₂O, CO₂, OF₂, CCl₄이다.

㉡. (가)인 CH₂O는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않는다.

㉢. (나)인 CO₂는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않아 분자 모양은 직선형이고,

결합각은 180°이다. (다)인 OF₂는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 분자 모양은 굽은 형이고, 결합각은 180°보다 작다. 따라서 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.

㉣. (라)인 CCl₄는 중심 원자에 4개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 정사면체형이다. 따라서 (라)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재하지 않는다.

11 분자의 구조와 성질

HOF, H₂S, CH₂O, CO₂의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	HOF	H ₂ S	CH ₂ O	CO ₂
공유 전자쌍 수	2	2	4	4
비공유 전자쌍 수	5	2	2	4

따라서 (가)~(라)는 각각 HOF, H₂S, CO₂, CH₂O이다.

㉡. (가)인 HOF은 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 분자 모양은 굽은 형이다.

㉢. (나)인 H₂S는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 분자 모양은 굽은 형이고, 결합각은 180°보다 작다. (다)인 CO₂는 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이고, 결합각은 180°이다. 따라서 결합각은 (다) > (나)이다.

㉣. (다)인 CO₂는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. (라)인 CH₂O는 중심 원자에 결합한 3개의 원자가 모두 동일하지 않으므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (라) > (다)이다.

12 분자의 구조와 성질

2주기 원자 3개로 구성되고, 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 분자 중에서 모두 단일 결합으로 구성된 분자는 OF₂이다. 3중 결합 수가 1인 분자는 FCN이고, 2중 결합 수가 2인 분자는 CO₂이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 OF₂, FCN, CO₂이다.

㉠. (다)인 CO₂는 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 직선형이고, 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다.

㉡. (가)와 (나)의 비공유 전자쌍 수는 각각 8, 4이므로 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이다.

㉢. (나)와 (다)는 모두 분자 모양이 직선형이다. 따라서 결합각은 180°로 같다.

10 동적 평형

2 수능 테스트

본문 160~161쪽

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

01 Br₂의 상평형

밀폐된 진공 용기 안에 Br₂(l)을 넣으면 처음에는 증발 속도가 응축 속도보다 크지만 시간이 지나면서 증발로 인해 기체의 양(mol)이 증가하므로 응축 속도가 커진다. 일정 시간이 지나면 응축 속도가 증발 속도와 같아지는 동적 평형에 도달하게 된다.

㉠. (나)에서 동적 평형은 증발과 응축이 동시에 일어난다. 증발의 역반응인 응축이 일어나므로 Br₂의 상변화는 가역 반응이다.

㉡. (가)에서 (나)에 도달하면서 Br₂(l)의 일부가 Br₂(g)이 되었으므로 Br₂(l)의 양(mol)은 (가) > (나)이다.

㉢. (나)는 동적 평형 상태이므로 Br₂의 증발 속도와 응축 속도가 같다. 따라서 Br₂의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} = 1$ 이다.

02 H₂O의 상평형

밀폐된 진공 용기 안에 H₂O(l)을 넣은 후 시간이 t일 때 H₂O의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} = 0.8$ 이므로 증발 속도가 응축 속도보다 크다. 시간이

2t일 때는 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} = 1$ 이므로 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태이다.

㉡. 시간이 2t일 때 동적 평형은 증발과 응축이 동시에 일어난다. 증발의 역반응인 응축이 일어나므로 H₂O의 상변화는 가역 반응이다.

㉢. 시간이 2t일 때 동적 평형 상태이고, 온도가 일정하므로 시간이 3t일 때도 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태이다.

따라서 시간이 3t일 때 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} = x = 1$ 이다.

㉣. 밀폐된 진공 용기 안에 H₂O(l)을 넣고 시간이 지나 동적 평형에 도달하는 동안 H₂O(l)의 양(mol)은 점점 감소하고 H₂O(g)의 양(mol)은 점점 증가한다. 시간이 t일 때는 동적 평형에 도달하기 전이고, 시간이 2t일 때는 동적 평형 상태이므로

$\frac{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}}$ 은 2t에서가 t에서보다 크다.

03 물의 자동 이온화 반응

물의 자동 이온화 반응은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$ 이다.

㉠. (가)와 (나)는 각각 양이온과 음이온이므로 (가)와 (나)는 각각 H₃O⁺과 OH⁻이다.

㉡. 물의 자동 이온화 반응에서 H₃O⁺과 OH⁻의 계수비는 1 : 1이다. 따라서 물에서 (가)인 H₃O⁺의 양(mol)과 (나)인 OH⁻의 양(mol)은 같다.

㉢. 물에서 H₃O⁺의 양(mol)과 OH⁻의 양(mol)은 같으므로, 25°C에서 OH⁻의 몰 농도를 x M라고 하면, 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = x^2 = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $[\text{OH}^-] = x \text{ M} = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

04 pH와 [H₃O⁺]

㉠. 레몬주스는 pH = 2.0으로 pH가 7.0보다 작은 산성이다.

㉡. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 2.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이다.

㉢. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이고, 용액의 부피가 200 mL이므로 H₃O⁺의 양은 $0.01 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.002 \text{ mol}$ 이다.

05 pH와 [OH⁻]

㉠. (가)의 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 2.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다.

㉡. (나)의 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 3.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. $[\text{OH}^-]$ 를 x M라고 하면, 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-3} \times x = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $x = 1 \times 10^{-11}$ 이다.

㉢. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고, 용액의 부피가 10 mL이므로 H₃O⁺의 양은 $1 \times 10^{-2} \text{ M} \times 1 \times 10^{-2} \text{ L} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고, 용액의 부피가 100 mL이므로 H₃O⁺의 양은 $1 \times 10^{-3} \text{ M} \times 1 \times 10^{-1} \text{ L} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. 따라서 H₃O⁺의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같다.

06 pH와 수용액의 희석

0.01 M NaOH(aq)에서 $[\text{Na}^+] = 0.01 \text{ M}$, $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이다.

㉠. $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 x M라고 하면, 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = x \times 0.01 = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $x = 1 \times 10^{-12}$ 이다. $[\text{Na}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 이온의 양(mol)은 Na⁺이 H₃O⁺보다 크다.

㉡. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-12}) = 12.0 > 11.0$ 이다.

㉢. 0.01 M NaOH(aq) 100 mL에서 물을 추가하여 1 L로 만든 NaOH(aq)의 몰 농도는 0.001 M가 된다. 이때 $[\text{OH}^-]$

$=0.001 \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 $y \text{ M}$ 라고 하면, 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = y \times 0.001 = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $y = 1 \times 10^{-11}$ 이다. 따라서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-11} \text{ M}}{1 \times 10^{-3} \text{ M}} = 1 \times 10^{-8}$ 이다.

07 pH와 pOH

25°C 에서 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이다. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이고, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이므로 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다.

㉠. (가)는 $\text{pOH} = 12.0$ 이므로 $\text{pH} = 14.0 - 12.0 = 2.0$ 이다. 따라서 (가)는 산성이다.

㉡. (나)의 $\text{pH} = a$, $\text{pOH} = a$ 이므로 $\text{pH} + \text{pOH} = a + a = 14.0$ 이다. 따라서 $a = 7.0$ 이다.

㉢. pOH 는 (나)가 (다)보다 크다. $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (다)보다 작다.

08 pH와 $[\text{OH}^-]$

(가)는 $0.01 \text{ M NaOH}(aq)$ 이므로 $[\text{Na}^+] = 0.01 \text{ M}$, $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이다. (나)는 $0.01 \text{ M HCl}(aq)$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M}$, $[\text{Cl}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이다.

㉠. (가)의 $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 $x \text{ M}$ 라고 하면, 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = x \times 0.01 = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = x \text{ M} = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-12}) = 12.0$ 이다.

㉡. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 $[\text{OH}^-]$ 를 $y \text{ M}$ 라고 하면, 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 0.01 \times y = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $y = 1 \times 10^{-12}$ 이다. 따라서 (나)의 $[\text{OH}^-] > 1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이다.

㉢. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이고 수용액의 부피가 0.1 L 이므로 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-12} \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-13} \text{ mol}$ 이다. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고 수용액의 부피가 1 L 이므로 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-2} \text{ M} \times 1 \text{ L} = 1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 이다. 따라서 H_3O^+ 의 양(mol)은 (나)가 (가)의 $\frac{1 \times 10^{-2} \text{ mol}}{1 \times 10^{-13} \text{ mol}} = 1 \times 10^{11}$ 배이다.

01 H_2O 의 상평형

밀폐된 진공 용기 안에 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣으면 처음에는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 없어 응축 속도가 0이지만 시간이 지나면서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발로 인해 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 증가하므로 응축 속도가 커진다. 일정 시간이 지나면 응축 속도가 증발 속도와 같아지는 동적 평형에 도달하게 된다. 응축 속도가 일정한 t_2 에서는 동적 평형 상태이다.

㉠. t_1 이후에도 응축 속도가 계속 증가하므로 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 점점 증가하고, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 점점 감소한다. 따라서 t_1 일 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 는 동적 평형을 이루고 있지 않다.

㉡. t_2 에서는 동적 평형 상태이므로 증발 속도와 응축 속도가 같다. 따라서 t_2 일 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 응축 속도와 같은 a 이다.

㉢. 용기 내 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형에 도달할 때까지 점점 증가한다. 따라서 용기 내 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 t_2 에서가 t_1 에서보다 크다.

02 I_2 의 상평형

밀폐된 진공 용기 안에 $\text{I}_2(s)$ 을 넣으면 처음에는 $\text{I}_2(g)$ 이 없지만 시간이 지나면서 $\text{I}_2(s)$ 의 승화(고체 \rightarrow 기체)로 인해 $\text{I}_2(g)$ 의 양(mol)이 증가하게 된다. 일정 시간이 지나면 승화(기체 \rightarrow 고체) 속도가 승화(고체 \rightarrow 기체) 속도와 같아지는 동적 평형에 도달하게 되어 이때부터 $\text{I}_2(g)$ 의 양(mol)은 일정하게 된다. $2t$ 에서와 $3t$ 에서 $\text{I}_2(g)$ 의 양(mol)이 같으므로 $2t$ 에서와 $3t$ 에서는 동적 평형 상태이다.

㉠. 용기 내 $\text{I}_2(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형에 도달할 때까지 점점 증가한다. $a \neq b$ 이므로 t 일 때 $\text{I}_2(g)$ 의 양(mol) a 는 $2t$ 일 때 $\text{I}_2(g)$ 의 양(mol) b 보다 작다.

㉡. 승화(기체 \rightarrow 고체) 속도는 동적 평형에 도달할 때까지 점점 증가한다. 따라서 승화(기체 \rightarrow 고체) 속도는 t 일 때가 $2t$ 일 때보다 작다.

㉢. $3t$ 에서는 승화(기체 \rightarrow 고체) 속도와 승화(고체 \rightarrow 기체) 속도가 같은 동적 평형 상태이므로 $\frac{\text{승화(기체} \rightarrow \text{고체) 속도}}{\text{승화(고체} \rightarrow \text{기체) 속도}} = 1$ 이다.

03 화학 반응의 동적 평형

밀폐된 진공 용기 안에 $\text{NO}_2(g)$ 를 넣으면 정반응이 진행되어 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성된다. 시간이 지나면서 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양(mol)이 점점 증가하고 이에 따라 역반응 속도가 점점 증가한다. 시간이 t_2 일 때 정반응 속도와 역반응 속도가 같아져서 동적 평형 상태에 도달하였다.

㉠. $0 < t_1$ 이므로 시간이 t_1 일 때 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양(mol)이 0보다

3 점 수능 테스트

본문 162~166쪽

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

크다. 따라서 t_1 일 때 역반응은 일어난다.

㉠ 용기 내 $\text{NO}_2(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형에 도달할 때까지 점점 감소하고, $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형에 도달할 때까지 점점 증가한다. t_2 일 때 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 동적 평형에 도달하였으므로 t_1 일 때는 동적 평형에 도달하기 전이다. 따라서

$$t_1\text{일 때 } \frac{\text{NO}_2(g)\text{의 양(mol)}}{\text{N}_2\text{O}_4(g)\text{의 양(mol)}} = a\text{가}$$

$$t_2\text{일 때 } \frac{\text{NO}_2(g)\text{의 양(mol)}}{\text{N}_2\text{O}_4(g)\text{의 양(mol)}} = b\text{보다 크다.}$$

㉡ $t_2 < t_3$ 이고, t_2 일 때 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 동적 평형에 도달하였으므로 t_3 일 때도 동적 평형 상태이다. 동적 평형 상태에서 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양(mol)은 일정하다. 따라서 t_3 일 때 $\frac{\text{NO}_2(g)\text{의 양(mol)}}{\text{N}_2\text{O}_4(g)\text{의 양(mol)}}$ 은 t_2 일 때와 같으므로 $x=b$ 이다.

04 용해 평형

물이 담긴 비커에 충분한 양의 설탕을 넣으면 고체 설탕이 용해되면서 설탕 수용액의 몰 농도가 점점 커지게 된다. 시간이 지나 $2t$ 일 때 설탕의 석출 속도가 용해 속도와 같아져서 동적 평형 상태에 도달하였다. 따라서 $2t$ 이후 설탕 수용액의 몰 농도는 일정하게 된다.

✕. 시간이 t 일 때 설탕 수용액의 몰 농도는 0이 아니므로 설탕의 석출 속도는 0이 아니다.

㉠ 시간이 $2t$ 일 때 용해 평형에 도달했으므로 설탕의 용해 속도와 석출 속도는 같다.

✕. 시간이 $2t$ 일 때 용해 평형에 도달했으므로 $2t$ 이후 설탕 수용액의 몰 농도는 일정하다. 따라서 $3t$ 일 때 설탕 수용액의 몰 농도는 $2t$ 일 때와 같으므로 $x=a$ 이다.

05 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$

25°C 에서 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이다.

㉠ 25°C 에서 $[\text{OH}^-]$ 가 1×10^{-7} M이면 중성이고, 1×10^{-7} M보다 크면 염기성, 1×10^{-7} M보다 작으면 산성이다. (가)는 $[\text{OH}^-]$ 가 1×10^{-7} M보다 크므로 염기성이다.

✕. (나)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$ M이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-7}} = 1 \times 10^{-7}$ (M)이다. (나)의 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-7}) = 7.0$ 이다. (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 10^{-7}$ M이므로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(2 \times 10^{-7}) = 7 - \log 2$ 이다. 따라서 pH는 (나)가 (다)의 2배가 아니다.

㉡ (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 10^{-7}$ M이므로 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} =$

$$\frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-7}} = 5 \times 10^{-8} \text{ (M)이다.}$$

06 수산화 나트륨 수용액의 $[\text{OH}^-]$ 와 pOH

25°C 에서 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이다.

㉠ $[\text{OH}^-]$ 는 (가) > (다)이므로, $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$ (M)는 (가) < (다)이다. 따라서 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가) > (다)이다.

㉡ $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이므로 (가)의 $\text{pOH} = -\log(10a) = -\log a - 1$ 이고, (나)의 $\text{pOH} = -\log a$ 이다. 따라서 pOH는 (나)가 (가)보다 1.0만큼 크다.

㉢ (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{a}$ (M)이고, (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{\frac{1}{2}a} = \frac{2 \times 10^{-14}}{a}$ (M)이다. 따라서

$$\frac{\text{(나)의 } [\text{H}_3\text{O}^+]}{\text{(다)의 } [\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1}{2}\text{이다.}$$

07 pH와 수용액의 희석

(가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 x M, $[\text{OH}^-]$ 를 y M라고 하면 25°C 에서 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = x \times y = 1 \times 10^{-14}$ 이다.

$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{x}{y} = 1 \times 10^{12}$ 이므로 두 식을 연립하면 $x = 1 \times 10^{-1}$, $y = 1 \times 10^{-13}$ 이다.

㉠ (가)에서 y M = $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-13}$ M이다.

✕. (가)에서 x M = $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-1}$ M이므로 (가)는 0.1 M HCl(aq) 10 mL이다. 이에 물을 추가하여 1 L로 만든 (나)는 0.001 M HCl(aq)이 된다. 이때 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.001$ M이므로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-3}) = 3.0$ 이다.

✕. (나)는 0.001 M HCl(aq)이므로 $[\text{Cl}^-] = 0.001$ M이다. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.001$ M이고, $[\text{OH}^-]$ 를 z M라고 하면 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 0.001 \times z = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $z = 1 \times 10^{-11}$ 이다. 따라서 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ M}}{1 \times 10^{-11} \text{ M}} = 1 \times 10^8$ 이다.

08 pH와 $[\text{OH}^-]$

25°C 에서 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이

므로 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$ (M)이다.

✕. (나)의 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 9.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times$

10^{-9} M이다. 따라서 $a = [\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}}$
 $= 1 \times 10^{-5}$ (M)이다.

㉠. $[\text{OH}^-]$ 는 (가) > (나)이므로, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 는 (가) < (나)이다. (나)의 $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(1 \times 10^{-5}) = 5.0$ 이므로 (가)의 pOH 는 5.0보다 작다.

㉡. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-9}$ M이고, (다)의 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 8.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-8}$ M이다. 따라서 $\frac{(\text{다}) \text{의 } [\text{H}_3\text{O}^+]}{(\text{나}) \text{의 } [\text{H}_3\text{O}^+]}$
 $= \frac{1 \times 10^{-8} \text{ M}}{1 \times 10^{-9} \text{ M}} = 10$ 이다.

09 염산과 수산화 나트륨 수용액의 pH

pH는 (나)가 (가)보다 크므로, (가)는 염산, (나)는 수산화 나트륨 수용액이다. (가)의 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log b = a$ 이다. 만약 (가)보다 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 100배인 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 100b$ M인 수용액이 있다면 그 수용액은 pH가 (가)보다 2.0만큼 작기 때문에 $\text{pH} = a - 2.0$ 일 것이다. 마찬가지로 $[\text{OH}^-] = 100b$ M인 (나)의 $\text{pOH} = a - 2.0$ 이다. (나)의 $\text{pH} = 14.0 - \text{pOH} = 14.0 - (a - 2.0) = 3a$ 이므로 $a = 4.0$ 이고, $b = 1 \times 10^{-4}$ 이다. $10b \text{ M} = 1 \times 10^{-3}$ M이므로, $1 \times 10^{-3} \text{ M NaOH}(aq)$ 의 $\text{pOH} = -\log(1 \times 10^{-3}) = 3.0$ 이고, $\text{pH} = 14.0 - \text{pOH} = 14.0 - 3.0 = 11.0$ 이다.

10 수용액의 pH 비교

(가)의 $\text{pH} = a$ 이고, (나)의 $\text{pH} = b$ 인데, $a - b = 1.0$ 이므로 pH는 (가)가 (나)보다 1.0만큼 크다. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 $\frac{1}{10}$ 배이다. (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = x$ M이므로 (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10x$ M이다. (나)의 $[\text{OH}^-] = y$ M이고, 25°C 에서 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10x \times y = 1 \times 10^{-14}$ 이다. $\frac{x}{y} = 1 \times 10^7$ 이므로 $x = 1 \times 10^{-4}$, $y = 1 \times 10^{-11}$ 이다.

㉠. (가)에서 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log x = a$ 이므로 $x = 1 \times 10^{-a}$ 이다.

㉡. (나)의 $[\text{OH}^-] = y \text{ M} = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-11}} = 1 \times 10^{-3}$ (M)이다.

㉢. (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = x \text{ M} = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-4}) = 4.0 = a$ 이다. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이므로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-3}) = 3.0 = b$ 이다. 따라서 $a \times b = 4.0 \times 3.0 = 12.0$ 이다.

11 산 염기와 중화반응

2 수능 테스트

본문 175~177쪽

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

01 아레니우스, 브뢴스테드·로리 산 염기 정의

아레니우스 산은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질, 아레니우스 염기는 수용액에서 수산화 이온(OH^-)을 내놓는 물질이다. 브뢴스테드·로리 산은 양성자(H^+)를 주는 물질, 브뢴스테드·로리 염기는 양성자(H^+)를 받는 물질이다.

㉠. HCl가 수용액에서 내놓은 H^+ 를 H_2O 이 받아 H_3O^+ 이 생성되었으므로 HCl는 아레니우스 산이다.

㉡. HCl가 H_2O 과 반응하는 화학 반응식은 다음과 같다.



HCl는 H^+ 를 H_2O 에게 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.

㉢. $\text{NH}_3(aq)$ 에 NH_4^+ 과 OH^- 이 존재하므로 NH_3 가 H_2O 과 반응하는 화학 반응식은 다음과 같다.



NH_3 는 H_2O 로부터 H^+ 를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

02 아레니우스, 브뢴스테드·로리 산 염기 정의

㉠. NaOH은 수용액에서 OH^- 을 내놓는 물질이므로 아레니우스 염기이다.

㉡. (나)에서 HCO_3^- 은 H^+ 를 주고, OH^- 은 H^+ 를 받으므로 HCO_3^- 은 브뢴스테드·로리 산이다.

㉢. (다)에서 HCO_3^- 은 HCl로부터 H^+ 를 받으므로 HCO_3^- 은 브뢴스테드·로리 염기이다.

03 산과 염기의 반응

㉠. CH_3COOH 을 물에 녹이면 H_3O^+ 이 생성되므로 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 은 산성이다.

㉡. NH_3 를 물에 녹이면 반응 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ 이 일어나므로 $\text{NH}_3(aq)$ 에는 OH^- 이 존재한다.

㉢. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 에는 H_3O^+ 이, $\text{NH}_3(aq)$ 에는 OH^- 이 존재하므로 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 과 $\text{NH}_3(aq)$ 을 혼합하면 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성된다.

04 중화 적정 실험

(가)에서 만든 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도를 a M라고 하면

$a \times 50 = 0.25 \times 40$, $a = 0.2$ 이다. (가)에서 만든 CH_3COOH (aq)의 몰 농도와 부피가 각각 0.2 M, 100 mL이므로 CH_3COOH 의 양은 $0.2 \times 0.1 = 0.02$ mol이다. 0.02 mol에 해당하는 CH_3COOH 의 질량은 $0.02 \times 60 = 1.2$ g이므로 식초 속 CH_3COOH 함량은 $\frac{1.2}{40} \times 100 = 3\%$ 이다.

05 중화 적정에 사용되는 실험 기구

- ×. (가)는 피펫으로 정확한 부피의 액체를 옮길 때 사용한다.
- . (나)는 뷰렛으로 CH_3COOH (aq)에 가한 0.1 M NaOH (aq)의 부피를 측정할 때 사용한다.
- . (다)는 삼각 플라스크로 적정에 사용되는 CH_3COOH (aq)을 담는 데 사용되며, (다)에서 CH_3COOH (aq)과 NaOH (aq)의 중화 반응이 일어난다.

06 중화 반응과 이온 모형

- . (가)의 ○은 H^+ , (나)의 ■은 Na^+ 이다.
- . x M NaOH (aq) 50 mL에 들어 있는 Na^+ 의 수는 0.1 M HCl (aq) 50 mL에 들어 있는 H^+ 의 수의 2배이므로 $x = 0.2$ 이다.
- . 0.1 M HCl (aq) 50 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 수를 각각 $2n$ 이라고 하면 0.2 M NaOH (aq) 50 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 수는 각각 $4n$ 이다. 따라서 (나)에 들어 있는 이온 수는 $\text{Na}^+ : 4n$, $\text{OH}^- : 4n - 2n = 2n$, $\text{Cl}^- : 2n$ 이다.

07 중화 반응과 이온의 몰 농도(M)

(가)가 이온의 양(mol)이라고 하면 Cl^- 의 양(mol)은 일정해야 하므로 주어진 그림과 맞지 않는다. 따라서 (가)는 이온의 농도(M)이며 가한 NaOH (aq)의 부피가 증가할수록 전체 혼합 용액의 부피가 증가하므로 Cl^- 의 몰 농도(M)는 감소한다. H^+ 의 몰 농도(M)는 OH^- 에 의해 이온의 양(mol)도 감소하고, 전체 혼합 용액의 부피도 증가하므로 Cl^- 의 몰 농도(M)보다 크게 감소한다. OH^- 의 몰 농도(M)는 중화점까지 0이며 Na^+ 의 몰 농도(M)는 점차 증가한다. 따라서 ①~④은 각각 Cl^- , H^+ , Na^+ 이다.

08 중화 반응의 양적 관계

×. 가한 0.2 M NaOH (aq)의 부피가 25 mL일 때, H^+ 과 Na^+ 의 몰 농도(M)는 같으므로 이온의 양(mol)도 같다. 혼합 용액에 들어 있는 H^+ 의 양은 $(100x - 0.2 \times 25) \times \frac{1}{1000}$ mol이고, Na^+ 의 양은 $0.2 \times 25 \times \frac{1}{1000}$ mol이다. $100x - 5 = 5$, $x = 0.1$ 이다.

○. 가한 0.2 M NaOH (aq)의 부피가 25 mL일 때, 혼합 용액에서 Cl^- 의 양은 $0.1 \times 100 \times \frac{1}{1000}$ mol, Na^+ 의 양은 $5 \times \frac{1}{1000}$ mol이므로 $a = 2b$ 이다.

×. 가한 NaOH (aq)의 부피가 25 mL일 때, Na^+ 의 몰 농도는 $\frac{0.2 \times 25}{100 + 25} = 0.04$ M이다.

09 중화 반응의 양적 관계

○. 가한 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (aq)의 부피가 5 mL일 때가 중화점이고, 중화점에서 반응한 H^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 같다. 따라서 $x \times 10 = 2 \times y \times 5$, $x = y$ 이다.

×. (가)에서 Cl^- 의 양은 $10x \times \frac{1}{1000}$ mol, Ca^{2+} 의 양은 $5y \times \frac{1}{1000}$ mol이므로 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} = \frac{5y}{10x} = \frac{1}{2}$ 이다.

○. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (aq)의 부피가 a mL일 때, Cl^- 의 양은 $10x \times \frac{1}{1000}$ mol, Ca^{2+} 의 양은 $ay \times \frac{1}{1000}$ mol, OH^- 의 양은 $(2ay - 10x) \times \frac{1}{1000}$ mol이다. 따라서 $(10x + 5y) : 1.5 = 3ay : 2.4$ 이고, $x = y$ 이므로 $a = 8$ 이다.

10 중화 반응과 몰 농도(M)

×. 가한 NaOH (aq)의 부피가 0일 때와 $2V$ mL일 때 Cl^- 의 몰 농도는 각각 x M와 $\frac{20x}{20 + 2V}$ M이다. 따라서 $x : \frac{20x}{20 + 2V} = a : \frac{a}{3}$ 이므로 $V = 20$ 이다.

○. 가한 NaOH (aq)의 부피가 $2V$ mL일 때 Cl^- 의 몰 농도와, 가한 NaOH (aq)의 부피가 V mL일 때 Na^+ 의 몰 농도가 같다. 따라서 $\frac{20x}{20 + 40} = \frac{20y}{20 + 20}$, $2x = 3y$ 이다.

×. 가한 NaOH (aq)의 부피가 $2V$ mL일 때 Na^+ 의 몰 농도는 $\frac{40y}{60} = \frac{2}{3}y = \frac{4}{9}x$ M이고, $x = a$ 이다. 따라서 ① = $\frac{4}{9}a$ 이다.

11 중화 반응과 이온의 양

×. 혼합 전 HCl (aq)의 부피는 I에서가 I에서보다 크고, NaOH (aq)의 부피는 I에서가 II에서보다 크다. 또한 I과 II의 액성은 다르고 중성은 아니므로 I은 염기성, II는 산성이다.

○. HCl (aq)과 NaOH (aq)의 몰 농도를 각각 a M, b M라고 하면 I에서 OH^- 의 양은 $(20b - 10a) \times \frac{1}{1000}$ mol이고, II에서 H^+ 의 양은 $(20a - 15b) \times \frac{1}{1000}$ mol이다.

$(20b - 10a) : (20a - 15b) = 0.1 : 0.05$ 이므로 $a = b$ 이다. III에서 H^+ 의 양은 $(30a - 10b) = 20a \times \frac{1}{1000}$ mol이고 $10a : 20a = 0.1 : x$, $x = 0.2$ 이다.

㉠ 전체 이온 수는 I에서와 II에서가 $40a \times \frac{1}{1000}$ mol로 같다.

12 중화 반응의 양적 관계

㉡ 가한 NaOH(aq)의 부피에 따라 양이 일정한 이온은 Cl^- 이고 일정하게 증가하는 이온은 Na^+ 이다. 중화 반응 전 Cl^- 의 몰 농도는 $\frac{0.002}{0.02} = 0.1$ M이므로 H^+ 의 몰 농도도 0.1 M이고 pH=1.0이다. (가)는 중화 반응이 진행된 지점이므로 pH는 1.0보다 크다.

㉢ NaOH(aq)의 몰 농도를 a M라고 하면 가한 NaOH(aq)의 부피가 10 mL일 때 Na^+ 의 양은 $a \times 10 \times 0.001 = 0.002$ mol, $a = 0.2$ 이다.

㉣ HCl(aq)과 NaOH(aq)의 중화 반응에서 OH^- 과 반응하여 H_2O 이 되는 H^+ 의 수만큼 Na^+ 의 수가 증가하므로 중화점까지 전체 이온의 양(mol)은 일정하다. (가)는 중화점에 도달하기 전, (나)는 중화점이므로 전체 이온의 몰 농도(M) 합은 (가) : (나) = $\frac{\text{전체 이온의 양(mol)}}{20+5} : \frac{\text{전체 이온의 양(mol)}}{20+10} = 6 : 5$ 이다.

3 점 수능 테스트

본문 178~183쪽

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

01 브뢴스테드·로리 산과 염기

㉠ (가)에서 HCO_3^- 은 H_2O 로부터 양성자(H^+)를 받아 H_2CO_3 이 되므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

㉡ ㉠은 H_2O 로 (나)에서는 H^+ 를 받아 H_3O^+ 이 되므로 브뢴스테드·로리 염기이고, (다)에서는 H^+ 를 주고 OH^- 이 되므로 브뢴스테드·로리 산이다.

㉢ (다)의 화학 반응식은 $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$ 이므로 ㉠은 NH_4^+ 이다.

02 산 염기 중화 반응

HCl(aq)의 pH=1.0이므로 HCl(aq)의 몰 농도는 0.1 M이다. NaOH(aq)의 몰 농도를 a M라고 하면 (다)에서 Cl^- 과 Na^+ 의

몰 농도는 다음과 같다.

$$Cl^- \text{의 몰 농도} : \frac{0.1 \times 20 \times \frac{1}{1000} \text{ mol}}{(20+80) \times \frac{1}{1000} \text{ L}} = 0.02 \text{ M}$$

$$Na^+ \text{의 몰 농도} : \frac{a \times 80 \times \frac{1}{1000} \text{ mol}}{(20+80) \times \frac{1}{1000} \text{ L}} = 0.8a \text{ M}$$

$0.02 + 0.8a = 0.028$ 이므로 $a = 0.01$ 이고 (나)에서 NaOH(aq)의 농도가 0.01 M이므로 pOH=2.0, pH=x=12.0이다. 따라서 $x \times \frac{\text{(다)에서 } Na^+ \text{의 몰 농도(M)}}{\text{(다)에서 } Cl^- \text{의 몰 농도(M)}} = 12.0 \times \frac{0.008}{0.02} = \frac{24}{5}$ 이다.

03 중화 적정

I에서 H^+ 의 양(mol)은 $(a \times 20 \times \frac{1}{1000} + 2 \times 2a \times V_1 \times \frac{1}{1000})$ mol이고, 중화점까지 넣어 준 OH^- 의 양(mol)은 $(3a \times 20 \times \frac{1}{1000})$ mol이다. 따라서 $20a + 4aV_1 = 60a$, $V_1 = 10$ 이다.

II에서 H^+ 의 양(mol)은 $(2 \times a \times 20 \times \frac{1}{1000})$ mol이고, 중화점까지 넣어 준 OH^- 의 양(mol)은 $(3a \times V_2 \times \frac{1}{1000})$ mol이다. 따라서 $40a = 3aV_2$, $V_2 = \frac{40}{3}$ 이다.

04 중화 반응의 양적 관계

HCl(aq)의 pH=1이므로 HCl(aq)의 몰 농도는 0.1 M이다. HBr(aq)의 pH=2이므로 HBr(aq)의 몰 농도는 0.01 M이다.

㉠ 음이온 수는 HCl(aq)이 HBr(aq)의 2배이므로 $0.1 \times V_1 = 2 \times 0.01 \times V_2$, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{5}$ 이다.

㉡ NaOH(aq)의 부피와 음이온 수가 각각 HBr(aq)의 2배이므로 HBr(aq)과 NaOH(aq)의 몰 농도는 0.01 M로 같다. 따라서 NaOH(aq)의 pH=x=12이다.

㉢ $V_2 = 5V_1$ 이므로 HBr(aq) V_1 mL와 NaOH(aq) V_2 mL를 혼합한 수용액에서 OH^- 의 몰 농도는

$$\frac{(0.01 \times 5V_1 \times \frac{1}{1000} - 0.01 \times V_1 \times \frac{1}{1000}) \text{ mol}}{(V_1 + 5V_1) \times \frac{1}{1000} \text{ L}} = 0.01 \times \frac{2}{3} \text{ M}$$

이다. $0.01 \times \frac{2}{3} > 0.001$ 이므로 혼합 용액의 pOH는 3보다 작고 pH는 11보다 크다.

05 중화 반응과 이온의 수

✕. pH가 $c > b > a$ 이므로 I 은 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{CaCl}_2(aq)$ 을, II 는 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 을, III 은 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 과 $\text{CaCl}_2(aq)$ 을 혼합한 용액이다. 따라서 (가)는 $\text{CaCl}_2(aq)$, (나)는 $\text{HCl}(aq)$, (다)는 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 이다.

㉠. I 과 III 에서 이온의 양은 다음과 같다.

혼합 용액	이온의 양($\times \frac{1}{1000}$ mol)			
	H^+	Cl^-	Ca^{2+}	OH^-
I	$30x$	$30x+0.4$	0.2	0
III	0	0.4	$0.2+0.3$	0.6

따라서 X 이온은 Cl^- 이고, $30x+0.4 : 0.4 = 5 : 2$ 이므로 $x=0.02$ 이다.

✕. II 에서 Cl^- 의 양은 $0.02 \times 20 \times \frac{1}{1000} = 0.4 \times \frac{1}{1000}$ mol 이고 Cl^- 의 양은 II 와 III 에서 같으므로 $y=2$ 이다.

06 중화 반응의 양적 관계

㉠. (가)는 산성이고 (나)는 염기성이다. 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도를 a M, $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도를 b M라고 하면, (가)에서 H^+

의 몰 농도는 $\frac{(20a-10b) \times \frac{1}{1000}}{30 \times \frac{1}{1000}} = \frac{2a-b}{3}$ M이고, (나)에서

OH^- 의 몰 농도는 $\frac{2b-a}{3}$ M이다. $\frac{2a-b}{3} : \frac{2b-a}{3} = 1 : 4$ 이므로,

$a : b = 2 : 3$ 이다. 따라서 혼합 전 $\frac{\text{HCl}(aq) \text{의 몰 농도}(M)}{\text{NaOH}(aq) \text{의 몰 농도}(M)} = \frac{a}{b} = \frac{2}{3}$ 이다.

✕. $b = \frac{3}{2}a$ 이므로 (가)에서 H^+ 의 몰 농도는 $\frac{20a-15a}{30} = \frac{a}{6}$ M,

Na^+ 의 몰 농도는 $\frac{15a}{30}$ M이다. (다)는 염기성이고, Na^+ 의 몰 농도는 $\frac{30a}{40}$ M이다. 따라서 모든 양이온의 몰 농도(M) 합은 (다)에서가 (가)에서의 $\frac{9}{8}$ 배이다.

㉠. (가)에서 H^+ 의 몰 농도는 $\frac{a}{6}$ M, (다)에서 OH^- 의 몰 농도는 $\frac{a}{4}$ M이므로 $\frac{a}{6} : \frac{a}{4} = k : x$, $x = \frac{3}{2}k$ 이다.

07 중화 적정 실험

㉠. 뷰렛은 가해지는 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용하므로 '뷰렛에 넣고 (나)의 삼각 플라스크에 떨어뜨리면서 잘 흔들어 준

다.'는 ㉠으로 적절하다.

㉠. (가)에서 만든 수용액에서 CH_3COOH 의 농도와 (나)에서 삼각 플라스크에 넣은 수용액에서 CH_3COOH 의 농도는 같다. 중화 적정에 사용한 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도를 a M라고 하면

$a \times 20 = 0.1 \times 35$ 이므로 $a = \frac{7}{40}$ M이다.

✕. 식초의 밀도가 1.05 g/mL이므로 식초 50 mL의 질량은 50×1.05 g이고, 식초 속 CH_3COOH 의 질량은 $50 \times 1.05 \times \frac{x}{100}$ g이다. CH_3COOH 의 화학식량이 60이므로 (가)에서 만

든 수용액에서 CH_3COOH 의 몰 농도는 $\frac{50 \times 1.05 \times \frac{x}{100}}{60} = \frac{7}{40}$ M이다. 따라서 $x=5$ 이다.

08 중화 반응의 양적 관계

$\text{HCl}(aq)$ 에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 가하여 반응시킬 때, OH^- 과 반응하여 H_2O 이 되는 H^+ 의 양(mol)만큼 Na^+ 의 양(mol)은 증가하므로 중화점까지 전체 이온의 양(mol)은 일정하다. 중화점 이후에는 전체 이온의 양(mol)은 증가하므로 $\text{HCl}(aq)$ 에 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 5 mL일 때는 중화점에 도달하기 전이고 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 15 mL일 때는 중화점을 지난 지점이다.

따라서 $\text{HCl}(aq)$ 에 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 5 mL일 때 전체 이온의 양(mol)은 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)과 같고, 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 15 mL일 때 전체 이온의 양(mol)은 x M $\text{NaOH}(aq)$ 15 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)과 같다.

$0.1 \times 20 \times \frac{1}{1000} \times 2 = 2a$, $x \times 15 \times \frac{1}{1000} \times 2 = 3a$ 이므로 $a=0.002$, $x=0.2$ 이다. $\text{HCl}(aq)$ 에 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 10 mL일 때는 중화점이므로 $y = 0.1 \times 20 \times \frac{1}{1000} + 0.2 \times 10 \times \frac{1}{1000} = 0.004$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{0.004}{0.2} = 0.02$ 이다.

09 중화 반응과 몰 농도, 이온 수

㉠. (가)에는 있고 (나)에는 없는 X 이온은 H^+ 이고, (가)에는 없고 (나)에는 있는 Z 이온은 OH^- 이다. (가)에서 혼합 용액 속 전체 이온의 전하량 합은 0이므로 H^+ 과 B^+ 의 양(mol)의 합은 A^{2-} 의 양(mol)의 2배이다. 따라서 Y 이온은 A^{2-} 이다. (나)는 염기성이므로 이온 수가 가장 많은 W 이온은 B^+ 이다.

✕. (가)에서 혼합 용액에 들어 있는 이온의 몰 농도(M)비는 $\text{B}^+(\text{W}) : \text{H}^+(\text{X}) : \text{A}^{2-}(\text{Y}) = 5b : (10a \times 2 - 5b) : 10a$,

$5b : 20a - 5b : 10a = 2 : 4 : 3$ 이므로 $\frac{b}{a} = \frac{4}{3}$ 이다.

Ⅹ. (나)에서 혼합 용액에 들어 있는 이온 수비는

$$B^+(W) : A^{2-}(Y) : OH^-(Z) = 20b : 10a : 20b - 20a = 8$$

: 3 : 2 = 4 : $\frac{3}{2}$: 1이므로 \ominus 은 $\frac{3}{2}$, \oplus 은 4이다. $\frac{\oplus}{\ominus} = \frac{8}{3}$ 이다.

10 중화 반응의 양적 관계

(가) 수용액을 $Y(OH)_2(aq)$ 이라고 하면 (가) 수용액을 가하는 동안 감소하는 H^+ 의 수는 증가하는 Y^{2+} 의 수보다 크므로 양이온 수

음이온 수는 감소한다. (가) 수용액을 $ZOH(aq)$ 이라고 하면 (가) 수용액을 가하는 동안 감소하는 H^+ 의 수와 증가하는 Z^+ 의 수는 같으므로 양이온 수

음이온 수

는 일정하다. 따라서 (가)는 $ZOH(aq)$, (나)는 $Y(OH)_2(aq)$ 이다. 양이온 수

음이온 수가 감소하기 시작한 지점은 $Y(OH)_2(aq)$ 을 첨가한 지점이고 \ominus 은 중화점이다. 따라서 첨가한 용액의 부피가 14 mL일 때는 중화점 전이고 20 mL일 때는 중화점 이후이다.

$Y(OH)_2(aq)$ 과 $ZOH(aq)$ 의 몰 농도를 각각 b M, c M라고 하면 첨가한 용액의 부피가 14 mL (= $ZOH(aq)$ 10 mL + $Y(OH)_2(aq)$ 4 mL), 20 mL (= $ZOH(aq)$ 10 mL + $Y(OH)_2(aq)$ 10 mL)일 때 이온의 양은 다음과 같다.

첨가한 용액의 부피	이온의 양($\times \frac{1}{1000}$ mol)				
	H^+	Z^+	Y^{2+}	X^{2-}	OH^-
14 mL	$4 - 10c$ $-8b$	$10c$	$4b$	2	0
20 mL	0	$10c$	$10b$	2	$20b + 10c$ -4

따라서 $\frac{4-4b}{2} = 1.4$, $b = 0.3$ 이고, $\frac{10b+10c}{20b+10c-2} = \frac{10c+3}{10c+4} = 0.8$, $c = 0.1$ 이다. 따라서 $Y(OH)_2(aq)$ 과 $ZOH(aq)$ 의 몰 농도(M) 합은 0.4이다.

11 중화 반응과 몰 농도

Ⅲ은 중성인 I보다 혼합 전 산의 부피는 작고, 염기의 부피는 크므로 염기성이다. I에 들어 있는 양이온은 Z^{2+} 이며 몰 농도는

$$\frac{0.3 \times x}{2V + 2x} \text{ M이다. Ⅲ에 들어 있는 양이온은 } Z^{2+} \text{이며 몰 농도는}$$

$$\frac{0.3 \times 2x}{V + 3x} \text{ M이다. 모든 양이온의 몰 농도(M) 합은 Ⅲ에서가 I}$$

에서의 2배이므로 $2V + 2x = V + 3x$, $V = x$ 이다.

I에서 혼합 전 H^+ 의 양과 OH^- 의 양은 같으므로 $a \times 2V + 2 \times$

$0.2 \times x = 2 \times 0.3 \times x$ 이고 $2Va + 0.4V = 0.6V$ 이므로 $a = 0.1$ 이다.

Ⅱ에 들어 있는 양이온은 H^+ 과 Z^{2+} 이며 H^+ 의 몰 농도는 $\frac{0.1 \times 30 + 2 \times 0.2 \times 20 - 2 \times 0.3 \times V}{50 + V}$ M, Z^{2+} 의 몰 농도는

$$\frac{0.3 \times V}{50 + V} \text{ M이다. 양이온의 몰 농도 합(M)은 } \frac{11 - 0.3V}{50 + V} \text{ 이므로}$$

$$\frac{0.3V}{4V} : \frac{11 - 0.3V}{50 + V} = 9 : 16, V = x = 10 \text{ 이다. 따라서 } a \times x = 0.1 \times 10 = 1 \text{ 이다.}$$

12 중화 반응의 양적 관계

첨가한 $H_2A(aq)$ 의 부피가 10 mL일 때, $\frac{[A^{2-}]}{[OH^-]} =$

$$\frac{x \times 10}{0.15 \times 20 - 2 \times x \times 10} = 0.25, x = 0.05 \text{ 이다. 첨가한 } H_2A(aq)$$

의 부피가 5 mL일 때, $\frac{[A^{2-}]}{[OH^-]} = \frac{0.05 \times 5}{0.15 \times 20 - 2 \times 0.05 \times 5} = k$

$$= 0.1 \text{ 이다. 첨가한 } HB(aq) \text{의 부피가 5 mL일 때, } \frac{[B^-]}{[OH^-]}$$

$$= \frac{y \times 5}{0.15 \times 20 - y \times 5} = 2k = 0.2, y = 0.1 \text{ 이다. 첨가한 } HB(aq)$$

의 부피가 a mL일 때, $\frac{[B^-]}{[OH^-]} = \frac{0.1 \times a}{0.15 \times 20 - 0.1 \times a} = 0.25$,

$$a = 6 \text{ 이다. 따라서 } \frac{x}{y} \times a = \frac{0.05}{0.1} \times 6 = 3 \text{ 이다.}$$

12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

2 점 수능 테스트

본문 196~198쪽

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

01 산화수 규칙

- Ⓐ. 화합물에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이고, 다원자 이온에서 구성 원자의 산화수의 총합은 그 이온의 전하와 같다.
Ⓑ. F은 전기 음성도가 가장 큰 원소이므로 화합물에서 항상 -1의 산화수를 가진다.
Ⓒ. HCl에서 H의 산화수는 +1, NaH에서 H의 산화수는 -1이다.

02 산화 환원 반응

- ㉠. (가)와 (나)에서 N의 산화수는 증가, O의 산화수는 감소하므로 산화 환원 반응이다. (다)에서 N의 산화수는 반응 전 +4에서 반응 후 +5와 +2로 변하므로 산화 환원 반응이다.
ⓧ. (가)와 (나)에서 밑줄 친 N의 산화수는 각각 +2와 +4이다.
ⓧ. ①은 H₂O로 (다)에서 H와 O의 산화수는 변하지 않으므로 H₂O는 산화되거나 환원되지 않는다.

03 산화수와 전기 음성도

Y-X-X-Y에서 X의 산화수가 +1이므로 전기 음성도는 Y>X이다. X=Z-Y에서 Z의 산화수가 +3이므로 전기 음성도는 X>Z, Y>Z이다. 따라서 X~Z의 전기 음성도는 Y>X>Z이다.

04 산화 환원 반응

- ㉠. ①은 H₂S이다. H₂S에서 S의 산화수는 -2이고 생성된 S의 산화수는 0이다. 따라서 H₂S는 산화되므로 ①은 환원제이다.
㉡. (나)에서 ㉡은 Cl₂이고 O의 산화수는 반응 전과 후 모두 -2로 같다.
㉢. (나)에서 Cl의 산화수는 0에서 -1로 변하므로 ㉢(Cl₂)은 환원된다.

05 금속의 산화 환원 반응

실험에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



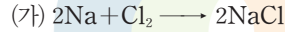
- ㉠. Zn은 반응 후 Zn²⁺이 되므로 산화된다.

ⓧ. SO₄²⁻은 산화 환원 반응에 참여하지 않으므로 S의 산화수는 변하지 않는다.

- ㉡. Zn이 내놓은 전자는 Cu²⁺이 받아 Cu가 된다. 따라서 전자는 Zn에서 Cu²⁺으로 이동한다.

06 산화 환원 반응의 계수 맞추기

(가)와 (나)의 완성된 산화 환원 반응식은 다음과 같다.



- ㉠. ㉠~㉢에서 Cl의 산화수는 각각 0, +1, -1이다.

ⓧ. (가)에서 Cl₂ 1 mol이 모두 반응하면 NaCl 2 mol이 생성된다. (나)에서 Cl₂ 1 mol이 모두 반응하면 HCl 1 mol이 생성된다.

ⓧ. (나)에서 H와 O의 산화수는 변하지 않으므로 H₂O는 환원제나 산화제가 아니다.

07 산화 환원 반응의 계수 맞추기

- ㉠. Cu의 산화수는 반응 전과 후 +2로 변하지 않는다.

㉡. S의 산화수는 -2에서 +6으로 8만큼 증가하고 N의 산화수는 +5에서 +2로 3만큼 감소한다. 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합은 같아야 하므로 완성된 산화 환원 반응식은 다음과 같다.



따라서 8a=3d이다.

- ㉢. 반응 계수비가 HNO₃ : H₂O=2 : 1이므로 2 mol의 HNO₃이 모두 반응하면 1 mol의 H₂O이 생성된다.

08 금속과 염산의 산화 환원 반응

H⁺의 양은 반응 전 0.1×0.5=0.05 mol, 반응 후 0.04×0.5=0.02 mol이므로 반응 몰비는 A : H⁺=0.01 : 0.03=1 : 3이다. 따라서 실험에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



- ㉠. A의 산화수는 증가하므로 A는 환원제이다.

ⓧ. A → A³⁺ + 3e⁻에서 반응한 A의 양이 0.01 mol이므로 이동한 전자의 양은 0.03 mol이다.

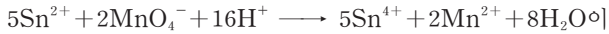
ⓧ. 생성된 H₂(g)의 양은 0.01 × $\frac{3}{2}$ = 0.015 mol이다.

09 산화 환원 반응의 계수 맞추기

㉠. Sn²⁺은 산화되므로 산화수는 증가한다. 증가한 산화수의 총합은 5×(2x-2)이다. 산화수가 감소한 원자는 Mn이며 감소한 산화수의 총합은 2×(7-x)이다. 따라서 5×(2x-2)=2×(7-x), x=2이다.

㉠ ㉠은 H^+ , ㉡은 H_2O 이다.

✗. 완성된 산화 환원 반응식은



다. 따라서 $\frac{b}{a} = \frac{1}{2}$ 이다.

10 흡열 반응

✗. 생성물의 에너지가 반응물의 에너지보다 크므로 이 반응은 흡열 반응이다.

㉠. 흡열 반응이 일어나면 열을 흡수하므로 주위의 온도는 낮아진다.

✗. 연소 반응은 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 높은 발열 반응이다.

11 드라이아이스의 승화와 수증기의 액화

고체 \rightarrow 액체 \rightarrow 기체로의 상변화는 흡열 반응이고, 기체 \rightarrow 액체 \rightarrow 고체로의 상변화는 발열 반응이다.

$CO_2(s)$ 는 열을 흡수하여 $CO_2(g)$ 로 승화되고, 주변의 $H_2O(g)$ 는 액화된다. $H_2O(g)$ 의 액화는 발열 반응이다. 따라서 (가)와 (나)로 가장 적절한 것은 '흡수'와 '발열'이다.

12 중화 반응과 발열 반응

㉠. 열량계의 열 손실과 온도 변화는 없으므로 중화 반응에서 발생한 열은 열량계 속 수용액이 얻은 열량과 같다.

㉡. 발열 반응은 열을 방출하는 반응이므로 주위의 온도가 높아지고, 가설은 옳다는 결론을 얻었으므로 $t > 25$ 이다.

㉢. 0.1 M NaOH(aq) 50 mL 대신 0.05 M NaOH(aq) 50 mL를 넣어 반응시키면 생성되는 $H_2O(l)$ 의 양이 감소하므로 방출하는 열도 감소한다. 따라서 최고 온도는 $t^\circ C$ 보다 낮다.

3 점 수능 테스트

본문 199~204쪽

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

01 산화 환원 반응

㉠. S의 산화수는 SO_2 에서 +4, H_2SO_4 에서 +6이다. 따라서 (가)에서 S의 산화수는 증가한다.

✗. H_2O 과 H_2SO_4 에서 H와 O의 산화수는 각각 +1과 -2로 같으므로 (나)에서 H_2O 는 환원되지 않는다. (나)에서 환원된 물질은 O_2 이다.

✗. (나)와 (다)에서 산화수가 감소한 원자는 각각 O와 F이다. 따라서 (나)와 (다)에서 산화제로 작용한 물질은 각각 O_2 와 F_2 이다.

02 산화 환원 반응의 양적 관계

✗. 산화 환원 반응식에서 산화수가 감소한 원자는 Ag으로 +1에서 0으로 1만큼 감소한다. 산화수가 증가한 원자는 O로 -2에서 0으로 2만큼 증가한다. H와 O의 계수로부터 $b = 2e$, $b = 2d + e$ 이고, 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같으므로 $a = 4$, $b = 4$, $c = 8$, $d = 1$, $e = 2$ 이다. 따라서 $\frac{a+b}{d+e} = \frac{8}{3}$ 이다.

㉠. AgX_2^- 과 NaOH은 1 : 1의 몰비로 반응하여 Na^+ 과 X^- 이 1 : 2의 몰비로 생성되므로 AgX_2^- 0.2 mol과 NaOH 0.1 mol이 반응하면 Na^+ 과 X^- 은 각각 0.1 mol, 0.2 mol 생성되고 AgX_2^- 은 0.1 mol 남는다. 따라서 $x = 0.1 + 0.2 + 0.1 = 0.4$ 이다.

✗. 가한 NaOH의 양이 0.2 mol일 때, Ag은 0.2 mol 생성된다. $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ 에서 Ag이 0.2 mol 생성되므로 이동한 전자의 양은 0.2 mol이다.

03 산화 환원 반응의 양적 관계

㉠. N의 산화수는 감소하고 Cu의 산화수는 증가하므로 NO_3^- 은 산화제이다.

㉡. 산화 환원 반응식에서 산화수가 감소한 원자는 N이고 +5에서 +4로 1만큼 감소한다. 산화수가 증가한 원자는 Cu이고 0에서 +2로 2만큼 증가한다. 따라서 $a = 2$, $b = 4$, $c = 2$ 이므로 $b = a + c$ 이다.

✗. x M $NO_3^-(aq)$ 100 mL에 들어 있는 NO_3^- 의 양은 $(x \times 0.1)$ mol이고, Cu(s) 1.6 g은 0.025 mol이다. 반응 후 남은 Cu(s)의 양은 $\frac{1.28}{64} = 0.02$ mol이므로 반응한 Cu(s)의 양은 0.005 mol이다. 반응 몰비는 $Cu : NO_3^- = 1 : 2$ 이므로 반응 전 NO_3^- 의 양(mol)은 $x \times 0.1 = 0.005 \times 2$ 이다. 따라서 $x = 0.1$ 이다.

04 산화 환원 반응

㉠. (가)에서 O의 산화수는 -1에서 -2로 감소하고 I의 산화수는 -1에서 0으로 증가하므로 $a = 2$, $b = 2$ 이다. 따라서 ㉠은 H^+

이다. (가)의 화학 반응식은 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$ 이다.

✕. (나)에서 Fe의 산화수는 +3에서 +2로 1만큼 감소하고, H_2O_2 에서 O의 산화수는 -1, O_2 에서 O의 산화수는 0이므로 1×2만큼 증가한다. 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합이 같도록 계수를 결정하면 $c=d=2$ 이다. ⊙은 OH^- 이고, (나)의 화학 반응식은 $2\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 이다.

✕. (가)와 (나)에서 1 mol의 H_2O 이 생성될 때, (가)에서 반응한 I^- 의 양은 1 mol이고 (나)에서 반응한 Fe^{3+} 의 양은 1 mol로 서로 같다.

05 산화 환원 반응의 계수 맞추기

- ⊙. Mn의 산화수는 +7에서 +4로 3만큼 감소한다.
- ⊙. S의 산화수는 +4에서 +6으로 2만큼 증가하므로 $x=2$ 이다. 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같으므로 $a=3$ 이고, $a \times x = 3 \times 2 = 6$ 이다.
- ⊙. (다)에서 구한 $b=1$, $c=2$ 이므로 $b+c=3$ 이다.

06 산화 환원 반응과 산화수

- ⊙. X의 산화수는 감소하고 X_2 에서 X의 산화수는 0이므로 XY_3 에서 X의 산화수는 +3, Y의 산화수는 -1이다. 따라서 전기 음성도는 $\text{Y} > \text{X}$ 이다.
- ✕. Y의 산화수 변화는 없으므로 Z의 산화수는 증가한다. Z_2 에서 Z의 산화수는 0이므로 ZY_2 에서 Z의 산화수는 +2이다. 따라서 Z의 산화수는 0에서 2로 2만큼 증가한다.
- ⊙. 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같으므로 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 XY_3 1 mol이 모두 반응할 때, 생성된 ZY_2 는 1.5 mol이다.

07 금속과 금속 이온의 산화 환원 반응

- ⊙. (가)에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	2A	$+ n\text{B}^{2+}$	\longrightarrow	2A^{n+}	$+ n\text{B}$
반응 전(mol)	0.1	0.25		0	0
반응(mol)	-0.1	-0.15		+0.1	+0.15
반응 후(mol)	0	0.1		0.1	0.15

A의 산화수는 n 만큼 증가, B의 산화수는 2만큼 감소하며, 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같으므로 $n \times 0.1 =$

2×0.15 , $n=3$ 이다.

✕. (나)에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

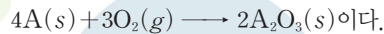
	B	$+ 2\text{C}^+$	\longrightarrow	B^{2+}	$+ 2\text{C}$
반응 전(mol)	0.1	0.25		0	0
반응(mol)	-0.1	-0.2		+0.1	+0.2
반응 후(mol)	0	0.05		0.1	0.2

따라서 $x=0.05$ 이다.

✕. (가)의 $\text{A} \longrightarrow \text{A}^{3+} + 3\text{e}^-$ 에서 A^{3+} 이 0.1 mol 생성되므로 이동한 전자의 양은 0.3 mol이고, (나)의 $\text{B} \longrightarrow \text{B}^{2+} + 2\text{e}^-$ 에서 B^{2+} 이 0.1 mol 생성되므로 이동한 전자의 양은 0.2 mol이다.

08 금속의 산화 환원 반응

이동한 전자가 6 mol일 때, A_2O_m 이 1 mol 생성되므로 A 1 mol은 3 mol의 전자를 잃고 1 mol의 A^{3+} 이 된다. 따라서 A의 양이온은 A^{3+} 이고, A의 산화수는 3만큼 증가, O의 산화수는 2만큼 감소하므로 주어진 반응의 화학 반응식은



$x=4$, $y=3$, $z=2$, $m=3$ 이므로 $\frac{x+z}{y} + m = 5$ 이다.

09 발열 반응과 흡열 반응

- ⊙. NH_4NO_3 이 물에 용해되는 반응은 냉찜질 주머니에 이용되므로 흡열 반응이다.
- ⊙. CaO과 물의 반응은 다음과 같다.
 $\text{CaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$
따라서 ⊙은 $\text{OH}^-(aq)$ 이다.
- ✕. CaO과 물의 반응은 발열 도시락에 이용되므로 발열 반응이다. 발열 반응에서 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 작다.

10 용해 반응과 열의 출입

- ✕. $\text{NaNO}_3(s)$ 의 용해 반응에서 온도가 낮아졌으므로 $\text{NaNO}_3(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.
- ⊙. $\text{NaOH}(s)$ 의 용해 반응에서 온도가 높아지므로 $\text{NaOH}(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다. 발열 반응은 열을 방출하는 반응이다.
- ⊙. 용해되는 $\text{NaOH}(s)$ 의 질량이 감소하면 온도 변화도 감소한다. 따라서 과정 (다)에서 $\text{NaOH}(s)$ $\frac{1}{2}w$ g을 사용하면 최고 온도는 28°C 보다 낮다.

11 반응의 분류

(가)는 연소 반응이므로 발열 반응이고 C와 O의 산화수가 변하므로 산화 환원 반응이다.

(나)는 중화 반응이므로 발열 반응이고 산화 환원 반응은 아니다.

(다)는 광합성으로 흡열 반응이고 C와 O의 산화수가 변하므로 산화 환원 반응이다.

따라서 I 과 II로 가장 적절한 것은 각각 '발열 반응이다.'와 '산화 환원 반응이다.'이다.

12 물의 전기 분해와 수소의 연소 반응

㉠ $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 전기 분해하면 (+)극에 연결된 시험관 A에서는 $\text{O}_2(g)$ 가, (-)극에 연결된 시험관 B에서는 $\text{H}_2(g)$ 가 생성된다.

㉡ 과정 (나)에서 일어난 반응의 화학 반응식은 $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 이며 발열 반응이다. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 전기 분해 반응의 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ 이므로 흡열 반응이다.

㉢ 과정 (나)의 반응에서 H와 O의 산화수가 변하므로 과정 (나)에서 기체의 연소는 산화 환원 반응이다.

수능특강 연계 기출

수능특강과의 완벽한 시너지
오개념 위험이 높은 변형 문제는 NO!
보장된 고퀄리티 기출문제 OK!



MEMO