



수능특강

과학탐구영역 화학 I

정답과 해설

01 우리 생활 속의 화학

수능 2점 테스트 본문 10~11쪽

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

01 암모니아의 생산

암모니아(NH₃)는 질소(N₂)와 수소(H₂)를 반응시켜 생성할 수 있다.

- ✗ NH₃는 탄소 화합물이 아니다.
- A의 화학식은 NH₃이다.
- 암모니아는 질소 비료의 원료로 사용되어 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

02 천연 섬유와 합성 섬유

- 면은 탄소 화합물이다.
- ✗ 폴리에스터는 석유 등을 원료로 하여 만드는 합성 섬유이다.
- ✗ 합성 섬유인 폴리에스터는 물을 거의 흡수하지 않으므로 비옷을 만드는 데 사용된다.

03 화학과 주거 문제 개선

화학의 발달로 건축 재료가 바뀌면서 주택, 건물, 도로 등의 대규모 건설이 가능하게 되었다.

- 콘크리트는 시멘트에 물, 모래, 자갈 등을 섞어서 만든다.
- 철근 콘크리트는 콘크리트 속에 철근을 넣어 강도를 높인 것으로 주택, 건물, 도로 등의 건설에 이용된다.
- 플라스틱은 주로 원유에서 분리되는 나프타를 원료로 하여 합성한다.

04 탄소 화합물의 다양성

- CH₃OH에서 C 원자는 H 원자 3개, O 원자 1개와 공유 결합한다.
- ✗ 탄소 화합물은 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 공유 결합하여 이루어진 화합물이다. 흑연(C)은 탄소로 이루어진 물질이지만, 탄소 화합물이 아니다.
- 메테인이 연소할 때 많은 열이 발생하므로 연료로 사용될 수 있다.

05 탄소 화합물

액화 석유 가스(LPG)의 주성분은 프로페인(C₃H₈)과 뷰테인(C₄H₁₀)이고, CH₄, C₃H₈, C₄H₁₀ 중 $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 가 가장 작은 것은 C₄H₁₀이므로 (다)는 뷰테인(C₄H₁₀)이다. 따라서 (가)는 프로페인(C₃H₈), (나)는 메테인(CH₄)이다.

- (가)는 C₃H₈이다.
- CH₄은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.
- (나)와 (다)는 구성 원소가 모두 탄소(C)와 수소(H)이므로 완전 연소 시 생성물은 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)로 가짓수가 2로 같다.

06 탄소 화합물

분자 구조를 통해 (가)는 에탄올(C₂H₅OH), (나)는 아세트산(CH₃COOH), (다)는 아세톤(CH₃COCH₃)이라는 것을 알 수 있다.

- ✗ 에탄올은 물에 잘 용해된다.
- 아세트산 수용액은 산성이다.
- $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 는 (가)가 $\frac{6}{2}=3$, (다)가 $\frac{6}{3}=2$ 이다.

07 탄소 화합물의 분류

- ㉠과 ㉡은 각각 C₂H₅OH, CH₃COOH 중 하나이다. 이 중 수용액이 산성인 것은 CH₃COOH이므로 ㉡은 CH₃COOH이다.
- ㉢은 C₂H₅OH로 손 소독제를 만드는 데 사용된다.
- ✗ CH₄과 C₂H₅OH의 완전 연소 생성물의 가짓수는 2로 같다.

08 탄소 화합물

- ✗ 탄화수소는 탄소 화합물 중 탄소(C)와 수소(H)로만 이루어진 화합물이다.
- (가)와 (나)의 완전 연소 생성물은 모두 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)이다.
- ✗ (나)에는 3개의 원자와 공유 결합한 탄소 원자가 있다.

수능 3점 테스트

본문 12~16쪽

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

01 화학의 유용성

- ㉠ 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 만든 암모니아는 비료의 원료로 사용되어 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.
㉡ 나일론은 최초의 합성 섬유이다.
㉢ 콘크리트는 시멘트에 물, 모래, 자갈 등을 섞어 만든다.

02 탄소 화합물

- ㉣ 구성 원소의 가짓수는 (나)가 (가)보다 크다.
㉤ (가)와 (나) 모두 완전 연소될 때 생성되는 물질은 CO_2 와 H_2O 이다. 따라서 완전 연소될 때 생성물의 가짓수는 (가)와 (나)가 같다.
㉥ $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는 (가)와 (나)가 모두 $\frac{6}{2}=3$ 으로 같다.

03 실생활 문제 해결에 영향을 준 물질

- ㉦ 플라스틱은 탄소 화합물이다.
㉧ 나일론은 합성 섬유로 대량 생산이 가능하다.
㉨ 콘크리트 등의 건축 재료의 개발은 주택, 건물 등의 대규모 건설을 가능하게 하여 인류의 주거 문제 해결에 기여하였다.

04 에탄올과 아세트산

- 에탄올의 발효로 아세트산을 만들 수 있다. (가)는 에탄올, (나)는 아세트산이다.
㉩ 에탄올은 물에 잘 녹는다.
㉪ 에탄올은 과일이나 곡물의 당을 발효시켜 만들 수 있다.
㉫ 아세트산 수용액은 산성이다.

05 탄화수소

- ㉬ 메테인은 액화 천연 가스의 주성분이다.
㉭ 3가지 물질 모두 연소할 때 많은 열이 발생하여 연료로 사용된다.
㉮ 뷰테인의 완전 연소 생성물의 가짓수는 2로 프로페인과 같다.

06 탄소 화합물

화학 반응에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 (나)의 화학식은 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 이고, (가)의 화학식은 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 이다. (가)와 (나)는 각각 아세트산, 에탄올 중 하나이므로 (가)는 에탄올이고 (나)는 아세트산이다.

- ㉯ (가)와 (나)는 모두 탄소 화합물이다.
㉺ 에탄올 수용액은 중성이다.
㉻ 에탄올 분자에 포함된 H 원자 수는 6이고, 아세트산 분자에 포함된 H 원자 수는 4이다. 따라서 1 mol이 완전 연소되었을 때 생성되는 H_2O 의 양(mol)은 에탄올이 아세트산보다 크다.

07 탄소 화합물

- (가)의 구성 원소는 C, H이고 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 가 4이므로 (가)는 CH_4 이다. 따라서 (나)는 C_3H_8 이다. CH_4 의 분자당 완전 연소 생성물의 분자 수는 3이므로 $a=3$ 이다. (라)의 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 가 3이므로 (라)는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이다. 따라서 (다)는 CH_3COOH 이다.
㉼ (가)는 CH_4 으로 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.
㉽ (라)를 발효시켜 (다)를 만들 수 있다.
㉾ C_3H_8 의 분자당 완전 연소 생성물의 분자 수는 7이다. 따라서 $b=7$ 이고, $a+b=10$ 이다.

08 실생활에 이용되고 있는 물질

물질	CH_4	NH_3	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	CH_3COOH
완전 연소 생성물	$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	CO_2 생성 안됨	$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$
구성 원소의 가짓수	2	2	3	3
분자당 구성 원자 수	5	4	9	8

구성 원소의 가짓수는 CH_4 과 NH_3 가 2로 같고, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 과 CH_3COOH 이 3으로 같다. 구성 원소의 가짓수가 (가)와 (나)가 같으므로 (가)와 (나)는 각각 CH_4 , NH_3 또는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_3COOH 중 하나이다. (가)와 (나)가 각각 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_3COOH 중 하나라면, (다)의 연소 생성물이 CO_2 , H_2O 이어야 하므로 (다)는 CH_4 , (라)는 NH_3 이다. 그런데 분자당 구성 원자 수가 (다) > (라)이므로 모순이다. 따라서 (가)와 (나)는 각각 CH_4 , NH_3 중 하나이고, (가)의 연소 생성물이 CO_2 , H_2O 이어야 하므로 (가)는 CH_4 , (나)는 NH_3 이다. 분자당 구성 원자 수가 (라) > (다)이므로 (라)는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, (다)는 CH_3COOH 이다.

✗. 손 소독제를 만드는 데 사용되는 것은 C_2H_5OH 이다.

㉠. (나)는 NH_3 로 질소 비료의 원료이다.

㉡. $\frac{H \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 는 (라)가 $\frac{6}{9} = \frac{2}{3}$ 이고, (다)가 $\frac{4}{8} = \frac{1}{2}$ 이다.

09 탄소 화합물

구성 원소의 가짓수는 C_2H_5OH 과 CH_3COOH 이 3, C_2H_6 이 2이다. 따라서 (가)와 (나)는 각각 C_2H_5OH , CH_3COOH 중 하나이다. (가)의 $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 가 3이므로 (가)는 C_2H_5OH 이고, (나)는 CH_3COOH , (다)는 C_2H_6 이다.

㉠. (가)는 C_2H_5OH 로 손 소독제를 만드는 데 사용할 수 있다.

㉡. (나)는 CH_3COOH 으로 CH_3COOH 수용액은 산성이다.

㉢. CH_3COOH 의 $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 는 2이므로 $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 는 (다)가 (나)보다 크다.

10 탄소 화합물

CH_4 , C_2H_5OH , CH_3COOH 각각 1 mol을 완전 연소시켰을 때 생성되는 CO_2 의 양은 각각 1 mol, 2 mol, 2 mol이고, 생성되는 H_2O 의 양은 각각 2 mol, 3 mol, 2 mol이다. 따라서 (가)는 C_2H_5OH , (나)는 CH_4 , (다)는 CH_3COOH 이다.

㉠. $a=2$ 이다.

㉡. (나)는 CH_4 으로, 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.

✗. (다)는 (가)를 발효시켜 만들 수 있다.

02 화학식량과 몰

수능 2점 테스트

본문 25~26쪽

01 ㉠ 02 ㉢ 03 ㉠ 04 ㉠ 05 ㉤ 06 ㉢ 07 ㉤
08 ㉠

01 원자량

원자량은 질량수가 12인 탄소 원자의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 하여 비교한 상대적인 질량이다. Y와 Z의 원자량을 각각 b , c 라고 하면, (가)에서 $a=12b$, $b=\frac{1}{12}a$ 이고, (나)에서 $4a=3c$, $c=\frac{4}{3}a$ 이다. XY_2Z 의 분자량은 $a+2b+c=a+\frac{1}{6}a+\frac{4}{3}a=\frac{5}{2}a$ 이다.

02 화학식량과 몰

(가)는 H_2O 1 mol, (나)는 CH_4 0.5 mol, (다)는 NH_3 0.5 mol이다.

㉠. (가)는 기체 1 mol이므로 $t^\circ C$, 1 atm에서 부피는 25 L이다.

㉡. (가)와 (나)는 전체 원자의 양이 각각 3 mol, 2.5 mol이다.

✗. (가)~(다)는 H 원자의 양이 각각 2 mol, 2 mol, 1.5 mol이다.

03 원자량과 분자량

Cu_2O 1 mol에는 Cu 원자 2 mol과 O 원자 1 mol이 들어 있다. Cu 원자 1 mol의 질량이 y g이므로 $(x-2y)$ g은 O 원자 1 mol의 질량과 같다. H_2O 1 mol에는 H 원자 2 mol과 O 원자 1 mol이 들어 있으므로 H_2O 1 mol의 질량에서 O 원자 1 mol의 질량을 빼면 H 원자 2 mol의 질량과 같다. H 원자 2 mol의 질량은 H_2 1 mol의 질량이므로 H_2 의 분자량은 $z-(x-2y)=-x+2y+z$ 이다.

04 아보가드로 법칙

$0^\circ C$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L이므로 (가)~(다)는 각각 2 mol, 1 mol, 0.5 mol이다.

✗. (나)에서 B_2 의 분자량이 32, (다)에서 AB_2 의 분자량이 44이므로 A의 원자량은 12, B의 원자량은 16이다. 따라서 원자량은 B가 A보다 크다.

㉠. AB의 분자량은 28이고, (가)는 AB 2 mol이므로 $x=56$ 이다.

㉠ (가)~(다)의 전체 원자의 양은 각각 4 mol, 2 mol, 1.5 mol 이므로 (가)의 전체 원자 수는 (나)와 (다)의 전체 원자 수 합보다 크다.

05 몰과 질량 및 부피

㉡ (가)와 (나)는 기체이므로 1 mol의 부피는 같다. 기체의 밀도가 (나) > (가)이므로 1 mol의 질량은 (나) > (가)이다. 따라서 분자량은 $CH_4 > A$ 이다.

㉢ 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 부피 = $\frac{\text{질량}}{\text{밀도}}$ 이다. 1 mol의 질량은 C_2H_5OH 이 H_2O 보다 크고, 밀도는 $C_2H_5OH(l)$ 이 $H_2O(l)$ 보다 작으므로 1 mol의 부피는 $C_2H_5OH(l)$ 이 $H_2O(l)$ 보다 크다. 따라서 $\frac{x}{y} > 1$ 이다.

㉣ 1 mol의 질량은 CH_4 이 C_2H_5OH 보다 작으므로 1 g에 들어 있는 분자 수는 CH_4 이 C_2H_5OH 보다 크다.

06 아보가드로 법칙

분자량은 C_4H_8 이 C_2H_4 의 2배이다. C_2H_4 의 분자량을 M 이라고 하면, C_4H_8 의 분자량은 $2M$ 이다. (나)의 부피가 (가)의 부피의 2배이므로 (가)에 기체 n mol이 있다고 하면 (나)에는 기체 $2n$ mol이 들어 있다.

㉠ 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 (가)의 밀도는 $\frac{M \times n}{V}$ (g/L)이고, (나)의 밀도는 $\frac{2M \times 2n}{2V} = \frac{2M \times n}{V}$ (g/L)이다. 따라서 기체의 밀도비는 (가) : (나) = 1 : 2이다.

㉡ 분자량은 C_4H_8 이 C_2H_4 의 2배이므로 기체 1 g에 들어 있는 분자 수는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

㉢ 1 mol에 포함된 원자 수는 C_4H_8 이 C_2H_4 의 2배이고, 1 g에 들어 있는 분자 수는 C_2H_4 이 C_4H_8 의 2배이므로 기체 1 g에 들어 있는 원자 수는 (가) = (나)이다.

07 아보가드로 법칙

㉠ (가)에서 X_2 0.5 mol의 질량이 16 g이므로 X의 원자량은 16이고, (다)에서 YH_4 1 mol의 질량이 16 g이므로 Y의 원자량은 12이다. 따라서 원자량비는 $X : Y = 4 : 3$ 이다.

㉡ 기체의 부피가 (다)에서가 (가)에서의 2배이므로 분자 수도 (다)에서가 (가)에서의 2배이다.

㉢ (가)에 들어 있는 전체 원자의 양은 1 mol이므로 1 g에 들어 있는 원자의 양은 $\frac{1}{16}$ mol이다. (나)에 들어 있는 전체 원자의 양은 $\frac{5}{2}$ mol이므로 1 g에 들어 있는 원자의 양은 $\frac{5}{16}$ mol이다. 따라서 1 g에 들어 있는 원자 수는 (나)에서가 (가)에서의 5배이다.

08 몰과 질량 및 부피

(가)~(라)의 부피비가 4 : 4 : 1 : 2이므로 (다)의 양을 n mol이라고 하면 (가)와 (나)는 각각 $4n$ mol, (라)는 $2n$ mol이다.

㉠ (나)의 화학식은 ZX_2Y 이고, 양은 $4n$ mol이므로 Y 원자의 양은 $4n$ mol이다. (다)의 화학식은 Y_2 이고 양은 n mol이므로 Y 원자의 양은 $2n$ mol이다. 따라서 Y 원자 수는 (나)가 (다)의 2배이다.

㉡ Y_2 1 mol의 질량이 $\frac{4}{n}$ g이므로 Y의 원자량은 $\frac{2}{n}$ 이다. (가)에서 X_2Y 1 mol의 질량이 $\frac{9}{4n}$ g이므로 X 원자 2 mol의 질량은 $\frac{1}{4n}$ g이고 X의 원자량은 $\frac{1}{8n}$ 이다. (나)에서 ZX_2Y 1 mol의 질량은 $\frac{15}{4n}$ g이므로 Z의 원자량은 $\frac{3}{2n}$ 이다. 따라서 X와 Z의 원자량비는 $\frac{1}{8n} : \frac{3}{2n} = 1 : 12$ 이다.

㉢ Z_aX_b 1 mol의 질량이 $\frac{4}{2n}$ g이다. 따라서 $\frac{3a}{2n} + \frac{b}{8n} = \frac{4}{2n}$, $12a + b = 16$ 이다. a 와 b 는 자연수이므로 $a = 1$, $b = 4$ 이다. 따라서 $a + b = 5$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 27~32쪽

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

01 원자량과 분자량

㉠ 원자량은 질량수가 12인 탄소(^{12}C)의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 하여 비교한 상대적인 질량이다.

㉡ H_2 4 g은 2 mol (= $2N_A$ 개)이다. H_2 의 분자당 구성 원자 수는 2이므로 H_2 4 g에 포함된 총 원자 수는 $4N_A$ 이다.

㉢ H_2O 18 g과 O_2 16 g에 들어 있는 O 원자의 양은 1 mol로 같다.

02 몰과 질량

기체의 밀도비가 (가) : (나) : (다) = 1 : 4 : 2이고, 강철 용기의 부피가 모두 같으므로 기체의 질량비는 밀도비와 같다.

㉡ (가)에 들어 있는 기체의 질량을 $14w$ g이라고 하면, X 원자 1개의 질량은 w g이다. (나)와 (다)에 들어 있는 기체의 질량은 각각 $56w$ g, $28w$ g이므로 Y 원자 1개의 질량은 $12w$ g, Z 원자 1개의 질량은 $14w$ g이다. 따라서 원자량비는 $Y : Z = 6 : 7$ 이다.

㉠. (나)에 들어 있는 기체 분자 1개의 질량은 $28w$ g이고 (다)에 들어 있는 기체 분자 1개의 질량도 $28w$ g이므로 분자량은 Y_2X_4 와 Z_2 가 같다.

㉡. 용기 속 기체 1 g에 들어 있는 원자 수는 (나)에서가 $\frac{12}{56w}$ 이고, (다)에서가 $\frac{2}{28w}$ 이다. 따라서 (나)에서가 (다)에서의 3배이다.

03 분자량과 몰

H_2 , C_3H_8 , CO_2 의 양은 각각 1 mol, 0.5 mol, 2 mol이다. C_3H_8 과 CO_2 는 분자량이 같으므로 1 g에 들어 있는 전체 분자 수가 같다. 따라서 (나)와 (다)는 각각 C_3H_8 , CO_2 중 하나이고 (가)는 H_2 이다. 기체의 양(mol)은 (가)가 (나)보다 크므로 (나)는 C_3H_8 , (다)는 CO_2 이다.

㉠. (가)는 H_2 이므로 구성 원소의 가짓수는 1이다.

㉡. (다)는 2 mol의 CO_2 이므로 부피는 48 L이다.

㉢. 전체 원자의 양은 (나)가 5.5 mol, (다)가 6 mol이다. 따라서 전체 원자의 양(mol)은 (다)가 (나)보다 크다.

04 화학식량과 몰

(가)의 화학식이 A_2 이고 전체 원자 수가 $2N_A$ 이므로 (가)는 A_2 1 mol이다. 따라서 (가)의 부피는 24 L이고, A의 원자량은 1이다. (나)에서 B_2 2 mol의 질량이 64 g이므로 B의 원자량은 16이다.

㉠. 기체의 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{2}{24} : \frac{64}{48} = 1 : 16$ 이므로 기체의 밀도는 (나)가 (가)보다 크다. 따라서 $x < y$ 이다.

㉡. (라)의 밀도가 1 g/mL이고 부피가 0.036 L이므로 질량은 36 g이다. A_2B 의 분자량이 18이므로 (라)는 A_2B 2 mol이다. 따라서 전체 원자 수는 $6N_A$ 이고, $a=6$ 이다.

㉢. (다)에서 전체 원자 수가 $6N_A$ 이므로 (다)는 CB 3 mol이다. 따라서 CB의 화학식량은 79.5이고, B의 원자량이 16이므로 C의 원자량은 63.5이다.

05 분자량과 구성 원자 수

(가)와 (다)의 분자당 구성 원자 수를 각각 a , b 라고 하면 (가)와 (다)의 분자량비가 8 : 14이므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (다) = $\frac{a}{8} : \frac{b}{14} = 35 : 8$ 이고, $5b = 2a$ 이다. 분자당 구성 원자 수가 5 이하이므로 b 는 1 또는 2이다. b 가 1인 경우 a 가 정수가 아니므로 $b=2$, $a=5$ 이다.

㉠. (가)와 (다)의 분자당 Y 원자 수를 각각 m , n 이라고 하면 1 g에 들어 있는 Y 원자 수비가 (가) : (다) = 7 : 4이므로 $\frac{m}{8} : \frac{n}{14} = 7 : 4$ 이고, $m=n$ 이다. (다)의 분자당 구성 원자의 수가 2이므로 (다)는 YZ 이고 $n=1$ 이다. 따라서 (가)는 YX_4 이다.

㉡. (다)의 분자당 구성 원자 수가 2이므로 분자당 구성 원자 수는 (나)가 (다)보다 크다.

㉢. X~Z의 원자량을 각각 M_X , M_Y , M_Z 라고 두면, 분자량비가 $YX_4 : X_2Z : YZ = 8 : 9 : 14$ 이므로 $M_Y + 4M_X = 8k$, $2M_X + M_Z = 9k$, $M_Y + M_Z = 14k$ 라고 할 수 있다. 이를 연립하여 풀면 $M_Y : M_Z = 3 : 4$ 이다.

06 아보가드로 법칙

㉠. A와 B의 분자량을 각각 M_A , M_B 라고 하면 (가)와 (나)의 부피비가 4 : 5이므로 $\frac{2w}{M_A} + \frac{w}{M_B} : \frac{w}{M_A} + \frac{2w}{M_B} = 4 : 5$ 이다.

따라서 분자량비는 A : B = 2 : 1이다.

㉡. (가)에서 A의 양(mol)과 B의 양(mol)은 같다.

㉢. (나)와 (다)의 부피가 같으므로 (나)와 (다)에 들어 있는 전체 기체의 양(mol)이 같다.

따라서 $\frac{w}{2M_B} + \frac{2w}{M_B} = \frac{xw}{2M_B} + \frac{\frac{3}{2}w}{M_B}$ 이므로 $x=2$ 이다.

07 분자량과 분자 수

(가)와 (다)는 1 g에 들어 있는 전체 원자 수가 같다. (가)와 (다)의 분자량은 각각 $(36+a)$, $(48+b)$ 이므로 $\frac{3+a}{36+a} = \frac{4+b}{48+b}$ 이고, $a : b = 3 : 4$ 이다. a , b 를 각각 $3k$, $4k$ 라고 하면, (가)는 C_3H_{3k} , (나)는 C_3H_{4k} , (다)는 C_4H_{4k} 이다. 1 g에 들어 있는 H 원자 수비는 (나) : (다) = 14 : 11이므로 $\frac{4k}{36+4k} : \frac{4k}{48+4k} = 14 : 11$ 이고 $k=2$ 이다. 따라서 $a=6$, $b=8$ 이므로 $a+b=14$ 이다.

08 아보가드로 법칙

(가)와 (나)에 들어 있는 기체의 온도와 압력이 같으므로, 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. (가)와 (나)에 들어 있는 분자 모두 분자당 X 원자 수가 1이다. X 원자 수는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 혼합 기체의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. 부피는 (나)가 (가)의 2배이고 XZ_2 의 밀도는 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 XZ_2 의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. (가)에서 XZ_2 , XY_4 의 양을 각각 m mol, n mol이라고 하면 (나)에서 XZ_2 , XZ 의 양은 각각 $2m$ mol, $2n$ mol이다.

$\frac{X \text{ 원자 수}}{Z \text{ 원자 수}}$ 의 비는 (가) : (나) = 5 : 4이므로 $\frac{m+n}{2m} : \frac{2m+2n}{4m+2n} = 5 : 4$ 이고, $m=2n$ 이다.

㉠. 혼합 기체의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

㉡. $m=2n$ 이므로 (가)에서 기체의 양(mol)은 XZ_2 가 XY_4 의 2배이다.

㉠ (나)에서 기체의 양(mol)은 XZ_2 가 XZ 보다 크고 분자량도 XZ_2 가 XZ 보다 크므로 기체의 질량은 XZ_2 가 XZ 보다 크다. 부피가 같으므로 기체의 밀도는 XZ_2 가 XZ 보다 크다.

09 원자량과 분자량

Z_2X 의 양을 m mol이라고 하면 Z_2X 의 전체 원자의 양은 $3m$ mol이다. X_2 , YX 의 전체 원자의 양이 m mol로 같으므로 X_2 와 YX 의 양도 각각 $\frac{m}{2}$ mol로 같다. X_2 m mol의 질량을 $16w$ g이라고 하면, YX , Z_2X m mol의 질량은 각각 $14w$ g, $9w$ g이고, 분자량비는 $X_2 : YX : Z_2X = 16 : 14 : 9$ 이다. 따라서 원자량비는 $X : Y : Z = 16 : 12 : 9$ 이다.

㉡ 원자량비는 $X : Y = 4 : 3$ 이다.

㉢ 1 g에 들어 있는 X 원자 수비는 $X_2 : Z_2X = \frac{2}{16} : \frac{1}{9} = 9 : 8$ 이므로 1 g에 들어 있는 X 원자의 양(mol)은 X_2 가 Z_2X 보다 크다.

㉣ Y_aZ_b 의 양을 n mol이라고 하면 $an + bn = 3m$, $\frac{a+b}{3} = \frac{m}{n}$ 이고 $\left(\frac{6w}{m} \times an + \frac{w}{2m} \times bn\right) = 7w$, $\frac{12a+b}{14} = \frac{m}{n}$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} = 2$ 이다.

10 분자식과 분자량

(가)~(다)는 각각 1 mol, 0.5 mol, 1.5 mol이므로 (가)~(다)의 분자량은 각각 16, 44, 44이다. $\frac{Y \text{ 원자 수}}{X \text{ 원자 수}}$ 의 비가 (가) : (나)

$= \frac{b}{a} : \frac{2b}{c} = 3 : 2$ 이므로 $c = 3a$ 이다. (나)와 (다)의 분자량이 같으므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 분자 1개에 들어 있는 원자 수비와 같다. 따라서 $3a + 2b : 3 = 11 : 3$ 이고, $11 = 3a + 2b$ 이다. a 와 b 는 자연수이므로 $a = 1$ 일 때 $b = 4$ 또는 $a = 3$ 일 때 $b = 1$ 이다. $b > a$ 이므로 $a = 1$, $b = 4$ 이다.

㉠ (가)는 XY_4 이다.

㉡ XY_4 의 분자량은 16, X_3Y_8 의 분자량은 44이므로 X, Y의 원자량은 각각 12, 1이다. (다)의 분자량이 44이므로 Z의 원자량은 16이다. 따라서 원자량비는 $X : Z = 3 : 4$ 이다.

㉢ 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (나) $= \frac{5}{16} : \frac{11}{44} = 5 : 4$ 이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (가)가 (나)보다 크다.

11 분자량과 몰

Z 원자는 ZY 와 ZY_2 에만 포함되어 있다. ZY , ZY_2 의 양을 각각 x mol, y mol이라고 하면 I에 들어 있는 기체에 포함된 Z 원자

수가 (가) 과정 후와 (나) 과정 후가 같으므로 $\frac{x}{2V} = \frac{x+y}{3V}$ 이고 $x = 2y$ 이다. (다) 과정 이후 전체 기체의 부피를 kV L라고 하면 각 과정 후 I에 들어 있는 기체에 포함된 Z 원자 수비가

(나) : (다) $= 5 : 3$ 이므로 $\frac{3y}{3V} : \frac{3y}{kV} = 5 : 3$ 이고 $k = 5$ 이다.

X_2Y 의 양을 z mol이라고 하면, 대기압에서 기체 z mol의 부피가 V L이므로 (다)에서 기체 $5V$ L의 양은 $5z$ mol이다. 따라서 $3y + z = 5z$ 이므로 $z = \frac{3}{4}y$ 이다.

㉠ ZY 는 $2y$ mol, ZY_2 와 X_2Y 는 각각 y mol, $\frac{3}{4}y$ mol이므로 (가)에서 넣어 준 기체의 양(mol)은 I이 II와 실린더의 합보다 크다.

㉢ (다) 과정 후 전체 기체의 부피가 $5V$ L이고, I과 II의 부피 합이 $3V$ L이므로 실린더의 부피는 $2V$ L이다.

㉣ I 속의 기체 1 g에 포함된 Y 원자 수비는 (가) 과정 후 : (나) 과정 후 $= \frac{2y}{112} : \frac{4y(=2y+2y)}{200(=112+88)} = 25 : 28$ 이다.

12 아보가드로 법칙

(가)에 $C_{2x}H_{2y}(g)$ w g이 첨가될 때 증가한 부피가 V L이고, (나)에 $C_zH_y(g)$ w g이 첨가될 때 증가한 부피가 $2V$ L이므로 같은 질량일 때 몰비(부피비)가 $C_{2x}H_{2y} : C_zH_y = 1 : 2$ 이고, 분자량비는 $C_{2x}H_{2y} : C_zH_y = 2 : 1$ 이다. 따라서 $x = z$ 이다. (가)의 부피가 $7V$ L이므로 $CH_4(g)$ 의 양을 $7n$ mol이라고 하면 $C_{2x}H_{2y}(g)$ 의 양은 n mol이다. 기체 1 g에 들어 있는 C 원자 수비는

(가) : (나) $= \frac{7}{2w} : \frac{7+2x}{3w} = 21 : 22$ 이므로 $x = 2$ 이다.

$CH_4(g)$ $2w$ g이 $7n$ mol이고, $C_4H_{2y}(g)$ w g이 n mol이므로 $\frac{2w}{16} : \frac{w}{48+2y} = 7 : 1$ 이고, $y = 4$ 이다. 따라서 $\frac{x \times z}{y} = \frac{2 \times 2}{4} = 1$ 이다.

03 화학 반응식과 용액의 농도

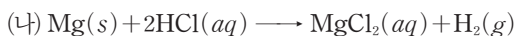
수능 2점 테스트

본문 41~43쪽

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

01 화학 반응식의 계수와 양적 관계

(가)와 (나)의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



✕. $a=2, b=6, c=2$ 이므로 $b=a+c$ 가 아니다.

○. X는 H_2 이다.

✕. H_2 2 mol이 생성되었을 때 (가)에서는 $Al(s)$ 이 $\frac{4}{3}$ mol이 반응하고, (나)에서는 $Mg(s)$ 이 2 mol이 반응하므로 반응한 금속의 몰비는 $Al(s) : Mg(s) = 2 : 3$ 이다.

02 연소 반응의 양적 관계

프로페인(C₃H₈)의 연소 반응을 완성하면 다음과 같다.



○. $a=5, b=3$ 이므로 $a+b=8$ 이다.

✕. C₃H₈ 1 mol이 모두 반응하면 CO₂ 3 mol이 생성되고, CO₂의 분자량이 44이므로 생성되는 CO₂의 질량은 132 g이다.

○. C₃H₈ 22 g은 0.5 mol이고 반응하는 O₂의 양은 2.5 mol(=80 g)이므로 반응을 완결시켰을 때 O₂ 10 g이 남는다.

03 화학 반응의 양적 관계

반응 후 B 4 g이 남았으므로 A는 반응에서 모두 소모되었고, 반응한 B의 질량은 1 g이다. 따라서 A 4 g과 B 1 g이 반응하여 C 5 g이 생성되므로 반응 후 용기에는 B 4 g과 C 5 g이 들어 있다.

반응 질량비가 A : B : C = 4 : 1 : 5이고, 반응 몰비가 A : B : C = 2 : b : 2이므로 분자량비는 $A : B : C = 4 : \frac{2}{b} : 5$ 이다. 반

응 후 남아 있는 기체의 $\frac{B\text{의 양(mol)}}{C\text{의 양(mol)}} = \frac{\frac{4}{2}}{\frac{5}{5}} = 2$ 이므로 $b=1$

이다. 따라서 $b \times \frac{A\text{의 분자량}}{B\text{의 분자량}} = 1 \times \frac{4}{2} = 2$ 이다.

04 화학 반응의 양적 관계 모형

반응 전 A₂와 B₂의 양(mol)을 각각 4N이라고 하면 (가)에 도달하기까지 양적 관계는 다음과 같다.

$$aA_2(g) + bB_2(g) \longrightarrow 2X(g)$$

반응 전(mol)	4N	4N	
반응(mol)	-2N	-N	+2N
반응 후(mol)	2N	3N	2N

✕. 기체의 반응 몰비가 2 : 1 : 2이므로 $a=2, b=1$ 이고 $a+b=3$ 이다.

○. (나)에 도달하기까지 A₂(g)가 총 4N mol이 반응하므로 생성된 X의 양은 4N mol이다. 따라서 $\bullet\bullet$ 는 4개이다.

○. (가)에서 용기 속 전체 기체의 양은 7N mol이고, (나)에서 용기 속 기체의 양은 B₂(g)가 2N mol, X(g)가 4N mol이므로 용기 속 전체 기체의 양은 6N mol이다. 따라서 용기 속 전체 기체의 몰비는 (가) : (나) = 7 : 6이다.

05 화학 반응의 양적 관계

I에서 반응 후 B(g)가 남는다면 A(g)가 1 mol 반응할 때 C(g)가 0.5 mol 생성되는데 III에서 C(g)가 1 mol 생성되었으므로 반응한 A(g)는 2 mol이다. I과 III에서 반응 후 남아 있는 반응물의 종류는 같으므로 이는 모순이고 I에서 반응 후 남아 있는 기체는 A(g)이다.

✕. I에서 반응 후 남아 있는 기체는 A(g)이고 II에서는 I에서 보다 A(g)의 양만 증가했으므로 II에서 반응 후 남아 있는 기체는 A(g)이다.

○. II에서 반응 후 A(g)가 남으므로 I과 II에서 반응한 B(g)는 1 mol로 같다. 따라서 I에서 생성된 D(g)는 1 mol이고, $c : 2 = 0.5 : 1$ 이므로 $c=1$ 이다. I에서 반응한 A(g)의 양은 $\frac{a}{2}$ mol이므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$aA(g) + 2B(g) \longrightarrow C(g) + 2D(g)$$

반응 전(mol)	1	1		
반응(mol)	$-\frac{a}{2}$	-1	+0.5	+1
반응 후(mol)	$1-\frac{a}{2}$	0	0.5	1

✕. III에서 반응 후 A(g)가 남으므로 반응의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

$$aA(g) + 2B(g) \longrightarrow C(g) + 2D(g)$$

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

$2 \times \left(1 - \frac{a}{2}\right) \neq 3 - a$ 이므로 반응 후 남아 있는 반응물의 양(mol)은 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 2배가 아니다.

06 용액의 농도

몰 농도는 용질의 질량을 양(mol)으로 환산하고, 퍼센트 농도는 용액의 부피를 질량으로 환산하여 구할 수 있다.

㉠ 용질 x g은 $\frac{x}{40}$ mol이고, 용액의 부피는 200 mL이므로 몰

농도는 $\frac{\frac{x}{40} \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = \frac{x}{8} \text{ M}$ 이다.

㉡ 용액의 질량이 $200 \text{ mL} \times 1.1 \text{ g/mL} = 220 \text{ g}$ 이므로 퍼센트 농도는 $\frac{x \text{ g}}{220 \text{ g}} \times 100 = \frac{5x}{11}\%$ 이다.

㉢ 용액의 질량은 220 g이고 용질의 질량이 x g이므로 용액의 질량에서 용질의 질량을 뺀 $(220 - x)$ g이 물의 질량이다.

07 화학 반응의 양적 관계

Ⅰ에서 반응 전 A(g)와 B(g)의 질량을 각각 $21w \text{ g}$, $8w \text{ g}$ 이라고 하고 반응 후 A(g)와 C(g)의 부피를 각각 $2V \text{ L}$ 라고 하면, 반응 몰비가 A : B : C = 1 : 1 : 2이므로 반응한 A와 B의 부피는 각각 $V \text{ L}$ 이다.

따라서 반응 전 A(g) $21w \text{ g}$ 의 부피는 $3V \text{ L}$ 이고, B(g) $8w \text{ g}$ 의 부피는 $V \text{ L}$ 이다. 반응 전 전체 질량이 $29w \text{ g}$ 이고, 반응 후 남은 A(g)의 질량이 $14w \text{ g}$ 이므로 생성된 C(g)의 질량은 $15w \text{ g}$ 이고 C(g) $15w \text{ g}$ 의 부피는 $2V \text{ L}$ 이다.

㉠ 분자량비는 A : B : C = $\frac{21}{3} : \frac{8}{1} : \frac{15}{2} = 14 : 16 : 15$ 이다.

㉡ A(g)와 B(g)의 반응 질량비가 7 : 8이므로 Ⅱ에서는 B(g)가 남는다. 따라서 반응 후 남아 있는 반응물의 종류는 Ⅰ과 Ⅱ에서 다르다.

㉢ Ⅱ에서 반응 전 A(g)와 B(g)의 질량을 각각 $7x \text{ g}$, $12x \text{ g}$ 이라고 할 때 반응 후 B(g)가 $4x \text{ g}$ 남고, C(g)가 $15x \text{ g}$ 생성되므로 $\frac{\text{생성물의 질량(g)}}{\text{남아 있는 반응물의 질량(g)}} = \frac{15}{4}$ 이다.

08 퍼센트 농도와 몰 농도

(가)의 밀도가 1.02 g/mL 이므로 (가) 100 mL 의 질량은 102 g 이다.

㉠ (가)의 질량이 102 g 이므로 포도당의 질량은 $102 \text{ g} \times 0.018 = 1.8 \text{ g}$ 보다 크다.

㉡ (나)에 들어 있는 포도당의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다.

㉢ (가)의 농도를 몰 농도로 환산하면 수용액의 부피가 100 mL 이고 용질의 양이 0.01 mol 보다 크므로 (가)의 몰 농도는 0.1 M

보다 크다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합하면 수용액의 농도는 0.1 M 보다 크다.

09 퍼센트 농도와 몰 농도

2% 수산화 나트륨 수용액은 수용액 100 g 중 2 g 의 용질을 포함하고 있으므로 수용액의 질량에서 용질의 질량을 뺀 것만큼 용매가 존재한다.

㉠ 수용액의 질량이 100 g 이면 용질의 질량이 2 g 이므로 용매인 물의 질량은 $(100 - 2) \text{ g} = 98 \text{ g}$ 이다. 따라서 $x = 98$ 이다.

㉡ 2% 수용액 10 g 에는 용질이 0.2 g 이 들어 있다. 0.2 g 의 NaOH의 양은 $\frac{0.2 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{1}{200}$ mol이므로 몰 농도는

$\frac{\frac{1}{200} \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = \frac{1}{40} \text{ M}$ 이다.

㉢ 밀도가 1 g/mL 이므로 (나)에서 만든 수용액의 질량은 200 g 이고 용질의 질량이 0.2 g 이므로 퍼센트 농도는 $\frac{0.2 \text{ g}}{200 \text{ g}} \times 100 = 0.1\%$ 이다.

10 용액의 혼합

혼합 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 각 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다. (가)에 들어 있는 포도당의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, (나)에 들어 있는 포도당의 질량은 $90 \text{ g} \times 0.1 = 9 \text{ g}$ 이다. 이는 $\frac{9 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.05 \text{ mol}$

에 해당한다. 따라서 (다)에는 포도당 0.06 mol 이 들어 있으므로 (다)의 몰 농도는 $\frac{0.06 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.12 \text{ M}$ 이다.

11 기체 반응의 질량비

반응한 기체의 질량은 생성된 기체의 질량과 같다. A와 B를 각각 4 g 씩 반응시킬 때 C 4.5 g 이 생성되었고, A 8 g 과 B 12 g 을 반응시킬 때 C 13.5 g 이 생성되었으므로 반응한 기체의 질량은 3배이다. 따라서 반응 질량비는 A : B : C = 1 : 8 : 9이다.

㉠ A 4 g 과 B 8 g 을 반응시키면 A가 1 g , B가 8 g 반응하여 C가 9 g 생성된다.

㉡ 반응 질량비가 A : B : C = 1 : 8 : 9이고, 반응 계수비가 A : B : C = 2 : 1 : 2이므로 분자량비는 A : B : C = $\frac{1}{2} : \frac{8}{1} : \frac{9}{2} = 1 : 16 : 9$ 이다.

㉢ C가 13.5 g 이 생성되려면 B가 12 g 반응해야 하고 반응 질량비는 A : B = 1 : 8이므로 A는 1.5 g 이 반응하고 10.5 g 이 남는다. 따라서 $y = 12$ 이다.

12 기체 반응의 양적 관계

그래프에서 B(g) 7 g을 넣었을 때 A(g)가 모두 반응하였으므로 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

$$aA(g) + bB(g) \longrightarrow 2C(g)$$

반응 전(g)	4	7	
반응(g)	-4	-7	+11
반응 후(g)	0	0	11

B(g) 7 g을 넣고 반응시켰을 때 C(g)만 존재하므로 C(g) 11 g의 부피가 V L이고, B(g)의 질량이 10.5 g이 되었을 때 전체 기체의 부피가 $\frac{1}{2}V$ L만큼 증가했으므로 B(g) 3.5 g의 부피가 $\frac{1}{2}V$ L이다. 넣어 준 B(g)의 질량이 0일 때 부피가 $\frac{1}{2}V$ L이므로 A(g) 4 g의 부피는 $\frac{1}{2}V$ L이다.

㉠. 반응 부피비는 A : B : C = 1 : 2 : 2이므로 a=1이고, b=2이다.

㉡. 분자량비는 A : B : C = $\frac{4}{1} : \frac{7}{2} : \frac{11}{2}$ = 8 : 7 : 11이다.

㉢. B(g) 14 g의 부피는 2V L이므로 양적 관계는 다음과 같다.

$$A(g) + 2B(g) \longrightarrow 2C(g)$$

반응 전(L)	$\frac{1}{2}V$	2V	
반응(L)	$-\frac{1}{2}V$	-V	+V
반응 후(L)	0	V	V

따라서 반응 후 전체 기체의 부피는 2V L이다.

수능 3월 테스트

본문 44~49쪽

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

01 기체 반응의 양적 관계

분자량비가 A : B = 7 : 8이므로 I에서 반응 전 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = 8 : 4이고 A(g)의 양을 8n mol, B(g)의 양을 4n mol이라고 하면, 양적 관계는 다음과 같다.

[실험 I]

$$A(g) + B(g) \longrightarrow cC(g)$$

반응 전(mol)	8n	4n	
반응(mol)	-4n	-4n	+4cn
반응 후(mol)	4n	0	4cn

반응 후 남은 기체의 양(mol)은 4n+4cn이고, 같은 논리로 II에서 남은 기체의 양(mol)은 4n+8cn이다. 4n+4cn : 4n+8cn = 3 : 5에서 4cn에 해당하는 부피는 2V이고, 4n에 해당하는 부피는 V이므로 c=2이다. 반응 질량비가 A(g) : B(g) : C(g) = 28 : 32 : 60이고, 반응 몰비가 A(g) : B(g) : C(g) = 1 : 1 : 2이므로 분자량비는 B : C = $\frac{32}{1} : \frac{60}{2}$ = 16 : 15이다.

따라서 $c \times \frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = 2 \times \frac{15}{16} = \frac{15}{8}$ 이다.

02 기체 반응의 양적 관계

I에서의 반응 전 A(g)의 양(mol)을 2n, B(g)의 양(mol)을 m이라고 하면, 생성된 C(g)의 양(mol)은 2n이고, 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

$$2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$$

반응 전(mol)	2n	m	
반응(mol)	-2n	-n	+2n
반응 후(mol)	0	m-n	2n

생성된 C(g)의 질량이 II에서가 I에서의 2배이므로 반응한 반응물의 양(mol)도 II에서가 I에서의 2배이다.

따라서 II에서 생성된 C(g)의 양은 4n mol이다. 반응 전 B(g)의 양이 2n mol이고 반응 전 전체 기체의 부피는 I과 II에서 같으므로 반응 전 A(g)의 양은 m mol이다. II에서 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

$$2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$$

반응 전(mol)	m	2n	
반응(mol)	-4n	-2n	+4n
반응 후(mol)	m-4n	0	4n

A와 B의 분자량비가 2 : 1이므로 $\frac{x}{2} : \frac{2x}{1} = m-4n : m-n$ 이고, m=5n이다.

㉠. I에서 반응 전 전체 기체의 양(mol)이 7n일 때 부피는 V L이고, 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 6n이므로 부피는 $\frac{6}{7}V$ L이다.

㉡. II에서 $\frac{\text{반응 전 A의 양(mol)}}{\text{반응 전 B의 양(mol)}} = \frac{5}{2}$ 이다.

㉢. A의 분자량을 2a, B의 분자량을 a라고 하면 I에서 전체 기

체의 질량은 $(2n \times 2a) + (5n \times a) = 9na$ 이고, II에서 전체 기체의 질량은 $(5n \times 2a) + (2n \times a) = 12na$ 이므로 전체 기체의 질량비는 I : II = 3 : 4이고, 반응 후 전체 기체의 부피비는 I : II = 6 : 5이므로 반응 후 전체 기체의 밀도비는 I : II = $\frac{3}{6} : \frac{4}{5} = 5 : 8$ 이다.

03 기체 반응의 양적 관계

생성된 C(g)의 양(mol)이 I에서 II에서의 2배이므로 반응한 반응물의 양(mol)도 2배이다. I에서 B(g)가 모두 반응했다면 II에서 B(g)가 1.5m mol 반응해야 하는데 B(g)가 m mol 밖에 없으므로 모순이다. 따라서 I에서는 A(g)가 모두 반응하고, II에서는 B(g)가 모두 반응한다. II에서 B(g)가 m mol 반응했으므로 I에서 B(g)는 2m mol 반응한다. 따라서 반응물의 반응 몰비는 $a : b = n : 2m$ 이고, $a > b$ 이므로 $n > 2m$ 이다.

X. 반응 후 I에서는 B(g)가 남고, II에서는 A(g)가 남는다.

㉠. III에서 B(g)가 모두 반응한다면, $2n > 4m$ 이므로 반응하는 B(g)의 양은 4m mol보다 크다. 반응 몰비가 A(g) : B(g) = 2n : 4m이고 반응하는 A(g)의 양은 8m mol보다 크므로 가정에 맞지 않는다. 따라서 A(g)가 모두 반응한다. II에서 A(g)가 $\frac{1}{2}n$ mol 반응하고 $\frac{1}{2}n > m$ 이므로 III에서 반응한 A(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{2}n$ 보다 작다. 따라서 $x > y$ 이다.

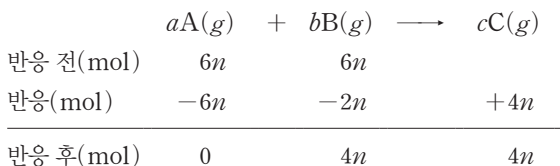
㉡. 반응 후 남아 있는 반응물의 양은 I에서 B(g) m mol, II에서 A(g) $\frac{1}{2}n$ mol이고, III에서 B(g) $(2n - m)$ mol보다 큰 양이다. 따라서 I ~ III을 모두 혼합하여 반응시키면 반응 후 B(g)가 남는다.

04 기체 반응의 양적 관계

t_2 일 때 전체 기체의 밀도가 가장 크기 때문에 이 반응은 반응이 진행될수록 전체 부피가 감소하고, 밀도가 증가한다.

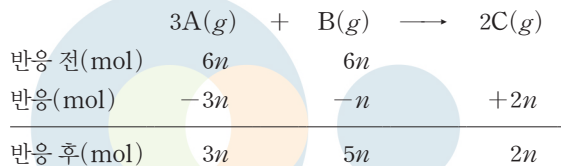
㉠. 밀도는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크므로 t_3 일 때가 반응이 더 많이 진행되었다. 따라서 $t_3 > t_1$ 이다.

X. 반응 전후에 전체 기체의 질량은 변하지 않으므로 기체의 몰비는 (가) : (나) : (다) = $\frac{1}{10} : \frac{1}{15} : \frac{1}{12} = 12 : 8 : 10$ 이다. (가)에서 전체 기체의 양(mol)을 12n이라고 할 때, ●와 □의 수가 같으므로 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 6n이다. (나)에서 반응이 완결되었고 ●와 ☆의 양(mol)이 같으므로 B(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 4n이다. (가) → (나)에서의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



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

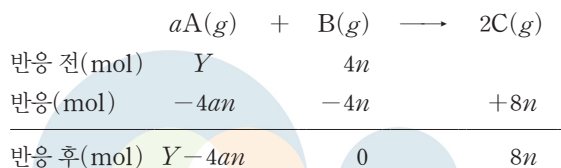
㉡. (가) → (나)에서 감소한 부피가 (가) → (다)에서 감소한 부피의 2배이므로 (가) → (다)에서 반응한 기체의 양(mol)은 (가) → (나)의 $\frac{1}{2}$ 배이다. (가) → (다)에서의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



따라서 (다)에서 기체의 몰비는 A : B = 3 : 5이다.

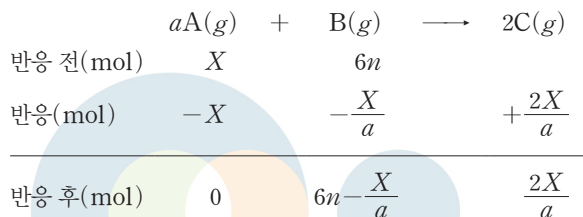
05 기체 반응의 양적 관계

A xg을 X mol, y g을 Y mol이라고 하고, (나) 이후 실린더 II의 B가 모두 소모되었으므로 (나)에서 실린더 II의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



(나)에서 반응이 진행된 후 실린더 I, II의 부피가 감소하므로 이 반응은 반응물의 계수의 합이 생성물의 계수의 합보다 크다. (나) 이후 실린더 I ~ III의 부피가 모두 같은데, (다) 이후 부피가 변하지 않으므로 (다) 과정에서 반응이 일어나지 않음을 알 수 있다. 따라서 (나) 이후 실린더 I, II에는 A(g)가 존재하지 않으므로 $Y - 4an = 0$ 이고, $Y = 4an$ 이다.

(나)에서 실린더 I의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



(나) 이후 실린더 I과 II의 부피가 같으므로 전체 기체의 양(mol)도 같고, $6n - \frac{X}{a} + \frac{2X}{a} = 8n$ 이므로 $X = 2an$ 이다.

㉠. (나) 이후 실린더 I ~ III의 부피가 같으므로 B(g) xg의 양은 8n mol이고, A(g) xg은 2an mol이며, 분자량비가 A : B = 2 : 1이므로 $\frac{x}{2an} : \frac{x}{8n} = 2 : 1$ 이고 $a = 2$ 이다.

㉡. (가)에서 실린더 I의 전체 기체의 양은 10n mol이고, 실린더 II의 전체 기체의 양은 12n mol이므로 $h_1 : h_2 = 5 : 6$ 이다.

㉔. (다) 이후 전체 기체에서 B(g)와 C(g)의 양은 $12n$ mol로 같다.

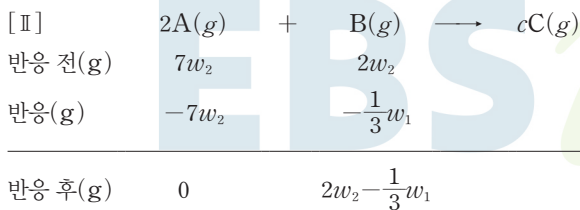
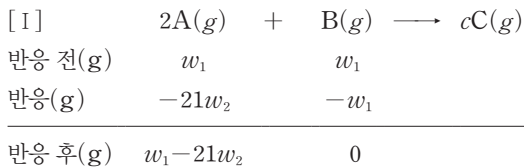
06 기체 반응의 양적 관계

생성물의 몰비가 I : II = 3 : 1이므로 반응한 기체의 질량비도 I : II = 3 : 1이다.

i) I과 II에서 반응 후 모두 A(g)가 남았다면 $w_1 : 2w_2 = 3 : 1$ 이고 $6w_2 = w_1$ 이므로 반응 전 I의 A(g)가 II의 A(g)보다 작고, 반응한 A(g)의 질량은 I이 더 크므로 남은 반응물의 질량이 I : II = 9 : 7이 될 수 없다.

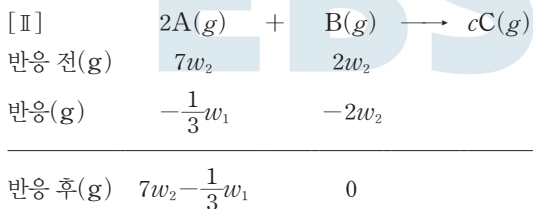
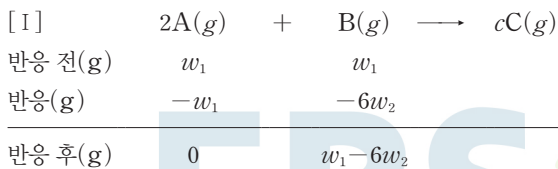
ii) I과 II에서 반응 후 모두 B(g)가 남았다면 $w_1 : 7w_2 = 3 : 1$ 이고 $21w_2 = w_1$ 이므로 남은 반응물의 질량이 I : II = 9 : 7이 될 수 없다.

iii) 반응 후 I에서 A(g)가, II에서 B(g)가 남았다고 가정하면 I과 II에서 양적 관계는 각각 다음과 같다.



$w_1 - 21w_2 : 2w_2 - \frac{1}{3}w_1 = 9 : 7$ 이 될 수 없으므로 모순이다.

iv) 따라서 반응 후 I에서 B(g)가, II에서 A(g)가 남고 I과 II에서 양적 관계는 각각 다음과 같다.



$w_1 - 6w_2 : 7w_2 - \frac{1}{3}w_1 = 9 : 7$ 에서 $\frac{w_1}{w_2} = \frac{21}{2}$ 이다.

㉕. I에서 반응 후 남은 반응물은 B(g)이다.

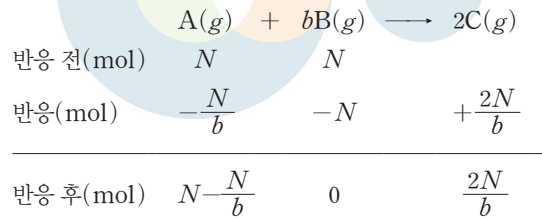
㉔. $w_1 : w_2 = 21 : 2$ 이므로 반응 전 A(g)의 질량비는 I : II = 3 : 2이다.

㉕. 반응 질량비는 A(g) : B(g) = 7 : 4이고, 반응 몰비는

A(g) : B(g) = 2 : 1이므로 분자량비는 $A : B = \frac{7}{2} : \frac{4}{1} = 7 : 8$ 이다.

07 기체 반응의 양적 관계

$b > 1$ 이므로 넣어 준 B(g)의 양이 N mol인 지점에서는 B(g)가 모두 소모된다. 이 지점의 양적 관계는 다음과 같다.



㉔. A(g)와 B(g)의 분자량을 각각 $2k$, k 라고 하고, 1 mol의 부피를 V L라고 하면, 반응 전 전체 기체의 밀도와 B(g)를 N mol만큼 넣었을 때 전체 기체의 밀도가 같으므로

$$\frac{N \times 2k}{NV} = \frac{N \times 2k + N \times k}{\left(N + \frac{N}{b}\right)V}$$

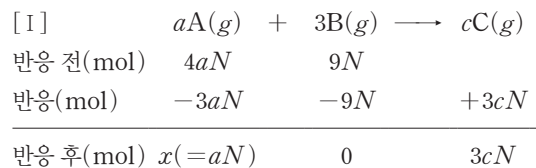
이고, 이를 정리하면 $b = 2$ 이다.

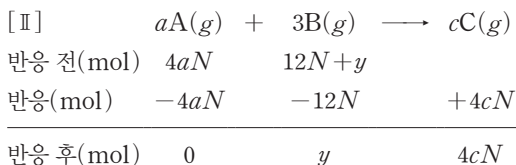
×. 넣어 준 B(g)의 양이 $2N$ mol일 때 A(g)가 모두 소모되므로 $1.5N$ mol일 때 실린더에 들어 있는 기체의 종류는 A(g)와 C(g)로 2가지이다.

㉕. A(g)가 모두 소모된 이후부터 넣어 준 B(g)의 양에 따른 전체 기체의 밀도가 d 보다 감소한다. B(g)를 $2N$ mol 넣어 주었을 때 A(g)가 모두 소모되므로 $3N$ mol을 넣어 주었을 때는 밀도가 d 보다 작다.

08 기체 반응의 양적 관계

(나)에서 생성물의 양(mol)이 다르므로 I과 II에서 모두 반응한 물질이 A(g)일 수는 없고, I과 II에서 모두 반응한 물질이 B(g)라면 생성물의 몰비가 I : II = 3 : 4이므로 B(g) $2w$ g의 양(mol)은 $12N$ 이 되어야 하는데, 반응 전 전체 기체의 몰비가 I : II = 17 : 23이 되기 위해서는 A(g) w g의 양이 음수가 나오므로 모순이다. 따라서 I에서는 B(g)가 모두 반응하고 II에서는 A(g)가 모두 반응하므로 II에서 A(g) w g의 양은 $4aN$ mol이다. I과 II에서 반응 후 남아 있는 반응물의 양(mol)을 각각 x 와 y 라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.





II에서 A(g) w g의 양(mol)이 $4aN$ 이고, (다)에서 반응 후 C(g)만 존재하므로 $x:y=a:3$ 이다. 따라서 $aN:y=a:3$ 이므로 $y=3N$ 이고 B(g) $2w$ g의 양(mol)은 $15N$ 이다. 반응 전 전체 기체의 부피비가 I : II = 17 : 23이므로

$$(4aN+9N) : (4aN+15N) = 17 : 23 \text{에서 } a=2 \text{이다.}$$

(다)에서 꼭지를 열면 남아 있는 A(g) $2N$ mol과 B(g) $3N$ mol이 반응하여 C(g) cN mol이 생성된다. 따라서 생성물의 양(mol)이 $8cN$ 이고 전체 기체의 부피가 $32V$ L이므로 $c=4$ 이다.

$$A(g) \ 2N \text{ mol} \left(= \frac{w}{4} \text{ g} \right) \text{과 } B(g) \ 3N \text{ mol} \left(= \frac{2w}{5} \text{ g} \right) \text{이 반응}$$

$$\text{하면 } C(g) \ 4N \text{ mol} \left(= \frac{13}{20} w \text{ g} \right) \text{이 생성되므로}$$

$$\text{분자량비는 } A(g) : C(g) = \frac{5}{2} : \frac{13}{4} = 10 : 13 \text{이고}$$

$$\frac{a}{c} \times \frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{2}{4} \times \frac{10}{13} = \frac{5}{13} \text{이다.}$$

09 용액의 농도

(가)에서 수용액의 밀도가 1.1 g/mL 이므로 수용액 200 mL 의 질량은 220 g 이고, 용질의 질량 $x = 220 \text{ g} \times \frac{a \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{11}{5} a \text{ g}$ 이다. (나)에서 용질의 양은 $a \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.1a \text{ mol}$ 이고, 화학식량이 40 이므로 용질의 질량 $y = 0.1a \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 4a \text{ g}$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{4a}{\frac{11a}{5}} = \frac{20}{11}$ 이다.

10 용액의 혼합과 몰 농도

(나)에서 만들어진 수용액 200 mL 에는 용질 A가 0.4 g 녹아 있고, 이 중 $x \text{ mL}$ 에 들어 있는 용질의 질량(g)은 $0.4 \times \frac{x}{200}$ 이고, 양(mol)은 $0.4 \times \frac{x}{200} \times \frac{1}{40}$ 이다. $0.1 \text{ M A(aq)} \ 50 \text{ mL}$ 에 들어 있는 용질의 양(mol)은 $0.1 \times 0.05 = 0.005$ 이다. 따라서 (라)에서 만들어진 수용액의 몰 농도는

$$\frac{\left(0.4 \times \frac{x}{200} \times \frac{1}{40}\right) \text{ mol} + 0.005 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.035 \text{ M} \text{이므로}$$

$x=40$ 이다.

11 용액의 농도

0.2 M 포도당 수용액 200 mL 에는 포도당이 0.04 mol 들어 있다. 과정 (나)~(라)에서 만들어진 수용액에서 용질의 양과 수용액의 부피를 나타내면 다음과 같다.

실험 방법	(나)	
	용질의 양(mol)	수용액의 부피(mL)
①	0.06	200
②	0.03	500
③	0.03	450

실험 방법	(다)	
	용질의 양(mol)	수용액의 부피(mL)
②	0.02	500
①	0.03	500
③	0.03	450

실험 방법	(라)	
	용질의 양(mol)	수용액의 부피(mL)
③	0.04	180
①	0.06	180
②	0.03	500

따라서 (나)~(라) 과정 후 만들어진 수용액에서 용질의 양(mol)은 같고 수용액의 부피가 (라) > (나) = (다)이므로 수용액의 몰 농도(M)는 $x=y > z$ 이다.

12 용액의 농도

(가) 105 g 의 부피는 100 mL , 이에 들어 있는 용질의 질량은

$$105 \text{ g} \times \frac{30}{7} \times \frac{1}{100} = \frac{9}{2} \text{ g, 용질의 양은 } \frac{\frac{9}{2} \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = \frac{1}{40} \text{ mol}$$

이다. 따라서 몰 농도는 $\frac{\frac{1}{40} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.25 \text{ M}$ 이다.

0.25 M 포도당 수용액 100 mL 에 들어 있는 용질의 양은

$$0.25 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = \frac{1}{40} \text{ mol} (= 4.5 \text{ g}) \text{이므로}$$

(나)의 몰 농도는 $\frac{\frac{2}{40} \text{ mol}}{0.4 \text{ L}} = 0.125 \text{ M}$ 이다.

(다)의 몰 농도는 $\frac{\frac{18}{180} \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이고 (라)의 몰 농도는

$$\frac{0.1 \text{ mol}}{0.15 \text{ L}} = \frac{2}{3} \text{ M} \text{이다. 따라서 몰 농도(M)는 (라) > (다) > (가)}$$

> (나)이다.

04 원자의 구조

수능 2점 테스트

본문 55~56쪽

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

01 원자와 이온의 구성 입자

이온은 양성자수와 전자 수가 다르다.

- ㉠. (가)와 (나) 중 하나는 이온이므로 ㉡가 양성자라면 (가)와 (나) 모두 이온이므로 조건에 맞지 않는다. 따라서 ㉡가 양성자이다.
- ㉢. (가)와 (나)는 양성자수가 같으므로 원자 번호가 같다.
- ㉣. (나)는 양성자가 2개, 중성자가 2개이므로 원자 번호가 2이고 질량수가 4이며, 전자가 1개이므로 +1가 양이온이다.

02 질량수와 전자 수

질량수는 양성자수와 중성자수의 합이고 원자에서 양성자수와 전자 수는 같다.

- ㄱ. X는 양성자수가 7이고 중성자수가 7이다. Y는 양성자수가 6이고 중성자수가 6이다. X와 Y는 원자 번호가 서로 다르므로 동위 원소가 아니다.
- ㉠. X의 중성자수는 $7(=14-7)$ 이고 Z의 중성자수도 $7(=13-6)$ 이므로 X와 Z의 중성자수는 같다.
- ㉢. $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 의 비는 $X : Y = \frac{7}{7} : \frac{6}{6} = 1 : 1$ 이다.

03 이온의 구성 입자

$\frac{\text{중성자수}}{\text{전자 수}} \times \frac{\text{㉠}}{\text{중성자수}} = \frac{\text{㉠}}{\text{전자 수}}$ 이다.

- ㉠. ㉠이 질량수라면 $\frac{\text{질량수}}{\text{중성자수}} > 1$ 이어야 하고, 이는 모순이므로 ㉠은 질량수가 아니다. 따라서 ㉠은 양성자수이다.
- ㄱ. (가)~(다)의 $\frac{\text{양성자수}}{\text{전자 수}}$ 가 각각 $\frac{9}{10}, \frac{11}{10}, \frac{8}{10}$ 이고 전자 수가 모두 같으므로 전자 수는 10이고 양성자수는 각각 9, 11, 8이다. 따라서 음이온은 (가), (다) 2가지이다.
- ㄱ. (가)는 F^- , (나)는 Na^+ , (다)는 O^{2-} 이므로 (가)~(다) 중 2주기 원소의 이온은 (가), (다) 2가지이다.

04 동위 원소와 질량수

$^1H, ^2H, ^{12}C, ^{13}C$ 로 구성된 CH_4 은 다음과 같다.

분자를 이루는 원자의 수			분자를 이루는 원자의 수		
^{12}C	1H	2H	^{13}C	1H	2H
1	4	0	1	4	0
1	3	1	1	3	1
1	2	2	1	2	2
1	1	3	1	1	3
1	0	4	1	0	4

- ㉠. 중성자수가 ^{13}C 는 7이고, 1H 는 0이므로 $^{13}C^1H_4$ 1개에 들어 있는 중성자수는 7이다.
- ㉢. 분자 1개에 들어 있는 중성자수가 11인 분자는 $^{13}C^2H_4$ 이다.
- ㄱ. $^{12}C^2H_4$ 을 이루는 원자들의 원자량의 합은 20이고, $^{13}C^1H_4$ 을 이루는 원자들의 원자량의 합은 17이므로 분자 1개의 질량은 $^{12}C^2H_4$ 이 $^{13}C^1H_4$ 보다 크다.

05 동위 원소와 평균 원자량

평균 원자량은 각 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 고려하여 계산한다.

- ㉠. Cl의 평균 원자량은 $\frac{35 \times 75 + 37 \times 25}{100} = 35.5$ 이다.
- ㄱ. ^{35}Cl 의 중성자수는 18이고, ^{37}Cl 의 중성자수는 20이므로 $^{35}Cl^{37}Cl$ 1개에 들어 있는 중성자수는 38이다.
- ㉢. 존재 비율이 ^{35}Cl 가 ^{37}Cl 보다 크므로 자연계에 존재하는 Cl_2 중 $^{35}Cl_2$ 의 양(mol)이 $^{37}Cl_2$ 의 양(mol)보다 크다.

06 α 입자 산란 실험

- (가)는 α 입자 산란 실험으로 이 실험을 통해 원자핵을 발견하고 (나)의 원자 모형을 제안하게 되었다.
- ㄱ. X는 전자로 음극선 실험을 통해 발견되었다.
- ㉢. (나)에서 원자 질량의 대부분은 원자핵 Y가 차지한다.
- ㉣. 6C 에서 원자핵의 전하량이 +6이므로 전자 수는 6이다.

07 원자의 구성 입자

- ㄱ. 원자에서 전자 수와 양성자수가 같고 중성자수는 양성자수와 다를 수 있다.
- ㉢. 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 양성자수와 중성자수가 같은 원자는 질량수가 양성자수의 2배이다.
- ㉣. 양성자와 중성자의 질량은 전자의 질량보다 약 2000배 크다.

08 원자와 이온의 구성 입자

3H 의 중성자수는 2이므로 a는 2이고, $^{19}F^-$ 의 질량수는 19, 전자

수는 10이므로 b 는 9이다. ${}^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$ 의 전자 수는 10이므로 c 는 10이다.

㉠. $b-a$ 는 7이므로 X의 양성자수는 7이다.

㉡. ${}_{7}\text{N}$ 에서 양성자수와 중성자수가 같으면 질량수는 14이다. 따라서 $d=14$ 이다.

㉢. $b+c=19$ 이고, Y^+ 의 전자 수는 18이므로 $e=18$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 57~61쪽

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

01 동위 원소와 질량수

(가)에서 ${}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ 의 분자량은 30이고, (나)에서 ${}^{15}\text{N}_2^{18}\text{O}$ 의 분자량은 48이므로 용기에 들어 있는 분자 수비는 (가) : (나) = $\frac{w}{30} : \frac{x}{48}$ 이다. ${}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ 한 분자에 들어 있는 중성자수는 15이고, ${}^{15}\text{N}_2^{18}\text{O}$ 한 분자에 들어 있는 중성자수는 26이므로

$$\frac{\text{(나)에 들어 있는 중성자수}}{\text{(가)에 들어 있는 중성자수}} = \frac{\frac{26x}{48}}{\frac{15w}{30}} = \frac{13}{9} \text{이고, } x = \frac{4}{3}w \text{이다.}$$

02 동위 원소와 존재 비율

㉠. ${}^{37}\text{X}^{79}\text{Y}$ 와 ${}^{35}\text{X}^{81}\text{Y}$ 1 mol의 질량은 116 g으로 같다.

㉡. ${}^{37}\text{X}$ 는 ${}^{35}\text{X}$ 보다 원자량이 크므로 1 g에 들어 있는 원자의 양 (mol)이 더 작다. 따라서 $\frac{1 \text{ g의 } {}^{35}\text{X에 들어 있는 양성자수}}{1 \text{ g의 } {}^{37}\text{X에 들어 있는 양성자수}} > 1$ 이다.

㉢. ${}^{35}\text{X}$ 의 존재 비율이 ${}^{37}\text{X}$ 보다 크므로 XY 1 mol에서

$$\frac{{}^{35}\text{X}^{79}\text{Y의 양(mol)}}{{}^{37}\text{X}^{81}\text{Y의 양(mol)}} > 1 \text{이다.}$$

03 원자의 구성 입자

${}^{18}\text{O}$ 의 양성자수는 8, 중성자수는 10, 질량수는 18이므로

$\frac{{}^{18}\text{O의 } \ominus}{{}^{18}\text{O의 } \oplus} = \frac{9}{5}$ 에서 \oplus 은 중성자수, \ominus 은 질량수임을 알 수 있다.

$\frac{\text{X의 } \oplus}{\text{X의 } \ominus} = \frac{10}{9}$ 에서 X의 원자 번호는 9 또는 18인데 $\frac{\text{Y의 } \ominus}{{}^{18}\text{O의 } \ominus}$

$= \frac{17}{9}$, $\frac{{}^{18}\text{O의 } \ominus}{\text{Y의 } \ominus} = \frac{9}{8}$ 에서 Y의 질량수가 34이고, 양성자수가

16이므로 X의 원자 번호는 18이다.

㉣. \oplus 은 중성자수, \ominus 은 양성자수, $\omin�$ 은 질량수이다.

㉤. X의 양성자수와 Y의 중성자수는 18로 같다.

㉥. X의 양성자수는 18, 중성자수는 20이므로 질량수는 38이다.

04 동위 원소와 평균 원자량

원자량은 질량수가 12인 탄소(C) 원자의 질량에 대한 상대적인 질량으로 나타내며, 평균 원자량은 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 나타낸다.

㉣. 질량수는 양성자수+중성자수이고, 자연수이므로 x 는 39.962가 아니다.

㉤. ${}^{38}\text{Ar}$ 의 원자량이 37.962이므로 ${}^{38}\text{Ar}$ 원자 1개의 질량은 ${}^{12}\text{C}$ 원자 1개의 질량의 $\frac{37.962}{12}$ 배이다.

㉥. 자연계에 존재하는 Ar의 동위 원소는 모두 원자량이 40보다 작으므로 평균 원자량은 40보다 작다.

05 동위 원소와 분자량

(가)에 들어 있는 기체가 ${}^{12}\text{C}^{17}\text{O}^{17}\text{O}$ 라면 (나)에 들어 있는 기체의 밀도는 항상 (가)에 들어 있는 기체보다 크므로 (가)에 들어 있는 기체는 ${}^{12}\text{C}^{17}\text{O}^{17}\text{O}$ 가 아니다. (가)에 들어 있는 기체가 ${}^{12}\text{C}^{17}\text{O}^{18}\text{O}$ 라면 (나)에는 ${}^{13}\text{C}^{17}\text{O}^{17}\text{O}$ 만 들어 있어야 하는데, (나)에는 두 종류의 분자가 존재하므로 (가)에 들어 있는 기체는 ${}^{12}\text{C}^{17}\text{O}^{18}\text{O}$ 가 아니다. 따라서 (가)에 들어 있는 기체는 ${}^{12}\text{C}^{18}\text{O}^{18}\text{O}$ 이고 (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 밀도가 같기 위해서는 (나)에 ${}^{13}\text{C}^{17}\text{O}^{17}\text{O}$ 와 ${}^{13}\text{C}^{18}\text{O}^{18}\text{O}$ 가 같은 양(mol)만큼 들어 있어야 한다.

㉠. (가)에 들어 있는 기체는 ${}^{12}\text{C}^{18}\text{O}^{18}\text{O}$ 이므로 $a=b=18$ 이다.

㉡. (가)의 전체 부피가 V L이고, (나)의 전체 부피는 $2V$ L인데 (나)에서 ${}^{13}\text{C}^{17}\text{O}^{17}\text{O}$ 와 ${}^{13}\text{C}^{18}\text{O}^{18}\text{O}$ 의 양(mol)이 같으므로 ${}^{12}\text{C}^{18}\text{O}^{18}\text{O}$ 와 ${}^{13}\text{C}^{17}\text{O}^{17}\text{O}$ 의 양(mol)은 같다.

㉢. (가)에서 기체의 양(mol)을 N 이라고 하면 (가)에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 $26N$ 이고 (나)에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 $52N$ 이므로 실린더에 들어 있는 기체의 중성자의 양(mol)은 (나)에서 (가)에서의 2배이다.

06 원자의 구성 입자

i) (가)가 질량수, (나)가 중성자수인 경우

X에서 $b > 7$ 이므로 Y에서 b 는 8 또는 9이다. $b=8$ 이면 X에서 $c=0$ 이고, Y에서 $a=10$ 이므로 Z의 양성자수가 10이어야 하는데 원자 번호가 연속이라는 조건에 부합하지 않는다. $b=9$ 이면 X에서 $c=1$ 이고 Y에서 $a=12$ 이므로 Z의 양성자수가 11이므로 조건에 부합하지 않는다.

ii) (가)가 중성자수, (나)가 질량수인 경우

X에서 $7+b=c+1$ 이고 Y에서 $a+b=c+2$ 이므로 $a=8$ 이다. Y의 양성자수(b)로 가능한 값은 5, 6, 8, 9인데 Z의 양성자수를 x 라고 하면 $b+a=c+2$ 와 $x+8=c$ 에서 $x=b-2$ 이다. 원자 번호가 연속인 조건을 만족하는 b 는 8이고 $x=6$ 이다.

- ㉠. (가)는 중성자수, (나)는 질량수이다.
- ㉡. 원자 번호는 X가 7, Y가 8, Z가 6이므로 Y가 가장 크다.
- ㉢. $a=8, b=8, c=14$ 이므로 $a+b+c=30$ 이다.

07 동위 원소와 분자량

(가)에서 반응 후 생성된 $\text{HCl}(g)$ 의 종류가 1가지이므로 (가)의 Cl_2 는 $^{35}\text{Cl}^{35}\text{Cl}$ 또는 $^{37}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 이다. (가)와 (나)의 전체 질량은 같고 $d_1 > d_2$ 이므로 전체 기체의 부피는 (나) > (가)이다. 따라서 Cl_2 의 양(mol)은 (나) > (가)이고 (가)의 Cl_2 는 (나)의 Cl_2 보다 분자 1개의 질량이 커야 하므로 (가)의 Cl_2 는 $^{37}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 이고, $a=37$ 이다.

㉠. 화학 반응식에서 반응물의 계수의 합과 생성물의 계수의 합이 같으므로 반응 전후에 기체 부피는 변하지 않고, 질량도 변하지 않으므로 반응 전 (가)의 밀도는 d_1 이고, (나)의 밀도는 d_2 이다. 따라서 반응 전 기체의 밀도는 (가) > (나)이다.

㉡. $a=37$ 이고, $b=35$ 이므로 분자 1개의 질량은 $^1\text{H}^a\text{Cl}$ 이 $^1\text{H}^b\text{Cl}$ 보다 크다.

㉢. (가)의 ^{37}Cl 원자의 수가 (나)의 ^{37}Cl 원자의 수의 2배보다 작으므로 $^1\text{H}^{37}\text{Cl}$ 의 양(mol)도 (가)에서가 (나)에서의 2배보다 작다.

08 동위 원소와 중성자수

(가)와 (나)에 들어 있는 분자 수의 비가 3 : 4이고, (가)와 (나)에 들어 있는 중성자수가 같으므로 (가)와 (나)의 NH_3 분자에 들어 있는 중성자수의 비는 4 : 3이어야 한다. NH_3 의 중성자수로 가능한 값은 $^{14}\text{N}^1\text{H}^1\text{H}^1\text{H}$ 의 7부터 $^{15}\text{N}^3\text{H}^3\text{H}^3\text{H}$ 의 14까지이고 중성자수비가 4 : 3이어야 하므로 (가)에 들어 있는 NH_3 분자의 중성자수는 12, (나)에 들어 있는 NH_3 분자의 중성자수는 9이다. 따라서 $c=15$ 이다. $^{15}\text{N}^a\text{H}^b\text{H}^b\text{H}$ 에서 중성자수가 12가 되는 경우는 $a=1, b=3$ 또는 $a=3, b=2$ 인데, $^{14}\text{N}^a\text{H}^a\text{H}^b\text{H}$ 에서 중성자수가 12가 되려면 $a=3, b=2$ 이다.

㉡. $a=3$ 이다.

㉢. (나)에 들어 있는 기체의 중성자의 양은 $9 \times 0.4 = 3.6$ mol이다.

㉣. (가)에서 $^{14}\text{N}^3\text{H}^3\text{H}^2\text{H}$ 와 $^{15}\text{N}^3\text{H}^3\text{H}^2\text{H}$ 의 분자량은 각각 22이고, (나)에서 $^{15}\text{N}^1\text{H}^1\text{H}^2\text{H}$ 의 분자량은 19이다. 따라서 기체의 질량비는 (가) : (나) = 22×0.3 : $19 \times 0.4 = 33$: 38이고, 부피비는 (가) : (나) = 3 : 4이므로 밀도비는 (가) : (나) = 22 : 19이다.

09 원자와 이온의 구성 입자

(가)가 양성자수이거나 전자 수라면 ^{21}W 에서 양성자수와 전자 수가 같아야 하는데 (나) 또는 (다)가 11이어야 하므로 모순이다. 따라서 (가)는 중성자수이다. (가)가 중성자수이고 (나)가 전자 수이면 $^{23}\text{X}^+$ 에서 (가)가 11이어야 하므로 역시 모순이다. 따라서 (가)

는 중성자수, (나)는 양성자수, (다)는 전자 수이다. ^{21}W 에서 양성자수는 질량수 - 중성자수이므로 $10 (= 21 - 11)$ 이고, 전자 수도 10이다. $^{23}\text{X}^+$ 에서 전자수는 10이고, 중성자수는 12이다. Y^- 에서 양성자수가 9이므로 전자 수는 10이다. Z에서 (나)와 (다)가 같아야 하므로 (나)와 (다)는 각각 12이고, Y^- 의 (가)는 10이다.

㉡. (가)는 중성자수이다.

㉢. ^{21}W 는 양성자수가 10이므로 ^{21}Ne 이고 2주기 원소이다.

㉣. Z의 양성자수와 중성자수는 각각 12이므로 질량수는 24이다.

10 동위 원소와 평균 원자량

㉠이 중성자수, ㉡이 양성자수이면 (라)와 (마)는 원자 번호가 같으므로 (라)는 (마)의 동위 원소이고 (라) 원소의 평균 원자량은 80.5가 되어야 하는데, 문제의 조건과 맞지 않으므로 모순이다. 따라서 ㉠은 양성자수이고 ㉡은 중성자수이다.

㉢. ㉠은 양성자수이다.

㉣. (다)가 (라)의 동위 원소이면 (라) 원소의 평균 원자량이 79.5이고, (라)가 (마)의 동위 원소이면 (라) 원소의 평균 원자량이 80.5이므로 문제의 조건과 맞지 않다. 따라서 (다)는 (마)의 동위 원소이다.

㉤. $a=b+4$ 이고, $a=81-46=35$ 이므로 $b=31$ 이다. (가)에서 중성자수는 $a+3=38$ 이므로 양성자수는 31이다. 따라서 (가)는 (나)의 동위 원소이고 (가) 원소의 평균 원자량은 $69 \times 0.6 + 71 \times 0.4$ 이므로 70보다 작다.

05 현대적 원자 모형과 전자 배치

수능 2점 테스트

본문 70~72쪽

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

01 수소 원자의 오비탈과 양자수

- ㉠ 주 양자수와 관계없이 모든 p 오비탈의 방위(부) 양자수는 1로 같다.
 ✕ 수소 원자에서는 방위(부) 양자수와 관계없이 주 양자수가 같으면 오비탈의 에너지 준위가 같다.
 ㉡ 주 양자수와 관계없이 s 오비탈의 자기 양자수는 0으로 같다.

02 수소 원자의 오비탈과 양자수

수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 $2p_x < 3s = 3p_y$ 인데, 에너지 준위가 (나) > (가)이므로 (가)는 $2p_x$ 오비탈이다. 표는 $2p_x$, $3s$, $3p_y$ 오비탈의 양자수에 대한 자료이다.

오비탈	$2p_x$	$3s$	$3p_y$
n	2	3	3
l	1	0	1
$n+l$	3	3	4

(가)는 $2p_x$ 오비탈이고, l 는 (나) > (다)이므로 (나)와 (다)는 각각 $3p_y$, $3s$ 오비탈이다.

- ㉢ (나)는 $3p_y$ 오비탈이므로 $n=3$ 이다.
 ㉣ (다)는 $3s$ 오비탈이므로 모양이 구형이다.
 ㉤ $2p_x$ 와 $3s$ 오비탈의 $n+l$ 는 모두 3으로 같다.

03 원자의 전자 배치

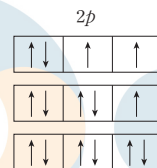
- ✕ (가)는 에너지 준위가 더 낮은 $2s$ 오비탈에 전자를 다 채우지 않고 에너지 준위가 더 높은 $2p$ 오비탈에 전자를 채웠으므로 쌍음 원리를 만족하지 않는다.
 ㉢ (나)는 에너지 준위가 같은 $2p$ 오비탈에 홀전자 수가 최대가 되도록 전자가 배치되었으므로 훈트 규칙을 만족한다.
 ㉣ $2s$ 오비탈에 스핀 자기 양자수가 같은 2개의 전자가 들어 있는 (다)만 파울리 배타 원리를 위배한 전자 배치이다.

04 다전자 원자의 오비탈과 양자수

- ㉠과 ㉡이 들어 있는 오비탈은 n, l, m_l 가 모두 같으므로 ㉠과 ㉡은 같은 오비탈에 들어 있는 전자이고, 이 오비탈은 $n=2, l=1$ 이므로 3가지 $2p$ 오비탈 중 하나이다.

㉢ 2주기 원자에서 $l=0$ 인 오비탈은 $1s$ 와 $2s$ 오비탈이다. X는 $2p$ 오비탈에 전자가 들어 있으므로 $1s$ 와 $2s$ 오비탈에 각각 2개의 전자가 들어 있다. 따라서 $l=0$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4이다.

✕ X는 3가지 $2p$ 오비탈 중 하나에 전자가 2개 들어 있으므로 $2p$ 오비탈의 전자 배치는 다음 중 하나이다.



따라서 가능한 홀전자 수는 0~2이다.

㉣ X의 원자 번호는 8~10 중 하나이므로 7보다 크다.

05 수소 원자의 오비탈과 양자수

모양이 구형인 (가)와 (나)는 s 오비탈이고, 아령 모양인 (다)는 p 오비탈이다. n 가 3 이하이므로 (다)는 $2p$ 또는 $3p$ 오비탈이고, 에너지 준위가 (가)와 (다)가 같으므로 (가)는 $2s$ 또는 $3s$ 오비탈이다. 오비탈의 크기가 (나) > (가)이므로 (가)는 $2s$ 오비탈이고, (나)는 $3s$ 오비탈이다. 따라서 (다)는 $2p$ 오비탈이다.

✕ (가)는 $2s$ 오비탈이므로 $n=2$ 이다.

✕ 오비탈의 에너지 준위는 $3s > 2p$ 이므로 (나) > (다)이다.

㉢ $n+l$ 는 (나)가 $3(=3+0)$ 이고, (다)가 $3(=2+1)$ 이므로 (나)와 (다)가 같다.

06 다전자 원자의 오비탈과 양자수

X는 $n+l+m_l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 3이므로 $n=2, l=1, m_l=0$ 인 1개의 $2p$ 오비탈에 2개, $n=3, l=0, m_l=0$ 인 $3s$ 오비탈에 1개의 전자가 들어 있다.

㉢ X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로 X는 Na이다.

㉣ 전자가 2개 들어 있고, $n+l=3$ 인 오비탈은 $n=2, l=1$ 인 3개의 $2p$ 오비탈이다.

㉤ $l+m_l=1$ 인 오비탈은 $l=1, m_l=0$ 인 $2p$ 오비탈이므로 이 오비탈에 들어 있는 전자 수는 2이다.

07 이온의 전자 배치

X의 양이온인 X^{m+} 과 Y의 음이온인 Y^{n-} 이 Ne의 전자 배치를 가지므로 X는 3주기, Y는 2주기 원소이다. $m+n=3$ 이므로 X^{m+} 과 Y^{n-} 은 각각 Na^+ 과 O^{2-} 이거나 Mg^{2+} 과 F^- 이다.

✕ X는 3주기 원소이다.

㉢ X와 Y는 각각 Na과 O이거나 Mg과 F인데 두 경우 모두 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 3으로 X와 Y가 같다.

㉣ X와 Y는 각각 Na과 O이거나 Mg과 F인데 두 경우 모두 홀전자 수는 Y가 X보다 1만큼 크다. 따라서 X와 Y의 홀전자 수 차는 1이다.

08 다전자 원자의 오비탈과 양자수

바닥상태의 칼륨(K) 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ 이다. (나)와 (다)는 $l=0$ 이므로 s 오비탈이다. (가)와 (나)는 n 가 같고 l 가 다르므로 각각 $2p$, $2s$ 오비탈이거나 $3p$, $3s$ 오비탈이다. 또한 n 는 (다)가 (나)의 2배이므로 (나)와 (다)의 n 는 각각 2와 4이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 $2p$, $2s$, $4s$ 오비탈이다.

✗. (다)는 $4s$ 오비탈이므로 $n=4$ 이다.

○. (가)의 $l=1$ 이므로 $a=1$ 이고, (나)의 $n=2$ 이므로 $b=2$ 이다. 따라서 $a+b=3$ 이다.

✗. 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 $2s < 2p < 4s$ 이므로 (다) > (가) > (나)이다.

09 원자와 이온의 전자 배치와 오비탈의 양자수

Na의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로 $m=2$ 이다. 따라서 X는 $1s^2 2s^2 2p^2$, Y^{2+} 은 $1s^2 2s^2 2p^6$ 의 전자 배치를 갖는다.

○. $m=2$ 이다.

○. 홀전자 수는 X와 Y가 각각 2, 0이므로 $X > Y$ 이다.

○. 전자가 1개 들어 있는 오비탈은 X와 Na에서 각각 $2p$, $3s$ 오비탈이므로 $n+l$ 는 3으로 같다.

10 다전자 원자의 전자 배치

홀전자 수가 $W > X > Y > Z$ 이므로 $W \sim Z$ 의 홀전자 수는 각각 3, 2, 1, 0이다. 따라서 W는 N, X는 C 또는 O, Y는 Li 또는 B 또는 F, Z는 Be 또는 Ne이다. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 $Z > Y > X > W$ 이고, W(N)에서 2이므로 Z, Y, X에서 각각 5, 4, 3이다. 따라서 X는 O, Y는 F, Z는 Ne이다. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 N, O, F, Ne이 모두 5이므로 $W \sim Z$ 가 모두 같다.

11 다전자 원자의 오비탈과 양자수

$n+l=3$ 인 오비탈은 $2p$ 와 $3s$ 오비탈이고, $n+l=4$ 인 오비탈은 $3p$ 와 $4s$ 오비탈이다. X는 $n+l=4$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 1이므로 $3p^1$ 까지 전자가 채워져 있는 Al이고, Y는 $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 6이므로 $2p^6$ 까지 전자가 채워져 있는 Ne이며, Z는 $n+l=4$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 7이므로 $3p^6 4s^1$ 까지 전자가 채워져 있는 K이다.

○. X(Al)는 13족 원소이다.

○. Y(Ne)는 2주기 원소이다.

○. Al은 $n+l=3$ 인 오비탈인 $2p$ 와 $3s$ 오비탈에 각각 6개와 2개의 전자가 들어 있으므로 $a=8$ 이고, Ne은 $n+l=4$ 인 오비탈인 $3p$ 와 $4s$ 오비탈에 전자가 들어 있지 않으므로 $b=0$ 이며, K은 $n+l=3$ 인 오비탈인 $2p$ 와 $3s$ 오비탈에 각각 6개와 2개의 전자가 들어 있으므로 $c=8$ 이다. 따라서 $a+b+c=16$ 이다.

12 원자의 전자 배치

2주기 바닥상태 원자에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수(㉠)와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수(㉡)는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
㉠	3	4	4	4	4	4	4	4
㉡	0	0	1	2	3	4	5	6
$\frac{㉡}{㉠}$	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{4}$

$\frac{㉡}{㉠}$ 의 비가 $X : Y : Z = 1 : 2 : 3$ 인 $X \sim Z$ 는 각각 B, C, N이

거나 각각 C, O, Ne이다. $\frac{㉡}{㉠} > 1$ 인 원자는 F와 Ne이므로 Z는

Ne이고, X와 Y는 각각 C와 O이다. 따라서 $X \sim Z$ 의 홀전자 수의 합은 $4 (= 2 + 2 + 0)$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 73~78쪽

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

01 이온의 전자 배치

X와 Y의 원자 번호는 20 이하이고, X^{2+} 과 Y^{2-} 의 $3s$ 오비탈에 전자가 2개 들어 있으므로 X^{2+} 과 Y^{2-} 은 Ar의 전자 배치 ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$)를 갖는다. 따라서 X는 Ca이고, Y는 S이다.

○. X는 Ca이므로 4주기 원소이다.

✗. Ca의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ 이고, S의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이다. Ca과 S의 홀전자 수는 각각 0, 2이므로 홀전자 수는 Y(S)가 X(Ca)보다 2만큼 크다.

✗. 전자가 2개 들어 있는 오비탈은 X(Ca)가 Y(S)보다 $3p$ 오비탈 2개와 $4s$ 오비탈 1개가 더 많다. 따라서 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 X가 Y보다 3만큼 크다.

02 다전자 원자의 오비탈과 양자수

오비탈의 $n+l$ 는 $3p > 3s = 2p > 2s$ 이고, 오비탈의 $n-l$ 는 $3s > 3p = 2s > 2p = 1s$ 이다. 2, 3주기 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n+l$ 가 가장 큰 오비탈에 들어 있는 전자 수가 1인 X와 Y는 각각 Al, B, Li 중 하나이다. 또한 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n-l$ 가 가장 큰 오비탈에 들어 있는 전자 수가 1인 Y와 Z는 각각 Na과 Li 중 하나이다. 따라서 Y는 Li, Z는 Na, 전자가 들어 있는 오비탈 수가 $X > Z$ 이므로 X는 Al이다.

✕. Z는 Na이다.

Ⓒ. $l=1$ 인 오비탈에 전자가 들어 있는 원자는 X와 Z 2가지이다.

Ⓓ. X(Al)와 Y(Li) 모두 홀전자 수는 1이다.

03 원자의 전자 배치

원자 번호가 20 이하이고, p 오비탈에 들어 있는 전자 수에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수를 뺀 값이 2인 원자는 Ne과 Si이다. 홀전자 수는 $O > F$ 이고, $Mg < Al$ 이므로 $X \sim Z$ 는 각각 Mg, Al, Si이다.

Ⓒ. $X \sim Z$ 는 각각 Mg, Al, Si이므로 모두 3주기 원소이다.

✕. Z(Si)의 홀전자 수는 2이다.

Ⓓ. Y(Al)의 경우, p 오비탈에 들어 있는 전자 수에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수를 뺀 값은 $1(=7-6)$ 이다.

04 원자의 전자 배치

X는 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수가 2이고, 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수가 3인 원자이므로 Ne 또는 Na이다. Y는 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수가 1이고, 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수가 0인 원자이므로 He 또는 Li이다. Z는 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수가 2이고, 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수가 2인 원자이므로 F이다. 홀전자 수는 Ne과 Na은 각각 0과 1이고, He과 Li은 각각 0과 1이며, F은 1인데 $X < Y = Z$ 이므로 $X \sim Z$ 는 각각 Ne, Li, F이다.

✕. 2주기 원소는 3가지이다.

Ⓒ. Li, F의 원자가 전자 수는 각각 1, 7이므로 $Z > Y$ 이다.

Ⓓ. Ne과 F에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈 수는 각각 0, 1이므로 Z가 X보다 1만큼 크다.

05 다전자 원자의 오비탈과 양자수

다음은 원자 번호가 20 이하인 1족과 17족 원자의 전자 배치에 대한 자료이다.

원자	H	Li	F	Na	Cl	K
전자가 1개 들어 있는 오비탈의 $n+l$	1	2	3	3	4	4
전자가 들어 있는 오비탈 수	1	2	5	6	9	10

전자가 1개 들어 있는 오비탈의 $n+l$ 는 $X=Y < Z$ 이므로 X와 Y는 각각 F과 Na 중 하나이고, Z는 Cl과 K 중 하나이다. X와 Z에서 전자가 들어 있는 오비탈 수의 차는 3이므로 X는 Na이고, Z는 Cl이다. 따라서 Y는 F이다.

✕. Z(Cl)에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈은 $3p$ 오비탈이므로 $n+l=4(=3+1)$ 이다.

Ⓒ. X(Na)와 Z(Cl)는 모두 3주기 원소이다.

Ⓓ. Y(F)와 Z(Cl)는 모두 17족 원소로서 원자가 전자 수가 7로 같다.

06 원자의 전자 배치

Y에서 전자가 1개 들어 있는 s 오비탈 수가 2일 수 없으므로 Ⓒ은 p 오비탈이다. 따라서 Ⓓ은 s 오비탈이다. X에서 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수는 2이고, 전자가 1개 들어 있는 s 오비탈 수는 1이므로 X는 Na이다. Y에서 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수는 1이고, 전자가 1개 들어 있는 p 오비탈 수는 2이므로 Y는 O이다. Z에서 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수는 1이고, 전자가 1개 들어 있는 s 오비탈 수는 0이므로 Z는 He이다.

Ⓒ. 홀전자 수는 Na, O, He이 각각 1, 2, 0이므로 $Y(O) > X(Na) > Z(He)$ 이다.

Ⓓ. $X \sim Z$ 중 2주기 원소는 Y(O) 1가지이다.

✕. X(Na), Y(O), Z(He)의 원자 번호는 각각 11, 8, 2이므로 원자 번호의 합은 21이다.

07 다전자 원자의 오비탈과 양자수

홀전자 수가 1인 $X \sim Z$ 는 각각 1족, 13족, 17족 원소인 Li, B, F, Na, Al, Cl 중 하나이다.

원자	Li	B	F	Na	Al	Cl
원자 번호	3	5	9	11	13	17
원자가 전자 수	1	3	7	1	3	7

원자 번호가 X가 Y보다 2만큼 크므로 X는 B, Y는 Li이거나 X는 Na, Y는 F이거나, X는 Al, Y는 Na이다. 원자가 전자 수가 X보다 2만큼 큰 Z가 위의 6가지 원자 중에 있어야 하므로 X는 Na, Y는 F, Z는 B 또는 Al이다. 원자 번호가 Z가 X보다 크므로 Z는 Al이다.

✕. 2주기 원소는 F 1가지이다.

Ⓒ. F과 Al의 원자가 전자 수는 각각 7, 3이므로 Y(F)와 Z(Al)의 원자가 전자 수 차는 4이다.

Ⓓ. Na과 F에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈은 각각 $3s$, $2p$ 오비탈이므로 주 양자수와 방위(부) 양자수의 합은 X(Na)와 Y(F)가 3으로 같다.

08 원자의 전자 배치

원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수가 $W=Z > X=Y$ 이므로 W와 Z는 3주기, X와 Y는 2주기 원소이다.

홀전자 수는 $Y > X > W > Z$ 이므로 Y, X, W, Z의 홀전자 수는 각각 3, 2, 1, 0이다. Y는 홀전자 수가 3이므로 15족이고, X는 홀전자 수가 2이므로 14족이거나 16족인데 원자가 전자 수가 $X > Y$ 이므로 16족 원소이다. X와 Y는 2주기 원소이므로 각각 O와 N이다. W는 홀전자 수가 1이므로 1족이거나 13족이거나 17족인데 원자가 전자 수가 $W > X$ 이므로 17족 원소이다. W는 3주기 원소이므로 Cl이다. Z는 홀전자 수가 0이므로 2족 원소이고 3주기 원소이므로 Mg이다.

- ㉠ 원자 번호는 W(Cl)가 17로 가장 크다.
- ㉡ 원자가 전자 수는 17족인 W(Cl)가 15족인 Y(N)보다 2만큼 크다.
- ㉢ 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 X(O)와 Z(Mg)가 3으로 같다.

09 다전자 원자의 오비탈과 양자수

(가)~(라)에 해당하는 바닥상태 원자의 전자 배치에서 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $n+l$ 는 각각 1, 3, 4, 4이다.

주기	족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	(가)								
2									
3									
4	(라)								

가능한 $n+l$ 의 차는 3, 2, 1, 0이므로 $a=3, b=2, c=1, d=0$ 이다. X와 Z에서 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $n+l$ 의 차이가 0이므로 X와 Z는 각각 (다)와 (라) 중 하나에 해당하는 원자이고, 홀전자가 들어 있는 오비탈의 l 는 $X > Z$ 이므로 X는 (다), Z는 (라)에 해당하는 원자이다. Y와 Z에서 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $n+l$ 의 차이가 1이므로 Y는 (나)에 해당하는 원자이다. W와 Y에서 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $n+l$ 의 차이가 2이므로 W는 (가)에 해당하는 원자이다.

- ✕ X는 3주기 원소이고, Y는 2주기 원소이므로 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수는 $X > Y$ 이다.
- ㉠ W와 X에서 홀전자가 들어 있는 오비탈은 각각 $1s, 3p$ 오비탈이므로 홀전자가 들어 있는 오비탈의 l 는 $X > W$ 이다.
- ✕ W와 Z에서 홀전자가 들어 있는 오비탈은 각각 $1s, 4s$ 오비탈이므로 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $n+l$ 의 차는 3이다.

10 다전자 원자의 오비탈과 양자수

원자 번호는 Z가 Y보다 8만큼 크므로 Y는 2주기, Z는 3주기이고, Y와 Z는 같은 족 원소이다. 2, 3주기 원자에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈의 $n-l$ 는 1, 2, 3이 가능한데, $Z > Y > X$ 이므로 $X \sim Z$ 에서 각각 1, 2, 3이다. Z에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈의 $n-l$ 가 3이므로 전자가 1개 들어 있는 오비탈은 $3s$ 오비탈이다. 따라서 Z는 Na이고, Y와 Z는 같은 족 원소이므로 Y는 Li이다. X에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈의 $n-l$ 가 1이므로 전자가 1개 들어 있는 오비탈은 $2p$ 오비탈이고, 원자가 전자 수는 X가 Z(Na)보다 2만큼 크므로 X는 B이다.

- ㉠ Y에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈은 $2s$ 오비탈이므로 $n-l=2$ 이다.
- ✕ X에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈은 $2p$ 오비탈이므로 X는 2주기 원소이다.

- ㉡ Z에서 전자가 1개 들어 있는 오비탈은 $3s$ 오비탈이므로 Z는 Na이다.

11 다전자 원자의 오비탈과 양자수

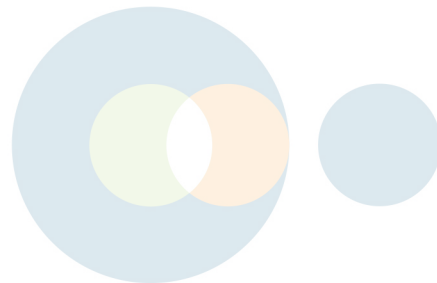
㉠이 s 오비탈, ㉡이 p 오비탈이라면 Y에서 오비탈에 들어 있는 전자 수비가 s 오비탈 : p 오비탈 = 3 : 2인 원자가 없으므로 ㉠은 p 오비탈, ㉡은 s 오비탈이다. X에서 오비탈에 들어 있는 전자 수비가 s 오비탈 : p 오비탈 = 1 : 2이므로 X는 Ar이다. Y에서 오비탈에 들어 있는 전자 수비가 s 오비탈 : p 오비탈 = 2 : 3이므로 Y는 Ne, P, Ca 중 하나이다. 전자가 들어 있는 오비탈의 $n-l$ 중 가장 큰 값은 Ar, Ne, P, Ca이 각각 3, 2, 3, 4인데 $Y > X$ (Ar)이므로 Y는 Ca이다.

- ✕ ㉠은 p 오비탈이다.
- ✕ Y는 4주기 원소이다.
- ㉢ p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X(Ar)와 Y(Ca) 모두 12로 같다.

12 다전자 원자의 오비탈과 양자수

원자 번호가 18 이하인 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈의 $n-l$ 는 $1s, 2s, 2p, 3s, 3p$ 오비탈 각각 1, 2, 1, 3, 2이다. $n-l$ 는 ㉠이 ㉡보다 2만큼 크므로 ㉠은 $3s$ 오비탈이고, ㉡은 $1s$ 또는 $2p$ 오비탈이다. ㉠과 ㉡은 각각 X와 Y에서 전자가 들어 있고 $n+l$ 가 가장 큰 오비탈이며, 원자 번호는 Y가 X보다 1만큼 크므로 ㉠은 Na의 $3s$ 오비탈이고, ㉡은 Mg의 $2p$ 오비탈이다.

- ✕ X(Na)와 Y(Mg)는 모두 3주기 원소이다.
- ㉠ $n-l$ 는 ㉠이 ㉡보다 2만큼 크므로 ㉠은 X(Na)의 $3s$, ㉡은 Y(Mg)의 $2p$ 오비탈이다. 바닥상태에서 Na의 $3s$ 오비탈에 들어 있는 전자 수는 1이다.
- ㉢ ㉡은 Y(Mg)의 $2p$ 오비탈이므로 ㉡의 $n-l=1$ 이다.



06 원소의 주기적 성질

수능 2점 테스트

본문 87~89쪽

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

01 주기율표와 원소의 주기적 성질

탄산수소 나트륨(NaHCO_3)의 구성 원소는 Na, H, C, O이다.

- Ⓐ. 2주기 원소는 C와 O이므로 2가지이다.
 Ⓑ. Na, H, C, O의 원자가 전자 수는 각각 1, 1, 4, 6이므로 원자가 전자 수가 1인 원소는 2가지이다.
 Ⓒ. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 원자 반지름이 가장 큰 원소는 Na이다.

02 주기율표와 원소의 주기적 성질

- Ⓐ. X에서 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수가 2이므로 X는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 의 전자 배치를 갖는 F이다.
 Ⓑ. X는 2주기 17족 원소이므로 $m=2$, $n=16$ 이다. 따라서 $m+n=18$ 이다.
 ✕. Y는 3주기 16족 원소이므로 S이다. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 $Y(S) > X(F)$ 이다.

03 주기율표와 원소의 주기적 성질

- ✕. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 W~Z 중 원자 반지름은 Y가 가장 크다.
 Ⓒ. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 $X > W$ 이다.
 ✕. 제1 이온화 에너지는 $Z > Y$ 이지만 제2 이온화 에너지는 Y의 경우, Z와 달리 안쪽 전자 껍질에서 전자를 떼어 내야 하므로 $Y > Z$ 이다. 따라서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 $Y > Z$ 이다.

04 주기율표와 원소의 주기적 성질

빛금 친 부분에 해당하는 원소는 Li, F, Na, S이다. 원자 반지름이 $W > X > Y > Z$ 이므로 W는 Na, Z는 F이다. 제2 이온화 에너지(E_2)의 경우, Li은 안쪽 전자 껍질에서 전자를 떼어 내야 하

므로 제1 이온화 에너지(E_1)에 비해 E_2 가 매우 크다. $\frac{E_2}{E_1}$ 는 $X > Y$ 이므로 X는 Li, Y는 S이다.

- Ⓐ. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 $Z(F) > X(Li)$ 이다.
 ✕. 제1 이온화 에너지는 $Z(F) > W(Na)$ 이다.
 Ⓑ. E_2 의 경우, Na은 안쪽 전자 껍질에서 전자를 떼어 내야 하므로 제1 이온화 에너지(E_1)에 비해 제2 이온화 에너지(E_2)가 매우 크다. 따라서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 $W(Na) > Y(S)$ 이다.

05 순차 이온화 에너지

- X~Z는 차례대로 원자 번호가 2씩 증가하는 2주기 원소이다. 원자 번호가 연속이면 원자 번호가 증가해도 제1 이온화 에너지(E_1)가 감소하는 원소가 있지만 원자 번호가 2씩 증가하면 원자 번호가 증가할수록 E_1 는 증가한다. 그러나 제2 이온화 에너지(E_2)는 원자 번호가 2 증가하여도 오히려 감소하는 경우가 하나 있다. E_2 의 경우, Li은 안쪽 전자 껍질에서 전자를 떼어 내야 하므로 오히려 B보다 E_2 가 크다. 따라서 X는 Li, Y는 B, Z는 N이다.
 ✕. X는 Li이므로 원자가 전자 수(a)는 1이다.
 Ⓒ. E_1 는 원자 번호가 2씩 증가하면 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 $Z(N) > Y(B) > X(Li)$ 이다.
 Ⓓ. E_2 의 경우, Li은 N와 달리 안쪽 전자 껍질에서 전자를 떼어 내야 하므로 $X(Li) > Z(N)$ 이다.

06 원소의 주기적 성질

- X~Z는 각각 원자가 전자 수가 2, 3, 4이므로 각각 2족, 13족, 14족 원소이다. X와 Y가 같은 주기 원소이면 제1 이온화 에너지는 $X > Y$ 이어야 하므로 X와 Y는 서로 다른 주기의 원소이고, 오히려 제1 이온화 에너지가 $X < Y$ 이므로 X는 3주기 2족인 Mg이고, Y는 2주기 13족인 B이다. Y와 Z가 같은 주기 원소이면 제1 이온화 에너지는 $Z > Y$ 이어야 하므로 Z와 Y는 서로 다른 주기 원소이다. 따라서 Z는 3주기 14족 원소인 Si이다.
 Ⓐ. X(Mg)와 Z(Si)는 모두 3주기 원소이므로 같은 주기 원소이다.
 Ⓑ. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 원자 반지름은 $X(Mg) > Y(B)$ 이다.
 Ⓒ. 제3 이온화 에너지는 Mg의 경우, 안쪽 전자 껍질에서 전자를 떼어 내야 하므로 $X(Mg) > Z(Si)$ 이다.

07 양자수와 원소의 주기적 성질

원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에

서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 $Na > Li > F$, $Na > Cl > F$ 이다. 원자 반지름은 $W > X > Y$ 이므로 W 와 X 는 F 일 수 없고, X 와 Y 는 Na 일 수 없다. 또한 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수는 $X > W$ 이므로 W 는 Li 이거나 F 이고, X 는 Na 이거나 Cl 이다. 따라서 W 는 Li , X 는 Cl 이다. 원자 반지름은 $Na > Li > F$ 인데 $W(Li) > Y$ 이므로 Y 는 F , Z 는 Na 이다. \times . Y 는 F 이다.

㉠. 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수는 $X(Cl)$ 와 $Z(Na)$ 가 3으로 같다.

㉡. 등전자 이온의 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 바닥 상태에서 Ne 의 전자 배치를 갖는 이온의 이온 반지름은 $Y(F) > Z(Na)$ 이다.

08 원소의 주기적 성질

2주기에서 원자가 전자 수는 작는데 제1 이온화 에너지가 큰 경우는 2족(Be)과 13족(B), 15족(N)과 16족(O) 사이에서만 존재하므로 X 와 Y 는 각각 Be 과 B 이거나 각각 N 와 O 이다. 홀전자 수는 $X > Y$ 이므로 X 는 N , Y 는 O 이다.

따라서 $\frac{X \text{의 원자가 전자 수}}{Y \text{의 원자가 전자 수}} = \frac{5}{6}$ 이다.

09 원소의 주기적 성질

제1 이온화 에너지(E_1)는 $Be > Mg > Na$ 이다. E_1 가 $X > Y$ 이므로 X 는 Na 일 수 없다. X 가 Mg 이라면 Y 는 Na , Z 는 Be 인데 제2 이온화 에너지(E_2)는 $Y(Na) > X(Mg)$ 이므로 자료에 부합하지 않는다. 따라서 X 는 Be 이다. E_1 는 $Mg > Na$ 이고, E_2 는 $Na > Mg$ 이므로 $E_2 - E_1$ 는 $Na > Mg$ 이다. 따라서 Y 는 Mg , Z 는 Na 이다.

㉠. 원자가 전자 수는 Be 과 Na 이 각각 2와 1이므로 $X(Be) > Z(Na)$ 이다.

\times . 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 $Y(Mg) > X(Be)$ 이다.

\times . 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 $Y(Mg) > Z(Na)$ 이다.

10 원소의 주기적 성질

제1 이온화 에너지(E_1)는 $Y > Z$ 이다. 같은 주기에서 원자 번호는 작는데 E_1 가 큰 경우는 2족(Be)과 13족(B), 15족(N)과 16족(O) 사이에서만 존재한다. 따라서 $X \sim Z$ 는 각각 Li , Be , B 이거나 각각 C , N , O 이다. 2주기 원소의 제2 이온화 에너지(E_2)는 $Li > Ne > O > F > N > B > C > Be$ 이다. $X \sim Z$ 가 각각 C , N , O 이면 E_2 는 $C < N < O$ 이므로 자료에 부합하지 않는다. 따라서 $X \sim Z$ 는 각각 Li , Be , B 이다.

㉠. $Y(Be)$ 는 2족이므로 원자가 전자 수는 2이다.

㉡. 2주기에서 E_2 는 $Z(B) > Y(Be)$ 이므로 $a > 1757$ 이다.

㉢. 홀전자 수는 $X(Li)$ 와 $Z(B)$ 가 모두 1로 같다.

11 원소의 주기적 성질

제1 이온화 에너지는 같은 족에서 원자 번호가 감소할수록 증가하고, 같은 주기에서 2족 > 13족이므로 4가지 원자를 제1 이온화 에너지를 기준으로 비교하면 $O > Mg > Al > K$ 이다. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 4가지 원자를 원자 반지름을 기준으로 비교하면 $K > Mg > Al > O$ 이다. K , Mg , Al , O 의 원자가 전자 수는 각각 1, 2, 3, 6이므로 4가지 원자를 원자가 전자 수를 기준으로 비교하면 $O > Al > Mg > K$ 이다. 따라서 ㉠과 ㉡으로 가장 적절한 것은 각각 원자 반지름과 원자가 전자 수이다.

12 원자 번호와 원소의 주기적 성질

제1 이온화 에너지는 $W > X$ 이고, $Y > Z$ 이다. 같은 주기에서 원자 번호는 작는데 제1 이온화 에너지가 큰 경우는 2족과 13족, 15족과 16족 사이에서만 존재한다. $W \sim Z$ 가 모두 같은 주기라면 W 는 2족, Z 는 16족이어야 하므로 원자 번호의 차는 4이어야 하는데 이는 원자 번호의 차가 6이라는 조건에 부합하지 않는다. 따라서 W 와 X 는 각각 2주기 15족인 N 과 16족인 O 이고, Y 와 Z 는 각각 3주기 2족인 Mg 과 13족인 Al 이다. 이때 W 와 Z 는 원자 번호의 차가 6이라는 조건에 부합한다.

㉠. $a=7$, $b=1$, $c=5$ 이므로 $a+b+c=13$ 이다.

㉡. $W(N)$, $X(O)$, $Y(Mg)$, $Z(Al)$ 중 원자가 전자 수는 $X(O)$ 가 6으로 가장 크다.

㉢. $W(N)$, $X(O)$, $Y(Mg)$, $Z(Al)$ 중 원자 반지름은 $Y(Mg)$ 가 가장 크다.

수능 3점 테스트

본문 90~95쪽

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

01 원소의 주기적 성질

원자 반지름은 $Na > O > F$ 인데 $X > Z$ 이므로 Z는 O이거나 F이다. 제1 이온화 에너지는 $F > O > Na$ 인데 $Y > Z$ 이므로 Z는 F일 수 없다. 따라서 Z는 O, Y는 F, X는 Na이다.

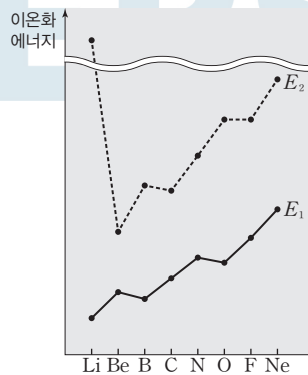
✗. Y는 F이다.

㉠. 반지름은 $Na > Na^+$ 이므로 $X(Na)$ 의 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} = a < 1$ 이다.

㉡. X~Z의 이온은 모두 등전자 이온이므로 원자 번호가 작을수록 이온 반지름이 크다. 따라서 이온 반지름은 $Z(O) > Y(F) > X(Na)$ 이다.

02 순차 이온화 에너지

2주기 원소의 제1 이온화 에너지(E_1)는 $Ne > F > N > O > C > Be > B > Li$ 이고, 제2 이온화 에너지(E_2)는 $Li > Ne > O > F > N > B > C > Be$ 이다.



$E_2 - E_1$ 는 $Y > X$ 이고, $Y > Z$ 이므로 X에서 Z까지 원자 번호가 1 증가할 때마다 $E_2 - E_1$ 가 증가했다가 감소하는 2주기 원자 X~Z는 각각 Be, B, C이거나 각각 N, O, F이다. X~Z가 각각 Be, B, C이면 W가 Li인데 E_2 는 $Li > Be$ 이므로 E_2 는 $X > W$ 이라는 조건에 부합하지 않는다. 따라서 W~Z는 각각 C, N, O, F이다.

✗. 바닥상태 원자의 홀전자 수는 O와 F이 각각 2, 1이므로 $Y(O) > Z(F)$ 이다.

✗. E_1 는 $X(N) > Y(O)$ 이다.

㉠. E_2 는 $Y(O) > Z(F)$ 이다.

03 주기율표와 원소의 주기적 성질

He은 1주기 원소이므로 $a - m = 1$ 이고, 원자 번호가 20 이하인

원소 Y는 1~4주기 원소이므로 $a + m \leq 4$ 이다. He, X, Y의 주기를 비교하면 $1 = a - m < a < a + m \leq 4$ 이므로 $a = 2, m = 1$ 이다. He은 18족 원소이므로 $b + m = 18$ 에서 $b = 17$ 이다. 따라서 $a = 2, m = 1, b = 17$ 이므로 X는 2주기 17족 원소인 F이고, Y는 3주기 1족 원소인 Na이다.

✗. $m = 1$ 이다.

㉠. $a = 2$ 이고, $b = 17$ 이므로 $a + b = 19$ 이다.

㉡. 원자의 제1 이온화 에너지는 $X(F) > Y(Na)$ 이다.

04 원소의 주기적 성질

같은 주기에서 원자 번호가 1만큼 큰 원자보다 제1 이온화 에너지(E_1)가 큰 원자는 2족 또는 15족 원자이다. 따라서 E_1 가 D가 가장 크므로 D는 2주기 2족 원소인 Be이거나 2주기 15족 원소인 N이다. B의 E_1 가 가장 작으므로 B는 3주기 원소이다. D가 Be이라면 C는 Mg, B는 Na인데 제2 이온화 에너지(E_2)는 $B(Na) > C(Mg)$ 이므로 자료에 부합하지 않는다. 따라서 D는 N이므로 C는 P, B는 Si, A는 C(탄소)이다. E_2 는 $E > F$ 이므로 E는 O, F는 S이다.

✗. A(C)와 B(Si)는 14족 원소이므로 원자가 전자 수(a)는 4이다.

㉠. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 A~F 중 원자 반지름은 E(O)가 가장 작다.

✗. E_2 는 $E(O) > C(P)$ 이다.

05 원자 반지름과 이온 반지름

등전자 이온의 이온 반지름은 원자 번호가 작을수록 크다. 또한 같은 주기에서 원자 반지름도 원자 번호가 작을수록 크다. 따라서 같은 주기에서 원자 반지름의 크기와 등전자 이온의 이온 반지름의 크기는 같은 순서를 갖는다. 즉 원자 반지름과 등전자 이온의 이온 반지름의 크기 순서가 다르면 서로 다른 주기의 원소이다.

원자 반지름은 $Z > X > Y$ 이고, 이온 반지름은 $Y > Z > X$ 이므로 원자 반지름과 이온 반지름의 크기 순서가 서로 다른 원소는 X와 Y, Y와 Z이다. 따라서 X와 Z는 같은 주기 원소이고, Y는 X, Z와 다른 주기의 원소이다. 또한 등전자 이온의 이온 반지름이 $Y > Z > X$ 이므로 원자 번호는 $Y < Z < X$ 이다. 따라서 X와 Z는 3주기, Y는 2주기 원소이다.

㉠. X~Z 중 2주기 원소는 Y 1가지이다.

✗. Ne의 전자 배치를 갖는 X의 이온은 3주기 원소의 양이온이므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 작다.

따라서 X의 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이다.

✗. 등전자 이온의 이온 반지름이 $Z > X$ 이므로 원자 번호는 $X > Z$ 이고, X와 Z는 같은 주기 원소이므로 원자가 전자 수는 $X > Z$ 이다.

06 원소의 주기적 성질

Y는 X에 비해 원자 번호가 2만큼 크고 제1 이온화 에너지가 작으므로 W와 X는 2주기 원소이고, Y와 Z는 3주기 원소이다. 따라서 W~Z는 각각 O, F, Na, Mg이거나 각각 F, Ne, Mg, Al이다. W~Z가 각각 F, Ne, Mg, Al이라면 제1 이온화 에너지는 $Mg > Al$ 이므로 이는 자료에 부합하지 않는다. 따라서 W~Z는 각각 O, F, Na, Mg이다.

㉠. W(O), X(F), Y(Na), Z(Mg) 중 3주기 원소는 2가지이다.

㉡. W는 O이므로 $a=8$ 이다.

㉢. 2주기 원소의 제2 이온화 에너지는 $Li > Ne > O > F > N > B > C > Be$ 이므로 $W(O) > X(F)$ 이다.

07 원소의 주기적 성질

원자 번호가 20 이하이므로 $a+16 \leq 20$ 에서 a 는 1~4 중 하나이다. 따라서 X는 H, He, Li, Be 중 하나이다. X가 H인 경우 외에는 모두 X와 Z가 같은 족 원소이므로 원자가 전자 수가 X와 Z가 같게 되어 조건에 부합하지 않는다. 따라서 X는 H이므로 Z는 Cl이다. 원자가 전자 수는 X(H)가 Y와 같고, 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수는 Y가 Z(Cl)와 같으므로 Y는 Na이다.

㉠. $a=1$ 이고 Y는 Na이므로 $b=10$ 이다.

㉡. 제1 이온화 에너지는 같은 족에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 $X(H) > Y(Na)$ 이다.

㉢. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 X(H), Y(Na), Z(Cl) 중 원자 반지름은 Y(Na)가 가장 크다.

08 원소의 주기적 성질

N, O, Mg, Al의 원자 번호와 원자 반지름, 제1 이온화 에너지의 비교는 다음과 같다.

원자 번호	$Al > Mg > O > N$
원자 반지름	$Mg > Al > N > O$
제1 이온화 에너지	$N > O > Mg > Al$

$\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{원자 반지름}}$ 는 N과 O가 Mg과 Al보다 크므로 (가)에서 W와 X는 각각 Mg과 Al 중 하나이고, Y와 Z는 각각 N과 O 중 하나이다. $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{원자 번호}}$ 은 $Mg > Al$ 이고 $N > O$ 이므로 (나)에서 W는 Mg, X는 Al, Y는 N, Z는 O이다. 제1 이온화 에너지는 $N > O > Mg > Al$ 이고, 원자 번호는 제1 이온화 에너지 크기 순서와 정반대이므로 $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{원자 번호}}$ 는 $Y(N) > Z(O) > W(Mg) > X(Al)$ 이다.

09 원소의 주기적 성질

바닥상태 원자의 홀전자 수가 0 또는 1인 원소는 1족(1), 2족(0), 13족(1), 17족(1), 18족(0) 원소이고, X~Z의 원자 번호는 연속이며, 각각 12~20 중 하나이므로 X~Z는 각각 Cl, Ar, K 중 하나이다. 제1 이온화 에너지는 $Ar > Cl > K$ 이므로 X는 Cl, Y는 K, Z는 Ar이다.

㉡. Ar, K의 원자 번호는 각각 18, 19이므로 원자 번호는 $Y(K) > Z(Ar)$ 이다.

㉢. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 $Y(K) > X(Cl)$ 이다.

㉠. 1g에 들어 있는 양성자수의 비는 ${}_{19}K : {}_{18}Ar = \frac{1}{39.1} \times 19 : \frac{1}{39.9} \times 18$ 이므로 1g에 들어 있는 양성자수는 $Y(K) > Z(Ar)$ 이다.

10 원소의 주기적 성질

2주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $X > Y > Z$ 이고, 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수가 모두 같은 X~Z는 각각 C, B, Be이거나 각각 N, C, B이다. X~Z가 각각 N, C, B일 때 제1 이온화 에너지는 $Y(C) > Z(B)$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Z(B) > Y(C)$ 이므로 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 $Z(B) > Y(C)$ 이다. 이는 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 Y가 가장 크다는 조건에 부합하지 않는다. 따라서 X는 C, Y는 B, Z는 Be이다.

㉠. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 $Z(Be) > X(C)$ 이다.

㉡. 홀전자 수는 C, B가 각각 2, 1이므로 $X(C) > Y(B)$ 이다.

㉢. 제3 이온화 에너지는 Be의 경우, B와 달리 안쪽 전자 껍질에서 전자를 떼어 내야 하므로 $Z(Be) > Y(B)$ 이다.

11 원소의 주기적 성질

W의 이온 반지름이 원자 반지름보다 작으므로 W는 Na이거나 Mg이다. X의 이온이 W의 이온보다 이온 반지름이 작으므로 W는 Na, X는 Mg이다. Y와 Z는 각각 O와 F 중 하나인데 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 $Z > Y$ 이므로 Y는 O, Z는 F이다.

㉠. W(Na)는 3주기 원소이다.

㉡. 원자가 전자 수는 O와 F가 각각 6, 7이므로 $Z(F) > Y(O)$ 이다.

㉢. 홀전자 수는 F과 Mg가 각각 1, 0이므로 $Z(F) > X(Mg)$ 이다.

12 원자 번호와 원소의 주기적 성질

홀전자 수가 $W > Z > Y$ 인데 홀전자 수는 3 이하이므로 W의 홀전자 수는 2 또는 3이다. W의 홀전자 수가 2라면 Z는 1이고, Y는 0이어야 한다. W의 홀전자 수가 2일 경우, W는 14족 또는 16족 원소이다. W가 14족 원소라면 Z는 W보다 원자 번호가 9 크므로 15족이어야 하는데 15족의 홀전자 수는 3이므로 홀전자 수가 $W > Z$ 라는 자료에 부합하지 않는다. W가 16족 원소라면 Y는 W보다 원자 번호가 6 크므로 14족이어야 하는데 14족의 홀전자는 2이므로 홀전자 수가 $W > Y$ 라는 자료에 부합하지 않는다. 따라서 W의 홀전자 수는 3이다. W의 홀전자 수가 3이므로 W는 2주기 15족 원소인 N이고, X는 Ne, Y는 Al, Z는 S이다.

㉠ W(N)과 X(Ne)는 2주기 원소이고, Y(Al)과 Z(S)는 3주기 원소이므로 3주기 원소는 2가지이다.

㉡ 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록, 같은 주기에서 원자 번호가 감소할수록 증가하므로 원자 반지름은 $Y(Al) > W(N)$ 이다.

㉢ 제1 이온화 에너지는 $N > O > S$ 이므로 $W(N) > Z(S)$ 이다.

07 이온 결합

수능 2점 테스트

본문 102~103쪽

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

01 이온 결합 물질의 성질

✕. NaCl은 이온 결합 물질이다.

㉠ 이온 결합 물질인 NaCl은 수용액 상태에서 이온들이 자유롭게 움직일 수 있어 전기 전도성이 있다.

㉡ NaCl은 Na^+ 과 Cl^- 이 정전기적 인력에 의해 결합하여 생성된 물질이다.

02 전자 배치 모형

A는 알루미늄(Al), B는 산소(O)이다.

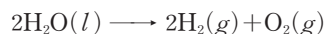
㉠ 이온 결합을 형성할 때 금속인 Al은 전자를 잃는다.

㉡ Ne의 전자 배치를 갖는 Al과 O의 이온은 각각 Al^{3+} , O^{2-} 이므로 2 : 3으로 결합하여 안정한 화합물인 Al_2O_3 을 형성한다.

㉢ 등전자 이온에서 이온의 반지름은 원자 번호가 커질수록 작아지므로 $O^{2-} > Al^{3+}$ 이다.

03 물의 전기 분해

물(H_2O)을 전기 분해시키면 (-)극에서 수소(H_2) 기체가, (+)극에서 산소(O_2) 기체가 발생한다. 물의 전기 분해 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 물의 전기 분해 반응에서 생성되는 기체의 부피비는 $H_2 : O_2 = 2 : 1$ 이고, 기체 A는 수소(H_2), 기체 B는 산소(O_2)이다.

㉠ 순수한 물은 전류가 거의 흐르지 않기 때문에 전기 분해를 위해서는 Na_2SO_4 과 같은 전해질을 소량 넣어 주어야 한다.

✕. A는 수소(H_2)이다.

㉡ 물 분자를 구성하는 수소(H)와 산소(O)는 전자를 공유하여 결합을 형성한다.

04 이온 결합 물질의 녹는점

3주기 금속 원소 Na, Mg, Al은 각각 산소와 결합하여 Na_2O , MgO, Al_2O_3 을 형성한다. 화합물 1 mol에 들어 있는 이온의 양(mol)은 Na_2O 과 MgO이 각각 3, 2이므로 $a=2$ 이고, A_2O 는 MgO, B_2O 는 Na_2O 이다.

✗. A는 Mg이다.

Ⓒ. B₂O는 Na₂O이므로 y=2이다.

✗. B(Na)와 A(Mg)는 각각 1족과 2족 원소이므로 원자가 전자는 A>B이다.

05 이온 결합

✗. NaCl(s)이 NaCl(l)으로 될 때 Na⁺과 Cl⁻ 사이의 거리가 멀어질 뿐, 이온의 양(mol)은 증가하지 않는다.

Ⓒ. NaCl(s)에서보다 NaCl(l)에서 이온의 이동이 자유로우므로 전기 전도성은 NaCl(l)>NaCl(s)이다.

Ⓒ. NaCl(l)을 전기 분해하면 (-)극에서 금속 나트륨(Na)이, (+)극에서는 염소(Cl₂) 기체가 생성된다.

06 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

(가)는 플루오린화 리튬(LiF)이다.

Ⓒ. LiF는 금속 리튬(Li)과 비금속 플루오린(F)이 결합하여 형성된 이온 결합 물질이다.

Ⓒ. 원자가 전자가 1개인 Li은 이온 결합을 형성할 때 전자 1개를 잃어 Li⁺이 되므로 x=1이다.

Ⓒ. A는 전자 1개를 얻어 Ne의 전자 배치를 갖는 F이므로 원자가 전자 수가 7이다.

07 이온의 전자 배치

Ⓒ. X₂Y는 Na⁺과 O²⁻이 2 : 1로 결합하여 생성된 이온 결합 물질 Na₂O이므로 a=2이다.

✗. Na은 3주기 원소이다.

Ⓒ. 이온 결합 물질인 Na₂O은 액체 상태에서 이온들이 자유롭게 움직일 수 있어 전기 전도성이 있다.

08 이온 결합 물질과 이온 반지름

등전자 이온에서 이온 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 이온 반지름은 O²⁻>F⁻>Na⁺>Mg²⁺이다. D는 3주기 원소이므로 B는 F, C는 O이고, AC는 MgO, DB는 NaF이다.

Ⓒ. A는 Mg이다.

Ⓒ. D(Na)와 C(O)는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물인 Na₂O을 형성한다.

Ⓒ. 이온 결합 물질의 녹는점은 이온의 전하량이 커질수록, 이온 사이의 거리가 가까울수록 높으므로 AC(MgO)의 녹는점은 DB(NaF)의 녹는점보다 높다. 따라서 ①>996이다.

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

01 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

AB₂에서 양이온과 음이온은 각각 A²⁺과 B⁻이다.

Ⓒ. AB₂에서 A의 이온은 A²⁺이므로 x=2이다.

Ⓒ. A는 전자 2개를 잃어 A²⁺이 되었으므로 A는 금속 원소인 마그네슘(Mg)이고, B는 전자 1개를 얻어 B⁻이 되었으므로 B는 비금속 원소인 플루오린(F)이다.

Ⓒ. 등전자 이온에서 이온 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 이온 반지름은 B⁻>A²⁺이다.

02 이온 결합 물질의 녹는점

빛금 친 부분에 해당하는 원소는 O, F, Na, Mg, Cl, Ca이다. AD, AE, BF, CF는 양이온과 음이온이 1 : 1로 결합하여 형성된 이온 결합 물질이므로 AD, AE, BF, CF로 가능한 물질은 NaF, NaCl, MgO, CaO이다. 양이온과 음이온 사이의 거리가 가까울수록, 이온의 전하량이 클수록 이온 결합 물질의 녹는점은 높아진다. BF가 AD에 비해 양이온과 음이온 사이의 거리가 멀지만 녹는점이 높다는 사실을 통해 F는 O, A는 Na임을 알 수 있다. 따라서 AD, AE, BF, CF는 각각 NaF, NaCl, CaO, MgO이다.

Ⓒ. B는 4주기 원소인 Ca이다.

✗. AD(NaF)와 AE(NaCl)는 이온의 전하량이 같지만, AE(NaCl)가 AD(NaF)보다 양이온과 음이온 사이의 거리가 멀어 녹는점이 낮다. 따라서 ①<996이다.

✗. A(Na)와 C(Mg)는 각각 1족, 2족 원소로 원자가 전자 수는 A(Na)<C(Mg)이다.

03 이온 결합 물질

A는 산소(O), B는 플루오린(F)이다. (가)와 (나) 1 mol에서 각각 O 1 mol, F 2 mol과 결합할 수 있는 3주기 금속 원소는 2족에 속하는 마그네슘(Mg)이므로 (가)는 MgO, (나)는 MgF₂이다.

Ⓒ. (가)(MgO) 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양은 2 mol이다.

Ⓒ. 2족 원소인 M(Mg)의 원자가 전자 수는 2이다.

✗. 등전자 이온에서 이온 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 이온 반지름은 M의 이온(Mg²⁺)<A의 이온(O²⁻)이다.

04 이온 결합 물질의 이온 모형

□는 A의 양이온이고, 양이온과 음이온의 결합비는 X(l)에서 A : B=1 : 1, Y(l)에서 A : C=1 : 2이다.

- ㉠ 금속 원소인 A는 이온 결합을 형성할 때 전자를 잃고 양이온이 된다.
- ㉡ 이온 결합을 형성할 때 전자를 얻어 Ne의 전자 배치를 갖는 C는 2주기 비금속 원소이다.
- ㉢ Y에서 A : C = 1 : 2로 결합하므로 A와 C의 이온은 각각 A^{2+} , C^{-} 이고, X에서 A와 B는 1 : 1로 결합하므로 B의 이온은 B^{2-} 이다.

05 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

A^{x+} 은 양성자 12개에 전자 10개를 가진 이온이므로 $x=2$ 이며 B^{2-} 에서 $y=8$ 이다.

㉠ $x+y=2+8=10$ 이다.

㉡ A는 원자 번호가 12인 3주기 원소 마그네슘(Mg), B는 원자 번호가 8인 2주기 원소 산소(O)이다.

㉢ 금속 원소인 Mg은 양이온이 될 때 반지름이 작아지므로 이온 반지름 < 1 이고, 비금속 원소인 O는 음이온이 될 때 반지름이 커지므로 이온 반지름 > 1 이다. 따라서 이온 반지름은 원자 반지름

$A(Mg) < B(O)$ 이다.

06 이온 결합 물질의 녹는점

이온 사이의 거리는 $KCl > NaCl > NaF$ 이고, 녹는점은 $NaF > NaCl > KCl$ 이므로 (가)~(다)는 각각 NaCl, NaF, KCl이다.

㉠ (가)는 NaCl이다.

㉡ NaCl과 NaF에서 음이온의 반지름은 $Cl^{-} > F^{-}$ 이므로 ㉠ < 276 이다.

㉢ 녹는점은 $NaCl > KCl$ 이므로 ㉡ < 801 이다.

07 이온 결합의 형성

Ne의 전자 배치를 갖는 O, F, Na, Mg의 이온이 만들 수 있는 이온 결합 물질은 Na_2O , NaF, MgO, MgF_2 이다. 이 중 화합물 1 mol에 들어 있는 양이온의 양이 2 mol인 물질 (가)는 Na_2O 이다. 물질 1 mol에 들어 있는 음이온의 총 전하량이 (나) : (다) = 2 : 1이므로 (나)는 MgO, MgF_2 중 하나이고, (다)는 NaF이다. (가)와 (나)는 공통적으로 A를 포함하고 있으므로 A는 O이고, (나)는 MgO이다. 따라서 B~D는 각각 Na, Mg, F이다.

㉡ C는 Mg이다.

㉢ 16족 원소인 A의 원자가 전자 수는 6이다.

㉣ 등전자 이온에서의 이온 반지름은 원자 번호가 작을수록 크므로 이온 반지름은 D의 이온(F^{-}) $>$ B의 이온(Na^{+})이다.

08 이온 결합 물질에서 이온 사이의 거리

F, Na, Cl, K의 바닥상태 원자의 전자 배치는 다음과 같다.

F	$1s^2 2s^2 2p^5$
Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
Cl	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

전자가 들어 있는 s 오비탈 수는 F, Na, Cl, K이 각각 2, 3, 3, 4이고, CD는 이온 결합 물질이므로 A~D는 각각 K, Cl, Na, F이다.

㉠ D는 F이다.

㉡ AD와 CD는 각각 KF, NaF이고, 이온 반지름은 $K^{+} > Na^{+}$ 이므로 $x > 231$ 이다.

㉢ 이온 결합 물질에서 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 녹는점이 높으므로 녹는점은 $AD(KF) > AB(KCl)$ 이다.

08 공유 결합과 결합의 극성

수능 2점 테스트

본문 117~119쪽

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

01 공유 결합

H₂, F₂, O₂의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



- ✗. 비공유 전자쌍을 갖는 분자는 O₂, F₂이다.
- ✗. H₂, F₂, O₂의 공유 전자쌍 수는 각각 1, 1, 2이다.
- . 3가지 분자 모두 같은 원자 사이의 공유 결합인 무극성 공유 결합을 갖는다.

02 화학 결합 모형

X₂Y는 수소(H) 2개와 산소(O) 1개의 공유 결합을 통해 생성된 H₂O이다.

- ✗. Y(O)의 원자가 전자 수는 6이다.
- ✗. H₂O의 루이스 전자점식은 H: \ddot{O} :H이고, H₂O에는 2개의 단일 결합이 존재한다.
- . H₂O에서 H는 첫 번째 전자 껍질에 2개의 전자를 포함하는 He의 전자 배치를 갖는다.

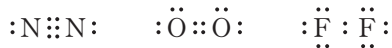
03 공유 결합과 분자

(가)에서 A는 옥텟 규칙을 만족하고 2주기 원소이므로 플루오린(F)이다.

- . 17족 원소인 A(F)는 원자가 전자 수가 7, 16족 원소인 O는 원자가 전자 수가 6이다.
- . 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도는 증가하는 경향을 보이므로 전기 음성도는 A(F) > O이다.
- ✗. B는 17족이면서 A(F)보다 원자 번호가 큰 원소이므로 바닥 상태의 원자에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 B > A이다.

04 무극성 공유 결합과 분자

2주기 원소 1가지로 구성된 이원자 분자 중 옥텟 규칙을 만족하는 분자는 N₂, O₂, F₂이며 루이스 전자점식은 다음과 같다.



N₂, O₂, F₂은 각각 공유 전자쌍 수가 3, 2, 1이므로 A₂는 F₂, B₂는 O₂이다.

- . A(F)는 17족 원소이다.
- ✗. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 증가하는 경향이 있으므로 전기 음성도는 A(F) > B(O)이다.
- ✗. 비공유 전자쌍 수는 A₂(F₂)가 6, B₂(O₂)가 4이므로 비공유 전자쌍 수의 비는 A₂ : B₂ = 3 : 2이다.

05 이온 결합과 금속 결합의 결정 구조

1 mol당 전자 수는 NaCl(s) = NaCl(l) > Na(s)이고, 전기 전도성은 NaCl(l) > NaCl(s)이므로 (가)는 NaCl(s), (나)는 Na(s), (다)는 NaCl(l)이다.

- ✗. (다)는 NaCl(l)이다.
- . Na(s)은 자유 전자의 움직임으로 인해 전기 전도성이 있고, NaCl(s)은 이온이 자유롭게 이동하지 못해 전기 전도성이 없으므로 전기 전도성은 (나)(Na(s)) > (가)(NaCl(s))이다.
- . (나)(Na(s))는 금속 결합 물질로 전성(퍼짐성)이 있다.

06 공유 결합과 화학 결합 모형

A는 탄소(C), B는 산소(O), (가)는 CO₂이다.

- . A(C)는 14족 원소로 원자가 전자 수가 4이다.
- . B₂(O₂)의 루이스 전자점식은 $:\ddot{O}::\ddot{O}:$ 이고, 2개의 공유 전자쌍을 갖는다.
- . 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 증가하는 경향이 있으므로 전기 음성도는 O > C이다. 따라서 (가)(CO₂)에서 A(C)는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

07 이온 결합 물질의 루이스 전자점식

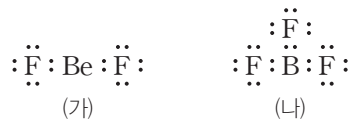
X는 Na, Y는 Cl이다.

- . NaCl은 금속인 Na과 비금속인 Cl가 결합하여 만들어진 이온 결합 물질이다.
- . X(Na)는 이온 결합을 할 때 전자를 잃는 금속 원소이다.
- ✗. X⁺(Na⁺)은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 2개인 Ne과 같은 전자 배치, Y⁻(Cl⁻)은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 3개인 Ar과 같은 전자 배치를 가지므로 이온 반지름은 Y⁻ > X⁺이다.

08 공유 결합과 분자

2주기 원소 중 분자 (가)와 (나)에서 옥텟 규칙을 만족하는 X는 플루오린(F)이다.

- ✗. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름은 작아지므로 원자 반지름은 Be > X(F)이다.
- . (가)와 (나)의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



비공유 전자쌍 수
공유 전자쌍 수 는 (가)와 (나)가 각각 3으로 같다.

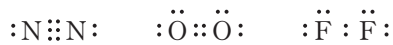
㉠ 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도는 증가하므로 (나)에서 X(F)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

09 금속 결합

금속 결합은 금속 양이온(⊕)과 자유 전자(⊖) 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된다. 자유 전자(⊖)의 자유로운 움직임으로 인해 금속은 고체와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

10 공유 결합과 분자

2주기 원소 1가지로 구성된 이원자 분자 중 옥텟 규칙을 만족하는 분자는 N_2 , O_2 , F_2 이며 루이스 전자점식은 다음과 같다.



3중 결합이 있는 분자는 N_2 이고 비공유 전자쌍 수는 $F_2 > O_2$ 이므로 $A_2 \sim C_2$ 는 각각 N_2 , F_2 , O_2 이다.

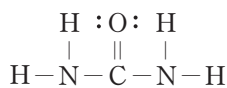
✕. 원자가 전자 수는 A(N)와 B(F)가 각각 5, 7이므로 원자가 전자 수는 $B(F) > A(N)$ 이다.

㉠ 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 증가하므로 전기 음성도는 $B(F) > C(O)$ 이다.

✕. 비공유 전자쌍 수는 $A_2(N_2)$ 가 2, $C_2(O_2)$ 가 4이므로 비공유 전자쌍 수의 비는 $A_2 : C_2 = 1 : 2$ 이다.

11 공유 결합 물질의 구조식

비공유 전자쌍을 포함한 요소($CO(NH_2)_2$) 분자의 구조식은 다음과 같다.



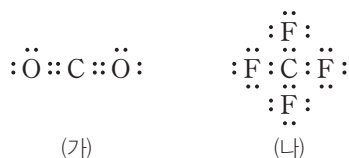
공유 전자쌍 수 = $\frac{8}{4} = 2$ 이다.
비공유 전자쌍 수 = $\frac{8}{4} = 2$ 이다.

12 공유 결합과 분자

(가)는 CO_2 , (나)는 CF_4 이다.

✕. a , b 는 각각 2, 4이다.

㉠ (가)와 (나)의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



(가)에는 2중 결합이 존재한다.

✕. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나) 모두 4이다.

수능 3월 테스트

본문 120~126쪽

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

01 화학 결합 모형

X_3Y^+ 은 H_3O^+ , YZ_2 는 OF_2 이다.

✕. 16족 원소인 산소(O)의 원자가 전자 수는 6이다.

✕. $YZ_2(OF_2)$ 에서 Y(O)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉠. 공유 전자쌍 수의 비는 $X_3Y^+ : YZ_2 = 3 : 2$ 이다.

02 극성 공유 결합과 분자

2주기 원소 중 수소와 결합하여 1개의 공유 전자쌍을 가지며 옥텟 규칙을 만족하는 원자는 플루오린(F)이다. 따라서 X는 F이고, (가)는 HF이다. HF의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 1, 3이므로 $a=3$ 이고, (나)는 NH_3 , Y는 질소(N), (다)는 H_2O , Z는 산소(O)이다.

✕. Y는 질소(N)이다.

㉠. Z(O), H로 구성된 분자 중 공유 전자쌍이 2이며 O가 옥텟 규칙을 만족하는 분자는 H_2O 이므로 $b=2$ 이다.

㉠. 산소(O)와 질소(N)의 원자가 전자 수는 각각 6, 5이므로 원자가 전자 수는 $Z(O) > Y(N)$ 이다.

03 주기율표와 화학 결합

W~Z는 각각 수소(H), 산소(O), 마그네슘(Mg), 염소(Cl)이다.

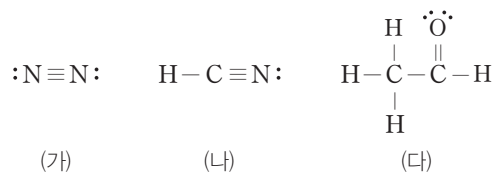
✕. WZ(HCl)는 수소(H)와 염소(Cl)의 공유 결합을 통해 형성된 공유 결합 물질이므로 W(H)는 양이온이 아니다.

㉠. YX(MgO)에서 Mg은 Ne의 전자 배치를 가지며 옥텟 규칙을 만족한다.

✕. WZ(HCl), YX(MgO)는 각각 공유 결합, 이온 결합을 통해 형성된 물질이므로 화학 결합의 종류는 다르다.

04 공유 결합 물질과 분자의 구조식

2주기 원소 중 탄소(C)와 산소(O)는 각각 4개, 2개의 전자쌍을 공유함으로써 분자 내에서 옥텟 규칙을 만족한다. (다)를 통해 Y가 C, Z가 O임을, (나)에서 X는 3개의 전자쌍을 공유함으로써 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 질소(N)임을 알 수 있다. 따라서 (가)는 N_2 , (나)는 HCN, (다)는 CH_3CHO 이며, (가)~(다)의 구조식은 다음과 같다.



- ㉠ (나)와 (다)에는 전기 음성도가 서로 다른 원자 사이의 공유 결합인 극성 공유 결합이 존재한다.
- ㉡ 3중 결합이 존재하는 것은 (가), (나) 2가지이다.
- ✕ 비공유 전자쌍 수의 비는 (나) : (다) = 1 : 2이다.

05 루이스 전자점식

X~Z는 각각 N, O, F이다. Y(O)와 Z(F)로 구성된 분자 중 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 원자 수 4 이하의 분자는 OF₂, O₂F₂이고, 두 분자 모두 Z(F) 원자 수가 2이므로 b=2이다. X(N)와 Z(F)로 구성된 분자 중 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 원자 수 4 이하의 분자는 NF₃, N₂F₂이다. 이 중 분자당 Z(F) 원자 수(b)가 2인 분자는 N₂F₂이므로 a=4이며, (나)는 O₂F₂이다.

- ㉠ a+b=4+2=6이다.
- ㉡ (가)(N₂F₂)에는 N 원자 사이에 무극성 공유 결합이 존재한다.
- ㉢ (가)(N₂F₂), (나)(O₂F₂)에 존재하는 비공유 전자쌍 수의 비는 8 : 10 = 4 : 5이다.

06 분자의 구조식과 전기 음성도

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도는 증가하는 경향이 있으므로 (나)는 CO₂ 또는 OF₂이다. (나)가 CO₂라면 가능한 (가)의 구조가 존재하지 않으므로 (나)는 OF₂이며, (가)는 FNO이다.

- ㉠ 전기 음성도는 X(F) > Y(N)이다.
- ✕ Z(O)는 16족 원소로 원자가 전자 수가 6이다.
- ㉢ 비공유 전자쌍 수는 (가)(FNO), (나)(OF₂)가 각각 6, 8이므로 비공유 전자쌍 수비는 (가) : (나) = 6 : 8 = 3 : 4이다.

07 공유 결합과 전자쌍 수

(가)의 가능한 구조는 C₂F₂, C₂F₄, C₂F₆이며, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 가 2인 분자는 C₂F₄이므로 (가)는 C₂F₄, (나)는 N₂F₄이다.

- ㉠ x=4이다.
- ✕ N₂F₄의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 5, 14이므로 $y = \frac{14}{5}$ 이다.
- ㉢ (나)(N₂F₄)에는 질소 원자 사이의 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 존재한다.

08 화학 결합 모형

WXY는 NaCN, YZ₃는 NH₃이다.

- ㉠ W(I)는 액체 상태의 금속 나트륨(Na(I))으로 전기 전도성이 있다.
- ✕ X(C)와 Y(N)의 원자가 전자 수는 각각 4, 5이므로 같지 않다.

- ㉡ 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록, 같은 족에서 원자 번호가 작아질수록 증가하는 경향이 있으므로 전기 음성도는 X(C) > W(Na)이다.

09 물질의 성질과 분자의 구조식

각 화학 반응식은 다음과 같다.

$$2\text{Na} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{NaCl}$$

$$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$$

$$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{HCl}$$

㉠~㉢는 각각 Na, Cl₂, NaOH이다.

- ㉠ 금속 결합 물질인 Na과 이온 결합 물질인 NaOH는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
- ㉡ 무극성 공유 결합이 있는 물질은 Cl₂ 1가지이다.
- ✕ Cl₂의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{1} = 6$ 이다.

10 공유 결합 화합물과 전자쌍 수

이원자 분자로 분자 내 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 분자는 N₂, O₂, F₂이다. 이들의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	N ₂	O ₂	F ₂
공유 전자쌍 수	3	2	1
비공유 전자쌍 수	2	4	6

따라서 X₂, Y₂, Z₂는 각각 O₂, F₂, N₂이다.

- ㉠ X는 산소(O)이다.
- ✕ b+c=3+6=9이다.
- ✕ 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도는 증가하는 경향이 있으므로 전기 음성도는 X(O) > Z(N)이다.

11 화학 결합 모형

B₂를 통해 B가 산소(O)임을 알 수 있고, O는 이온 결합을 형성할 때 전자 2개를 얻어 Ne의 전자 배치를 가지므로 x=2이며 AB는 MgO이다.

- ㉠ x=2이다.
- ㉡ B(O)와 A(Mg)의 바닥상태 원자의 홀전자 수는 각각 2, 0이다.
- ㉢ 이온 결합 물질인 AB(MgO)는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

12 무극성 공유 결합과 공유 전자쌍

(가)는 H₂O₂ 또는 C₂H₂이며, 공유 전자쌍 수는 NH₃, H₂O₂, C₂H₂이 각각 3, 3, 5이므로 (가)~(다)는 각각 H₂O₂, NH₃, C₂H₂이다.

- ㉠ (가)는 H₂O₂이다.
- ㉡ (다)(C₂H₂)에는 C와 C 사이의 무극성 공유 결합이 존재한다.

㉔ $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)(NH₃)와 (다)(C₂H₂)가 각각 $\frac{1}{3}$, 0이다.

13 공유 결합 물질과 전자쌍

탄소(C) 2개와 플루오린(F)으로 구성된 탄소 화합물에는 C₂F₂, C₂F₄, C₂F₆이 있으며, 이들의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	C ₂ F ₂	C ₂ F ₄	C ₂ F ₆
공유 전자쌍 수	5	6	7
비공유 전자쌍 수	6	12	18

따라서 C₂F_x, C₂F_y, C₂F_z는 각각 C₂F₄, C₂F₆, C₂F₂이다.

㉕ z=2이다.

㉖ C₂F_y(C₂F₆)에는 단일 결합만 존재한다.

㉗ 공유 전자쌍 수는 C₂F_z(C₂F₂), C₂F_y(C₂F₆)가 각각 5, 7이다.

14 바닥상태 원자의 오비탈 전자 배치

2p 오비탈에는 최대 6개의 전자가 들어갈 수 있고, 바닥상태 전자 배치가 1s²2s²2p⁶인 Ne은 비활성 기체이므로 가능한 x는 1 또는 2이다. x=1일 때 A와 B는 각각 붕소(B), 탄소(C)이고, x=2일 때 A와 B는 각각 탄소(C), 산소(O)이다. 분자에서 A가 옥텟 규칙을 만족해야 하므로 x=2이며, A와 B는 각각 탄소(C), 산소(O)이다.

O가 수소와 결합하여 형성할 수 있는 분자 중 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같은 분자는 H₂O이므로 a=2이다. C가 수소와 결합하여 형성할 수 있는 분자 중 공유 전자쌍 수가 2a=4인 분자는 CH₄이다.

㉘ x=2이다.

㉙ a=2이다.

㉚ (가)(CH₄)에는 4개의 극성 공유 결합만 존재한다.

09 분자의 구조와 성질

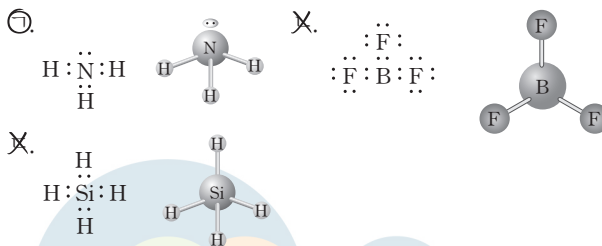
수능 2점 테스트

본문 135~137쪽

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

01 결합각

결합각은 중심 원자의 원자핵과 중심 원자와 결합한 두 원자의 원자핵을 연결할 때 생기는 내각이다. 그림은 3가지 분자의 루이스 전자점식과 분자 모형을 나타낸 것이다.

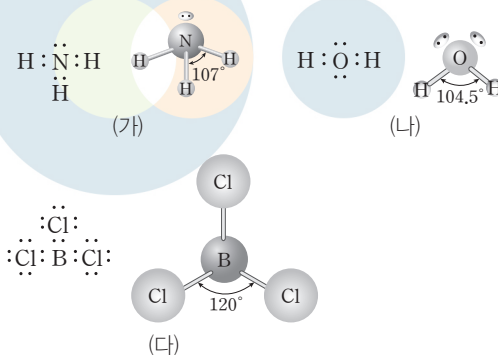


분자 내 결합각의 크기는 모두 같다. 하지만 비공유 전자쌍이 포함된 NH₃는 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 중심 원자 주위에 있는 전자쌍 사이에 서로 다른 크기의 반발력이 있다.

02 중심 원자의 비공유 전자쌍 수

(가)는 중심 원자의 공유 전자쌍이 3개이고 비공유 전자쌍이 1개이므로 분자 모양은 삼각뿔형, (나)는 중심 원자의 공유 전자쌍이 2개이고 비공유 전자쌍이 2개이므로 분자 모양은 굽은 형, (다)는 중심 원자의 공유 전자쌍이 3개이고 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 모양은 평면 삼각형이다.

그림은 분자 (가)~(다)의 루이스 전자점식과 분자 모형을 나타낸 것이다.



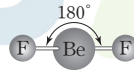
㉗ (나)의 분자 모양은 굽은 형이다.

- ㉔. 결합각은 평면 삼각형 구조인 (다)가 120°로 가장 크다.
- ✕. 분자의 쌍극자 모멘트는 극성 분자인 (가)는 0이 아니고, 무극성 분자인 (다)는 0이다.

03 1, 2주기 원소로 이루어진 분자

W~Z는 각각 H, Be, O, F이고, 표는 분자 (가)~(라)를 나타낸 것이다.

분자	(가)	(나)	(다)	(라)
구성 원소	H, O	Be, F	O	O, F
분자식	H ₂ O	BeF ₂	O ₂	OF ₂

- ㉔. (나)에서 중심 원자 Be은 2족 원소로 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 모양은 직선형이고, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. 
- ㉕. (가)와 (라)는 모두 중심 원자가 산소이고, 중심 원자의 공유 전자쌍 2개, 비공유 전자쌍 2개로 분자 모양은 모두 굽은 형이다.
- ㉖. 산소는 원자가 전자가 6개이므로 산소로 이루어진 분자 (다)에는 다중 결합이 있다. (가), (나), (라)에는 단일 결합만 존재하므로, 다중 결합이 있는 것은 1가지이다.

04 중심 원자에 결합된 원자 수와 분자 모양

분자 모양은 중심 원자에 결합된 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수에 의해 결정된다. 중심 원자에 결합된 원자 수는 공유 전자쌍 수와 관련되며, 단일 결합, 2중 결합, 3중 결합이 가능하다.

	중심 원자에 결합된 원자 수	중심 원자의 비공유 전자쌍 수	분자 모양
(가)	2	0	직선형
(나)	2	1	굽은 형
(다)	3	1	삼각뿔형
(라)	4	0	사면체형

- ㉔. (가)는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 모양은 직선형이고 결합각은 180°이다. (나)는 중심 원자에 2개의 원자가 결합되어 있고 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1이므로 분자 모양은 굽은 형이고 결합각은 180°보다 작다.
- ✕. H₂S는 중심 원자에 결합된 원자가 2개이고 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 2이므로 (나)에 해당하지 않는다.
- ㉕. 중심 원자에 3개의 원자가 결합되어 있고 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1인 (다)의 분자 모양은 삼각뿔형이다.
- ㉖. CH₂Cl₂은 중심 원자에 결합한 원자 수가 4이고 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 0이므로 (라)에 해당한다.
- ㉗. 구성 원자가 모두 동일 평면에 있는 것은 직선형과 굽은 형인 (가)와 (나) 2가지이다.

05 사면체형 분자

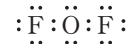
- ㉔. C에 4개의 원자가 결합한 (가)~(다)는 모두 사면체형 구조이다.

- ㉔. C에 결합한 원소가 모두 같은 (다)는 무극성 분자이다.
- ✕. 전기 음성도는 F>C>H이므로 (가)에서 C는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠지만, (다)에서 C는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

06 2주기 원소로 이루어진 분자

Y 원자 1개와 Z 원자 2개로 이루어진 분자가 무극성이려면 YZ₂의 중심 원자 Y에 비공유 전자쌍이 없고 분자 모양이 직선형이어야 한다. 따라서 YZ₂는 CO₂이고 Y는 탄소(C), Z는 산소(O)이다. Z가 O이므로 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 ZX₂는 OF₂이다. 따라서 X~Z는 각각 F, C, O이다.

- ㉔. 전기 음성도가 가장 큰 원소는 F인 X이다.
- ✕. ZX₂는 OF₂이고 중심 원자인 O 주위에 공유 전자쌍이 2개, 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 분자 모양은 굽은 형이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.



- ㉕. YZX₂는 COF₂이고 중심 원자인 C에 결합된 원자가 3개이고 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 모양은 평면 삼각형이다.



07 극성 분자와 무극성 분자의 성질

액체 줄기가 대전체 쪽으로 휘어진 A는 극성 물질이고, 아무 변화가 없는 B는 무극성 물질이다.

- ㉔. 액체 줄기에 대전체를 가까이 가져가는 실험은 물질의 극성 유무를 확인하는 실험이다.
- ㉕. 극성 물질인 A는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니고, 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠는 부분이 있다.
- ✕. 전기장에서 일정한 방향으로 배열하는 분자는 극성 분자이다. B는 무극성 분자이므로 전기장에서 일정한 방향으로 배열하지 않는다.

08 탄소와 수소로 이루어진 분자

비금속 원소이고 원자가 전자가 1개인 X는 수소(H)이고, 원자가 전자가 4개인 Y는 탄소(C)이다. 표는 (가)~(다)의 분자식과 구조식이다.

분자	(가)	(나)	(다)
분자식	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	CH ₄
구조식	H-C≡C-H	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$

- ✕. (가)에는 3중 결합, (나)에는 2중 결합이 있으므로 다중 결합이 있는 것은 (가)와 (나) 2가지이다.

㉠. (가)와 (다)는 모두 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0으로 같다.

㉡. 탄소 원자 주위의 결합각($\angle XYX$)은 (가)는 180° , (나)는 약 120° 이므로 (가)가 (나)보다 크다.

09 전자쌍 수에 따른 배열

중심 원자에 4개의 원자가 결합되어 있는 (가)는 사면체형 구조를, 중심 원자에 3개의 원자와 1개의 비공유 전자쌍이 있는 (나)는 삼각뿔형 구조를 나타낸다.

㉠. CH_4 은 중심 원자 C에 4개의 H 원자가 결합된 모양이므로 (가)에 해당한다.

㉡. 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 α 가 β 보다 크다.

㉢. (가)는 무극성 분자로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이고, (나)는 극성 분자로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

10 2주기 원소와 수소가 결합한 분자

원자 번호가 6~8인 중심 원자 1개와 수소로 이루어진 분자 (가)~(다)는 각각 CH_4 , NH_3 , H_2O 이다.

㉡. 분자당 수소 원자 수는 (가)~(다)에서 각각 4, 3, 2이므로 (가)~(다) 각 1 mol에 포함된 수소 원자 양의 합은 9 mol이다.

㉠. 결합각은 분자 모양이 정사면체형인 (가)가 삼각뿔형인 (나)보다 크다.

㉢. (다)의 분자 모양은 굽은 형이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

11 분자의 극성과 용해

이온으로 이루어진 황산 구리($CuSO_4$)는 극성인 $H_2O(l)$ 에 잘 녹으므로 B는 H_2O 이고, A는 헥세인(C_6H_{14})이다.

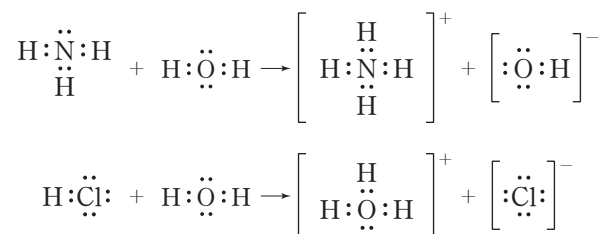
㉡. 분자의 쌍극자 모멘트는 무극성 물질인 A는 0이고, 극성 물질인 B는 0이 아니다.

㉠. 헥세인은 C-C와 C-H의 공유 결합으로 이루어져 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

㉢. 극성 분자인 B는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열한다.

12 이온의 형성과 구조의 변화

NH_3 와 HCl 가 물에 용해될 때의 화학 반응과 화합물의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



㉠. ㉠은 NH_4^+ 이고 중심 원자 N에 수소 원자가 4개 결합된 정사면체형 구조로, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 NH_3 보다 결합각이 크다.

㉡. ㉡은 H_3O^+ 이고 비공유 전자쌍은 1개이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 OH^- 이 ㉠의 3배이다.

㉢. ㉢은 H_3O^+ 으로 중심 원자 O에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있는 삼각뿔형 구조이다.

수능 3점 테스트

본문 138~143쪽

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

01 옥텟을 만족하는 2주기 원소

2주기 원소 X와 Y로 이루어져 있고 옥텟 규칙을 만족하는 XY_3 는 NF_3 이다. 따라서 3가지 분자의 구조식은 다음과 같다.



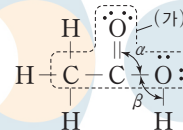
㉡. 전기 음성도는 $F > N$ 이므로 $XY_3(NF_3)$ 에서 X(N)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉠. 다중 결합이 있는 것은 N_2F_2 1가지이다.

㉢. $X_2Y_4(N_2F_4)$ 는 N에 결합한 원자 수가 3이고 N에 비공유 전자쌍이 1개씩 있으므로 구성 원자가 모두 동일 평면에 있지 않다.

02 중심 원자가 여러 개인 분자의 구조식

그림은 다중 결합과 비공유 전자쌍을 모두 나타낸 아세트산의 루이스 구조식이다.



㉠. (가)는 중심 원자인 C에 3개의 원자가 결합하고 비공유 전자쌍이 없으므로 모든 원자는 동일 평면에 있다.

㉡. 중심 원자에 결합한 원자 수가 3인 결합각 α 가 중심 원자에 결합한 원자 수가 2이고 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 2인 결합각 β 보다 크다.

㉢. 공유 전자쌍 수는 8이고 비공유 전자쌍 수는 4이다. 따라서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수의 차는 4이다.

03 공유 전자쌍 수와 구성 원자 수

분자의 쌍극자 모멘트가 0인 (나)와 (라)는 무극성 분자이다.

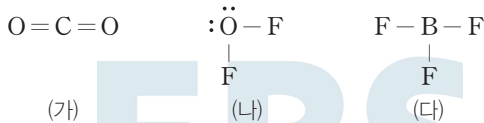
㉠. 구성 원자 수가 3이고 무극성 분자인 (나)의 분자 모양은 직선형이고 대칭 구조이다. 따라서 (나)의 구성 원소는 2가지이다.

㉡. 단일 결합으로 이루어진 분자는 구성 원자 수가 공유 전자쌍 수보다 많다. 따라서 구성 원자 수보다 공유 전자쌍 수가 많은 (가)와 (나)에는 다중 결합이 있다.

㉢. 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하므로 공유 전자쌍 수가 4인 분자는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없다. 따라서 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 (다) 1가지이다.

04 분자 구조와 결합각

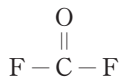
W~Z는 2주기 원소이므로 각각 Be, B, C, N, O, F 중 하나이다. 원자가 전자 수는 2~7인데, ZX_2 에서 구성 원자의 원자가 전자 수의 합이 20이 되려면 X는 원자가 전자 수가 7인 플루오린(F)이고 Z는 원자가 전자 수가 6인 산소(O)이다. WZ_2 에서 Z가 산소이므로 W는 탄소(C)이고, YX_3 에서 X가 플루오린(F)이므로 Y는 붕소(B)이다. 각 분자의 구조식은 다음과 같다.



✖. YX_3 (BF_3)에서 붕소는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

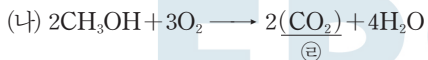
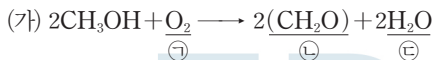
㉣. 결합각은 직선형인 WZ_2 (CO_2)가 가장 크고 중심 원자의 비공유 전자쌍이 2개인 ZX_2 (OF_2)가 가장 작으므로 $\alpha > \gamma > \beta$ 이다.

✖. WZX_2 는 COF_2 이고 분자 모양은 평면 삼각형이다.



05 분자 구조와 결합각

화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



㉠. 무극성 공유 결합이 있는 분자는 ㉠ O_2 뿐이다.

㉡. ㉡ CO_2 는 무극성 분자이다.

✖. ㉠~㉢은 모든 구성 원자가 동일 평면에 있다.

06 화학 결합 모형과 분자 구조

결합 전 원자의 원자가 전자 수로부터 (가)는 H_2O , (나)는 BeF_2 , (다)는 $CHOF$ 임을 알 수 있다.

✖. (가)는 굽은 형이므로 결합각이 가장 큰 것은 직선형인 (나)이고 결합각은 180° 이다.

㉣. 중심 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 것은 중심 원자의 전기 음성도가 주변 원자의 전기 음성도보다 작은 분자이다. 전기 음성도는 $F > Be$ 이므로 (나)의 중심 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉤. (가)는 굽은 형, (나)는 직선형, (다)는 평면 삼각형 구조이므로 구성 원자는 모두 같은 평면에 있다.

07 중심 원자에 결합한 원자 수

중심 원자에 결합된 원자 수와 중심 원자의 비공유 전자쌍 수에 따라 분자 모양을 결정할 수 있다.

✖. 다중 결합이 있는 경우 공유 전자쌍 수로 분자 모양을 결정할 수 없으므로 '공유 전자쌍'은 ㉠으로 적절하지 않다.

㉣. ㉣은 중심 원자에 결합된 원자가 2개이고 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으므로 'FCN'은 ㉣으로 적절하다.

✖. a는 직선형, b는 굽은 형, c는 평면 삼각형, d는 삼각뿔형이므로 입체 구조인 것은 d 1가지이다.

08 2, 3주기 원소로 이루어진 분자

3가지 분자는 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하면서 N, O, S, Cl로 이루어진 분자이다. WZ_3 는 NCl_3 이므로 W와 Z는 각각 N과 Cl이다. XZ_2 가 옥텟 규칙을 만족하려면 X는 O 또는 S인데 전기 음성도는 Y가 X보다 크므로 Y는 O, X는 S이다. 따라서 XZ_2 는 SO_2 이고, WYZ 는 $NOCl$ 이다. 각 분자의 루이스 구조식과 분자 모양은 그림과 같다.



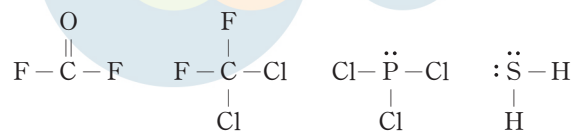
✖. WYZ 는 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1이고, XZ_2 는 2이므로 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 XZ_2 가 WYZ 보다 크다.

㉣. 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 것은 굽은 형인 XZ_2 와 WYZ 2가지이고, 삼각뿔형인 WZ_3 은 입체 구조이다.

✖. WYZ , XZ_2 , WZ_3 은 모두 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

09 분자의 분류

그림은 4가지 분자의 구조식이다.



중심 원자가 부분적인 음전하를 띠는 것은 중심 원자의 전기 음성도가 주변 원자의 전기 음성도보다 큰 분자이므로 (가)는 H_2S 이다. COF_2 은 평면 삼각형, CF_2Cl_2 은 사면체형, PCl_3 은 삼각뿔형이므로 입체 구조인 (나)는 CF_2Cl_2 , PCl_3 이고, (다)는 COF_2 이다.

- ㉠. H_2S 의 분자 모양은 굽은 형이다.
 ㉡. (나)에 해당하는 분자는 CF_2Cl_2 , PCl_3 로 2가지이다.
 ✕. COF_2 에는 2중 결합($C=O$)이 있다.

10 결합각과 공유 전자쌍 수

2주기 원소로 이루어진 분자 중 공유 전자쌍 수가 4이고 결합각이 109.5° 인 (가)의 분자 모양은 사면체형이다. 반면 공유 전자쌍 수는 4이지만 결합각이 180° 인 (나)의 분자 모양은 직선형이고 다중 결합이 존재한다.

- ㉠. 분자 모양이 사면체형인 (가)는 입체 구조이다.
 ㉡. (나)에는 다중 결합이 있다.
 ㉢. (다)의 공유 전자쌍 수는 3이고, (다)를 구성하는 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 (다)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 있다.

11 극성 물질과 무극성 물질

- ㉠. A는 대전체에 끌렸고 B는 대전체에 끌리지 않았으므로 A는 극성 물질이고 B는 무극성 물질이다. 따라서 (가)의 2가지 액체로 극성인 물과 무극성인 헥세인은 적절하다.
 ✕. B는 무극성 물질이므로 대전체에 의해 질서 있는 배열을 하지 않는다.
 ㉡. 대전체에 끌리는 정도로 분자의 구조와 성질을 탐구하였고, 가설이 옳다고 결론을 내렸으므로 '극성 물질과 무극성 물질은 대전체에 끌리는 정도가 다를 것이다.'는 가설로 적절하다.

12 쌍극자 모멘트와 분자 구조

- 부분 전하는 전기 음성도의 차에 의해 결정된다. 전기 음성도는 $W > X$, $W > Y$, $Z > Y$, $Y > X$, $Z > X$ 이므로 $W > Y > X$, $Z > Y > X$ 이다. 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 $W \sim Z$ 은 각각 C, N, O, F 중 하나이고, 전기 음성도는 $F > O > N > C$ 이므로 X는 탄소(C), Y는 질소(N)이다. (다)는 NCZ 이고 옥텟 규칙을 만족하기 위한 Z는 플루오린(F)이다. 따라서 W는 O, X는 C, Y는 N, Z는 F이다.
 ✕. $W \sim Z$ 중 전기 음성도는 Z가 가장 크다.
 ㉡. (가)~(다)는 각각 CO_2 , NOF , FCN 이고 각 분자의 구조식은 다음과 같다. 따라서 3중 결합이 있는 것은 (다) 1가지이다.



- ㉢. 분자 모양은 (가)와 (다)가 직선형, (나)가 굽은 형이므로 결합각이 가장 작은 것은 (나)이다.

10 동적 평형

수능 2점 테스트

본문 152~153쪽

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

01 황산 구리와 황산 구리 수화물의 가역 반응

실험의 반응은 다음과 같이 쓸 수 있다.



흰색

푸른색

- ㉠. $CuSO_4(s)$ 에 물을 가했더니 푸른색 생성물 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 이 되었으므로 $CuSO_4$ 와 H_2O 은 반응물이다.
 ㉡. 물을 가해 푸른색이 되고, 가열하여 물을 제거하면 흰색이 되므로 이 반응은 가역 반응이다.
 ㉢. 푸른색 고체를 가열하면 다시 흰색이 되므로 H_2O 이 생성된다.

02 석회 동굴의 형성과 화학 평형

탄산 칼슘이 녹고 탄산수소 칼슘에서 이산화 탄소가 발생하는 반응은 가역 반응이다.

- ㉠. 탄산 칼슘이 녹는 반응은 (가)에서 역반응에 해당한다.
 ✕. 동굴이 생성되고 있을 때에도 탄산 칼슘의 용해와 석출은 동시에 일어나므로 이 반응은 가역 반응이다.
 ㉢. (가)가 동적 평형 상태에 있을 때 탄산 칼슘의 석출 속도와 용해 속도는 같다.

03 이산화 탄소의 용해와 동적 평형

물에 $CO_2(g)$ 가 용해되어 더 이상 기포가 발생하지 않으면 동적 평형 상태이다.

- ✕. $CO_2(g)$ 가 주입되어 물에 용해될 때 정반응과 역반응이 동시에 일어나므로 $CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$ 의 역반응 속도는 0이 아니다.
 ✕. 뚜껑을 닫은 물병에서 $CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$ 는 가역 반응이다.
 ㉢. 충분한 시간이 지난 후 닫힌 용기 내 $CO_2(g)$ 와 $CO_2(aq)$ 의 농도가 일정하게 유지되는 동적 평형 상태에 도달한다.

04 물의 자동 이온화

(가)는 H_3O^+ 이고 (나)는 OH^- 이다. $25^\circ C$ 물의 $K_w = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} M (mol/L)$ 이다.

✕. (가)는 H_3O^+ 이고, 25°C 의 물에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-7} \text{ M}$ (mol/L)이다. 따라서 물 10^{14} L 에 (가)는 $(1 \times 10^{-7}) \text{ mol/L} \times 10^{14} \text{ L} = 10^7 \text{ mol}$ 이 있다.

㉠. 물에 염산을 넣으면 H_3O^+ 의 양(mol)은 증가하고 OH^- 인 (나)의 양(mol)은 감소한다.

✕. 일정한 온도에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 용액의 액성과 관계 없이 일정한 값을 갖는다.

05 물의 상평형

밀폐된 상태에서는 H_2O 의 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달한다.

㉠. t_1 은 평형에 도달하기 전이므로 증발 속도가 응축 속도보다 크다.

㉡. t_2 이후에 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 분자 수는 일정하므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 동적 평형을 이루고 있다.

㉢. $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 분자 수가 $t_2 > t_1$ 이므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 $t_1 > t_2$ 이다.

06 여러 가지 물질의 pH

$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ 이고 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 이다. pH가 1.0이 크면 H_3O^+ 의 몰 농도는 $\frac{1}{10}$ 배이다.

㉠. 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 이고, $t^\circ\text{C}$ 에서 물의 pH는 7.0이므로 $7.0 = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$ 에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이다.

㉡. 1 M $\text{HCl}(aq)$ 의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \text{ M}$ 이므로 pH는 0인 (가)와 같다.

✕. 레몬즙의 pH는 2.0이고 토마토즙의 pH는 4.0이므로 레몬즙과 토마토즙의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 각각 $1 \times 10^{-2} \text{ M}$, $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이고 H_3O^+ 의 몰 농도는 레몬즙이 토마토즙의 100배이다.

㉣. (나)는 pH가 10.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-10} \text{ M}$ 이고 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다. (나)에 포함된 $\frac{\text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}}$ $= \frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-10}} = 10^6$ 이다.

㉤. 하수구 세척액의 pH는 13.0이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 이고, 1 L에 포함된 OH^- 는 6×10^{22} 개이다.

07 HCl(aq)의 pH

1 M $\text{HCl}(aq)$ 1 mL에 포함된 HCl의 양은 $1 \text{ mol/L} \times 0.001 \text{ L} = 0.001 \text{ mol}$ 이고, 수용액 A에 포함된 H_3O^+ 의 양도 0.001 mol이다.

✕. 물의 이온화 상수 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 온도가 일정하면 용액의 액성에 관계없이 일정한 값을 갖는다. 따라서 25°C 에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 1×10^{-14} 이다.

㉠. 1 M $\text{HCl}(aq)$ 의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \text{ M}$ 이므로 pH는 0이고 pOH는 14.0이다. 수용액 A의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 pH는 2.0이다. 따라서 $\frac{1 \text{ M HCl}(aq) \text{의 pOH}}{\text{수용액 A의 pH}} = \frac{14.0}{2.0} = 7$ 이다.

✕. 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14} 이므로 물의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이고, 수용액 A의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. 따라서 $[\text{OH}^-]$ 는 물이 수용액 A의 10^5 배이다.

08 25°C 산과 염기 수용액

25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이므로 중성에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

㉠. (가)는 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 5 \times 10^{-8} \text{ M} < 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 염기성이고, (나)는 $\text{pH} - \text{pOH} = 0$ 이므로 중성이다. (다)는 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M} > 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 산성이다. 따라서 (가)~(다)의 액성은 모두 다르다.

㉡. (다)의 $\text{pH} = 2.0$, $\text{pOH} = 12.0$ 이므로 $y = -10$ 이다.

(가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 5 \times 10^{-8} \text{ M}$ 로 pH와 pOH의 차가 (다)보다 작다. 따라서 $(x+y)$ 는 0보다 작다.

㉢. (가)의 H_3O^+ 의 양은 $5 \times 10^{-8} \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 1 \times 10^{-8} \text{ mol}$ 이다. (다)의 H_3O^+ 의 양은 $0.01 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 따라서 H_3O^+ 의 양(mol)은 (다)가 (가)의 10^5 배이다.

수능 3점 테스트

본문 154~158쪽

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

01 상평형

㉠. (가)는 $\text{CO}_2(s) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g)$ 이 평형 상태에 있으므로 $\text{CO}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(s)$ 반응이 일어나고 있다.

✕. 평형 상태에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도 = $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도이고, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 없는 초기에 응축 속도는 0이므로 t_2 가 될 때까지 $\frac{\text{H}_2\text{O}(l) \text{의 증발 속도}}{\text{H}_2\text{O}(g) \text{의 응축 속도}}$ 는 감소한다.

㉢. 초기에 $\text{CO}_2(s)$ 를 넣은 상태에서 $\text{CO}_2(s) \rightarrow \text{CO}_2(g)$ 의 승화만 일어나다가 $\text{CO}_2(g)$ 가 많아질수록 $\text{CO}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(s)$ 의 승화 속도가 증가하므로 평형에 도달하기 전에 $\text{CO}_2(s)$ 의 승화 속도는 $\text{CO}_2(g)$ 의 승화 속도보다 크다.

02 용해 평형

㉠. $\text{NaCl}(s)$ 의 양이 일정하게 유지되는 용해 평형 상태에서 $\text{NaCl}(s)$ 의 질량이 c g이므로 물에 녹아 있는 NaCl 의 질량은 $(a-c)$ g이다.

㉡. 용해 평형 상태에서 용해 속도와 석출 속도가 같으므로 용해 평형에 도달하기 전인 t_1 에서는 용해 속도가 석출 속도보다 크다.

㉢. 용해 평형 상태에서 $\text{NaCl}(s)$ 을 추가하여도 용액의 농도는 변하지 않는다.

03 이산화 질소와 사산화 이질소의 평형

㉠. (가) \rightarrow (나) 과정에서 N_2O_4 의 농도가 증가하므로 $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightarrow 2\text{NO}_2(g)$ 의 반응 속도는 증가한다.

㉢. (가)에서 $\frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]}=0$ 이고 (나)에서 $\frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]}=\frac{3}{4}$ 이므로, 평형 상태에 도달하기 전에 $\frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]}=1$ 인 순간은 존재하지 않는다.

㉣. $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 1개가 분해되어 $\text{NO}_2(g)$ 2개를 생성하는데, 평형 상태에서 분자 수는 일정하게 유지되므로 (나)에서 단위 시간당 $\text{NO}_2(g)$ 로 분해되는 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양(mol) / 단위 시간당 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 를 생성하는 $\text{NO}_2(g)$ 의 양(mol) = $\frac{1}{2}$ 이다.

04 이산화 탄소의 용해 평형

㉢. 생수의 $\text{pH}=9.0$ 이므로 생수의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-9}$ M이고, $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-5}$ M이다. 따라서 생수에 포함된 H_3O^+ 의 양(mol)은 OH^- 의 양(mol)의 $\frac{1}{10^4}$ 배이다.

㉣. 수용액의 $\text{pH}=6.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-6}$ M이다. 수용액 100 mL에 존재하는 H_3O^+ 의 양은 1×10^{-7} mol이다.

㉤. $\text{CO}_2(g)$ 가 용해되면 수용액의 pH 가 감소하므로 $\text{CO}_2(g)$ 가 용해된 빗물의 pH 가 7.0보다 작음을 추론할 수 있다.

05 HCl(aq)의 희석

25°C에서 물의 이온화 상수 $K_w=[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=1 \times 10^{-14}$ 이고, $\text{pH}+\text{pOH}=14.0$ 이다.

㉢. $\text{HCl}(aq)$ 의 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=0$ 이면 $\text{pH}=0$ 이다. $\text{pH}=-\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이고 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1$ M이므로 (가)의 몰 농도는 1 M이다.

㉣. (다)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=\frac{2}{5}$ 이므로 $\text{pH}=4.0$, $\text{pOH}=10.0$ 이고,

(라)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=\frac{1}{6}$ 이므로 $\text{pH}=2.0$, $\text{pOH}=12.0$ 이다. (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-4}$ M, (라)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-2}$ M이고 하나의 용액을 희석하였으므로 용질의 양은 같고 부피만 변한다. 따라서 수용액의 부피는 (다)가 (라)의 100배이다.

㉤. (나)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=1$ 이면 $\text{pH}=\text{pOH}=7.0$ 이고 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-7}$ M이다. (다)에서 $\text{pOH}=10.0$ 이고 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-10}$ M이다. $[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (다)의 1000배이지만 용액의 부피가 같지 않으므로 OH^- 의 양(mol)은 (나)가 (다)의 1000배가 아니다.

06 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 희석

㉢. 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이므로 물의 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-7}$ M이고 물 1 L에 OH^- 이 1×10^{-7} mol 존재한다. 따라서 OH^- 의 양(mol)은 부피가 큰 (다)가 (가)보다 많다.

㉣. 0.2 M $\text{NaOH}(aq)$ 50 mL를 물 150 mL에 첨가하면 0.05 M $\text{NaOH}(aq)$ 200 mL가 생성된다. (나)의 $[\text{OH}^-]$ 와 (라)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 같으므로 (나)는 0.05 M $\text{HCl}(aq)$ 150 mL이다. $a \times 50 = 0.05 \times 150$, $a = 0.15$ 이다.

㉤. (다)의 $[\text{OH}^-]=1 \times 10^{-7}$ M이고 (라)의 $[\text{OH}^-]=0.05$ M이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (라)가 (다)의 5×10^5 배이다.

07 산 또는 염기 수용액의 농도와 pH

(나)에서 $[\text{OH}^-]=5 \times 10^{-12}$ M이고 pOH 가 7보다 크므로 (나)는 $\text{HCl}(aq)$ 이다. $K_w=[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=[\text{H}_3\text{O}^+] \times 5 \times 10^{-12} = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 ㉠ $[\text{H}_3\text{O}^+]=2 \times 10^{-3}$ M이다. (나)는 $\text{HCl}(aq)$ 이고 $0.2a = 2 \times 10^{-3}$, $a = 0.01$ 이다. (가)는 0.01 M $\text{NaOH}(aq)$ 이고 ㉡ $[\text{OH}^-]=0.01$ M이므로 $\text{pOH}=2.0$, $\text{pH}=12.0$ 이다. 따라서 $a \times \frac{㉡}{㉠} \times ((\text{가}) \text{의 } \text{pH}) = 0.01 \times \frac{0.01}{2 \times 10^{-3}} \times 12.0 = 0.6$ 이다.

08 NaOH(aq)의 희석

(다)의 $\text{pH}=12.0$, $\text{pOH}=2.0$ 이고 $[\text{OH}^-]=0.01$ M이다. 따라서 (다)에 포함된 OH^- 의 양은 0.005 mol이므로 (가)와 (나)에는 각각 0.0025 mol의 NaOH 이 들어 있다.

(가)와 (나)에 각각 NaOH 0.0025 mol이 들어 있는데, (나)의 부피가 (가)의 2배이므로 NaOH 의 몰 농도는 (가)가 (나)의 2배이고 $[\text{OH}^-]$ 도 (가)가 (나)의 2배이다. $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 는 일정하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나)가 (가)의 2배이다.

(나)에서 $[\text{OH}^-]=\frac{0.0025 \text{ mol}}{0.25 \text{ L}}=0.01$ M이다.

$\text{pOH}=-\log[\text{OH}^-]=-\log 0.01=2.0$, $\text{pH}=12.0$ 이고, (다)의 $\text{pOH}=2.0$ 이다. 따라서 $\frac{(\text{나}) \text{의 } [\text{H}_3\text{O}^+]}{(\text{가}) \text{의 } [\text{H}_3\text{O}^+]} \times \frac{(\text{나}) \text{의 } \text{pH}}{(\text{다}) \text{의 } \text{pOH}} = 2 \times \frac{12.0}{2.0} = 12$ 이다.

09 수용액의 부피에 따른 pH

0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 $\text{pOH}=1.0$, $\text{pH}=13.0$ 이다. 수용액의 부

피가 x mL에서 10 mL가 되었을 때 pH가 13.0에서 12.0이 되었으므로 $[\text{OH}^-]$ 는 $\frac{1}{10}$ 배 감소한다. 용질의 양은 일정하므로 수용액의 부피는 10배 증가했고 $x=1$ 이다. 수용액의 부피가 10 mL에서 20 mL로 2배 증가하면 몰 농도는 $\frac{1}{2}$ 배 감소한다.

따라서 10 mL에서 $[\text{OH}^-]=0.01$ M이고 20 mL에서 $[\text{OH}^-]=0.005$ M이다. 20 mL에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=2 \times 10^{-12}$ M이고 $z=\text{pH}=-\log(2 \times 10^{-12})=12-\log 2$ 이다. $\text{pH}=11.0$ 이 되면 $\text{pH}=12.0$ 일 때 부피의 10배가 되므로 $y=100$ 이다. 따라서 $x+y-z=1+100-(12-\log 2)=89+\log 2$ 이다.

10 10배의 농도로 희석하기

25°C에서 물의 이온화 상수 $K_w=[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=1 \times 10^{-14}$ 로 일정하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 감소하면 $[\text{OH}^-]$ 는 증가한다.

✕. 4번에서 $\text{HCl}(aq)$ 을 1 mL 취한 후 10배 희석했으므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $\frac{1}{10}$ 배가 되고 $[\text{OH}^-]$ 는 10배가 된다. 따라서 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$

는 4번 수용액이 5번 수용액의 $\frac{1}{100}$ 배이다.

㉠. $n(=1, 2, 3)$ 번 수용액과 $(n+4)$ 번 수용액 쌍의 pH와 pOH는 표와 같다.

n	1	5	2	6	3	7
pH	0	4	1	5	2	6
pOH	14	10	13	9	12	8

따라서 수용액 쌍 각각에서

$$\frac{|n\text{번 수용액의 pH} - (n+4)\text{번 수용액의 pOH}|}{|(n+4)\text{번 수용액의 pH} - n\text{번 수용액의 pOH}|} = 1\text{이다.}$$

✕. 8번 수용액은 1 M $\text{HCl}(aq)$ 1 mL를 10^7 배 희석한 것이다. 수용액의 희석에 의해 산성이 염기성으로 변하지는 않는다.

11 산 염기와 중화 반응

수능 2점 테스트

본문 167~169쪽

01 ㉠ 02 ㉠ 03 ㉡ 04 ㉠ 05 ㉠ 06 ㉡ 07 ㉡
08 ㉡ 09 ㉡ 10 ㉡ 11 ㉡ 12 ㉡

01 산과 염기의 정의

아레니우스 산은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이고, 브뢴스테드·로리 산은 양성자(H^+)를 주는 물질이다.

㉠. NH_3 는 H_2O 로부터 양성자(H^+)를 받아 NH_4^+ 이 된다.

✕. 아레니우스 산은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이므로 NH_3 는 아레니우스 산이 아니다.

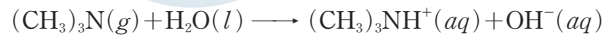
㉡. H_2O 은 NH_3 에 양성자(H^+)를 주었으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

02 산과 염기의 정의

아레니우스 산은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이고, 브뢴스테드·로리 염기는 양성자(H^+)를 받는 물질이다.

㉠. (가)에서 HCl 은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 아레니우스 산이다.

㉡. 완성된 화학 반응식 (나)는 다음과 같다.



따라서 ㉠은 OH^- 이다.

✕. (가)에서 H_2O 은 HCl 로부터 양성자(H^+)를 받았으므로 브뢴스테드·로리 염기이고, (나)에서 H_2O 은 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 에 양성자(H^+)를 주었으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

03 중화 반응과 몰 농도

(가)와 (나)에 존재하는 이온의 양(mol)은 표와 같다.

혼합 용액	이온의 양(mol)			
	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
(가)	0	0.002	0.002	0
(나)	0	0.004	0.008	0.004

㉠. OH^- 이 존재하므로 (나)는 염기성이다.

㉡. $\frac{\text{(나)에 존재하는 모든 이온의 양(mol)}}{\text{(가)에 존재하는 모든 이온의 양(mol)}} = \frac{0.016}{0.004} = 4\text{이다.}$

㉢. $\frac{\text{(나)에서 } \text{Na}^+\text{의 몰 농도(M)}}{\text{(가)에서 } \text{Na}^+\text{의 몰 농도(M)}} = \frac{0.008 \text{ mol}}{0.04 \text{ L}} \div \frac{0.002 \text{ mol}}{0.03 \text{ L}} = 3\text{이다.}$

04 중화 반응과 이온의 양(mol)

HCl(aq)과 NaOH(aq)의 혼합 용액이 산성이면 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 HCl(aq)에 존재하는 모든 이온의 양(mol)과 같고, 혼합 용액이 염기성이면 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 혼합 전 NaOH(aq)에 존재하는 모든 이온의 양(mol)과 같다.

㉠ (가)에서 혼합 용액의 부피는 혼합 전 NaOH(aq)의 부피의 $\frac{5}{2}$ 배이므로 Na⁺의 몰 농도(M)는 혼합 전 NaOH(aq)의 몰 농도(M)의 $\frac{2}{5}$ 배인 0.04 M이다.

㉡ (나)에서 혼합 전 0.1 M NaOH(aq) 30 mL에 존재하는 Na⁺과 OH⁻의 양의 합은 0.006 mol이므로 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양인 0.008 mol보다 작다. 따라서 (나)는 산성이다.

㉢ (나)에서 혼합 전 0.2 M HCl(aq) V mL에 존재하는 모든 이온의 양이 0.008 mol이므로 V=20이다.

05 산과 염기

○이 2가지 수용액에 공통으로 존재하므로 OH⁻이고, □은 X²⁻이며, (다)는 0.2 M H₂X(aq)이다. 3가지 수용액의 부피가 모두 같으므로 부피를 각각 1 L라고 가정하면 각 수용액에 존재하는 이온의 양(mol)은 표와 같다.

수용액	이온의 양(mol)	
0.1 M Z(OH) ₂ (aq)	Z ²⁺	0.1
	OH ⁻	0.2
0.1 M YOH(aq)	Y ⁺	0.1
	OH ⁻	0.1
0.2 M H ₂ X(aq)	H ⁺	0.4
	X ²⁻	0.2

㉠ 수용액에 존재하는 음이온의 몰비가 (가) : (나) = 2 : 1이므로 (가)는 0.1 M Z(OH)₂(aq), (나)는 0.1 M YOH(aq)이다.

㉡ 수용액에 존재하는 양이온의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같다.

㉢ (가)와 (나)에 존재하는 OH⁻과 (다)에 존재하는 H⁺의 몰비는 OH⁻ : H⁺ = 3 : 4이므로 (가)~(다)를 모두 혼합한 용액은 산성이다.

06 중화 반응

HCl(aq)과 NaOH(aq)의 혼합 용액이 산성이면 혼합 용액에는 H⁺, Cl⁻, Na⁺이 존재하고 염기성이면 OH⁻, Cl⁻, Na⁺이 존재하며, 중성이면 Cl⁻, Na⁺이 존재한다.

㉠ 혼합 용액에 존재하는 이온의 가짓수는 (가) > (나)이므로 (가)에는 3가지, (나)에는 2가지 이온이 존재한다. 따라서 (나)는 중성

이고, 부피비가 HCl(aq) : NaOH(aq) = 2 : 1이므로

$$\frac{\text{HCl(aq)의 몰 농도(M)}}{\text{NaOH(aq)의 몰 농도(M)}} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

㉢ (가)는 HCl(aq)의 부피가 NaOH(aq)의 부피의 2배보다 크므로 산성이다.

㉣ (다)는 HCl(aq)의 부피가 NaOH(aq)의 부피의 2배보다 작으므로 염기성이고, 가장 많이 존재하는 이온은 Na⁺이다.

07 중화 반응과 이온의 몰 농도

H⁺의 양은 I에서 (0.04 + 0.1x) mol이고, II에서 (0.04 - 0.03) = 0.01 mol이다.

$$\frac{\text{II에서 H}^{\text{+}} \text{의 몰 농도(M)}}{\text{I에서 H}^{\text{+}} \text{의 몰 농도(M)}} = \frac{\frac{0.01 \text{ mol}}{0.35 \text{ L}}}{\frac{(0.04 + 0.1x) \text{ mol}}{0.30 \text{ L}}} = \frac{1}{7} \text{이므로}$$

x=0.2이다.

08 산 염기와 중화 반응

(가)~(다) 중 각각 2가지씩 혼합한 용액에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)은 표와 같다.

혼합 용액	양이온의 양(mol)
(가)+(나)	H ⁺ 0.005
(나)+(다)	H ⁺ 0.002 Na ⁺ 0.002
(가)+(다)	Na ⁺ 0.002

㉠ 혼합 용액에 존재하는 모든 양이온의 몰 농도(M)의 합은 혼합 용액 (가)+(나), (나)+(다), (가)+(다)가 각각 $\frac{5}{30}$, $\frac{4}{30}$, $\frac{2}{20}$ 이다. 따라서 I은 (가)+(나), II는 (나)+(다), III은 (가)+(다)의 혼합 용액이고, ㉠은 '(가)+(나)'이다.

㉢ 혼합 용액에 존재하는 모든 양이온의 몰 농도(M)의 합은 I : II = $\frac{5}{30} : \frac{4}{30} = 5 : 4$ 이므로 a=4이다.

㉣ I과 II는 산성이고, III은 염기성이므로 I~III 중 산성인 것은 2가지이다.

09 중화 반응과 이온의 양(mol)

(나)에는 □ 1가지만 존재하므로 □은 Na⁺이다. (가)에는 ○과 □ 2가지가 존재하므로 산성이고, ○은 H⁺이다. (가)에는 H⁺이 0.001 mol 존재하므로 모형 1개의 양은 0.001 mol이다. (나)에는 Na⁺이 0.002 mol 존재하므로 V=20이다.

$$\frac{\text{(나)에서 Cl}^{\text{-}} \text{의 몰 농도(M)}}{\text{(가)에서 X}^{\text{2-}} \text{의 몰 농도(M)}} = \frac{\frac{0.01x \text{ mol}}{0.03 \text{ L}}}{\frac{0.001 \text{ mol}}{0.02 \text{ L}}} = \frac{4}{3} \text{이므로}$$

x=0.2이다. 따라서 x×V=0.2×20=4이다.

10 산 염기와 중화 반응

(가)~(다)의 부피가 모두 같으므로 1 L라고 가정하면, 수용액에 존재하는 음이온의 양(mol)은 0.2 M $H_2X(aq)$, 0.1 M $HCl(aq)$, a M $NaOH(aq)$ 이 각각 0.2, 0.1, a 이다. 수용액에 존재하는 음이온의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같으므로 (가)와 (나)가 0.2 M $H_2X(aq)$ 또는 a M $NaOH(aq)$ 일 때 (다)는 0.1 M $HCl(aq)$ 이고, $a=0.2$ 이다. 또한 (가)와 (나)가 0.1 M $HCl(aq)$ 또는 a M $NaOH(aq)$ 일 때 (다)는 0.2 M $H_2X(aq)$ 이고, $a=0.1$ 이다.

✕. (나)와 (다)의 혼합 용액은 염기성이므로 (가)는 0.2 M $H_2X(aq)$, (나)는 0.2 M $NaOH(aq)$, (다)는 0.1 M $HCl(aq)$ 이다.

○. $a=0.2$ 이다.

○. (가)와 (나)의 부피가 같으므로 (가)와 (나)의 부피를 각각 1 L라고 하면, (가)와 (나)를 혼합한 용액에는 H^+ 0.2 mol, X^{2-} 0.2 mol, Na^+ 0.2 mol이 들어 있다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합한 용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이다.

11 중화 적정 실험

적정에 사용된 $NaOH(aq)$ 의 부피가 V mL이므로 x M $CH_3COOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 0.2 M $NaOH(aq)$ V mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)이 같고, $x \times 0.02 = 0.2 \times 0.001V$ 이다.

중화점에서 Na^+ 의 몰 농도는 $\frac{(0.2 \times 0.001V) \text{ mol}}{(0.02 + 0.001V) \text{ L}} = 0.12 \text{ M}$ 이므로 $V=30$ 이고, $x=0.3$ 이다. 따라서 $x \times V = 0.3 \times 30 = 9$ 이다.

12 중화 반응과 이온의 양(mol)

$NaOH(aq)$ 에 $HY(aq)$ 을 가할 때 중화점까지 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 일정하고 중화점 이후부터 모든 이온의 양(mol)은 증가하며, $NaOH(aq)$ 에 $H_2X(aq)$ 을 가할 때 중화점까지 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 감소하고 중화점 이후부터 모든 이온의 양(mol)은 증가한다.

○. (가)와 (나)를 각각 20 mL씩 가했을 때가 중화점이고, 중화점까지 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 (가)를 가할 때 일정하고, (나)를 가할 때 감소하므로 (가)는 $HY(aq)$ 이고, (나)는 $H_2X(aq)$ 이다.

○. 중화점까지 가한 산 수용액의 부피는 $H_2X(aq)$ 과 $HY(aq)$ 이 모두 20 mL이므로 $H_2X(aq)$ 의 몰 농도는 0.1 M이고, $HY(aq)$ 의 몰 농도는 0.2 M이다.

따라서 $\frac{H_2X(aq) \text{의 몰 농도(M)}}{HY(aq) \text{의 몰 농도(M)}} = \frac{1}{2}$ 이다.

○. $HY(aq)$ 을 30 mL 가했을 때 혼합 용액에는 Na^+ 0.004 mol, H^+ 0.002 mol, Y^- 0.006 mol이 존재하므로 $a=12$ 이고, $H_2X(aq)$ 을 20 mL 가했을 때 혼합 용액에는 Na^+ 0.004 mol, X^{2-} 0.002 mol이 존재하므로 $b=6$ 이다. 따라서 $a=2b$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 170~175쪽

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

01 산과 염기의 정의

아레니우스 산은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이고 아레니우스 염기는 수용액에서 수산화 이온(OH^-)을 내놓는 물질이다. 브뢴스테드·로리 산은 양성자(H^+)를 주는 물질이고 브뢴스테드·로리 염기는 양성자(H^+)를 받는 물질이다.

○. (가)에서 $HCOOH$ 은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 아레니우스 산이다.

✕. (나)에서 H_2O 은 CO_3^{2-} 에게 양성자(H^+)를 주었으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

○. (다)에서 HSO_4^- 은 CO_3^{2-} 에 양성자(H^+)를 주었으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

02 중화 반응과 이온의 양(mol)

(가)에 존재하는 OH^- 의 양은 0.005 mol이므로 ○ 1개는 OH^- 0.001 mol을 의미한다. 따라서 (나)에서 □ 1개는 X^{n-} 0.001 mol을 의미한다.

✕. x M $H_nX(aq)$ 10 mL에는 H^+ 0.004 mol과 X^{n-} 0.002 mol이 존재하므로 $n=2$ 이다.

○. x M $H_2X(aq)$ 10 mL에 존재하는 H^+ 의 양은 0.004 mol이므로 $H_2X(aq)$ 의 몰 농도는 0.2 M이고, $x=0.2$ 이다.

○. (나)는 염기성이므로 양이온은 Na^+ 0.005 mol만 존재하고, 음이온은 OH^- 0.001 mol과 X^{2-} 0.002 mol이 존재한다. 따라서 (나)에 존재하는 모든 이온의 양은 0.008 mol이다.

03 중화 반응과 이온의 양(mol)

(나)의 혼합 용액에는 Na^+ 0.002 mol, H^+ 0.002 mol, Cl^- 0.004 mol이 존재하므로 (나)의 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양은 0.008 mol이고,

$\frac{\text{(가)에서 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)}}{\text{(나)에서 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)}} = \frac{3}{4}$ 이므로

(가)에 존재하는 모든 이온의 양은 0.006 mol이다. 0.1 M $NaOH(aq)$ 20 mL에는 Na^+ 0.002 mol과 OH^- 0.002 mol

이 들어 있으므로 (가)에서 만든 혼합 용액이 염기성이나 중성이면 모든 이온의 양은 0.004 mol이어야 한다. 그러나 (가)에서 만든 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양은 0.006 mol이므로 산성이고 혼합 용액에는 Na^+ 0.002 mol, H^+ (0.01x - 0.002) mol, Cl^- 0.01x mol이 존재한다. 따라서 $x=0.3$ 이다.

04 중화 적정 실험

(나)에서 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 2배가 되었으므로 (나)에서 만든 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도는 $\frac{1}{2}x$ M이다.

㉠. $V_1=40$ mL이므로 $\frac{1}{2}x$ M \times 40 mL = 0.2 M \times 50 mL이고, $x=0.5$ 이다. $V_2=30$ mL이므로 $\frac{1}{2}x$ M \times 30 mL = y M \times 50 mL이고, $y=0.15$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x}=0.3$ 이다.

㉡. $x=0.5$ 이므로 (가)에서 0.5 M $\text{NaOH}(aq)$ 50 mL를 만드는 데 필요한 NaOH 의 양은 0.025 mol이다. NaOH 의 화학식량이 40이므로 0.025 mol NaOH 의 질량은 1 g이다. 따라서 $w=1$ 이다.

㉢. $x(=0.5)$ M $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 존재하는 OH^- 의 양은 0.01 mol이고, 0.2 M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL에 존재하는 H^+ 의 양은 0.002 mol, $y(=0.15)$ M $\text{HCl}(aq)$ 40 mL에 존재하는 H^+ 의 양은 0.006 mol이므로 3가지 수용액을 모두 혼합한 용액은 염기성이다.

05 중화 반응과 이온의 양(mol)

$\text{NaOH}(aq)$ 과 $\text{HCl}(aq)$ 의 혼합 용액이 산성이면 혼합 용액에 가장 많이 존재하는 이온은 Cl^- 이고, 혼합 용액이 염기성이면 혼합 용액에 가장 많이 존재하는 이온은 Na^+ 이다.

㉠. (가)에 존재하는 이온이 3가지이므로 (가)는 중성이 아니고, (가)에서 가장 많이 존재하는 이온이 Cl^- 이므로 (가)는 산성이다.

㉡. (가)는 산성이므로 수용액에 존재하는 양이온의 양은 H^+ (0.02x - 0.03y) mol과 Na^+ 0.03y mol로 총 0.02x mol이 존재한다. (나)가 중성 또는 산성이면 수용액에 존재하는 양이온의 양은 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 에 존재하는 H^+ 의 양인 0.015x mol과 같아야 한다. 그러나 $\frac{\text{(나)에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)}}{\text{(가)에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{5}{4}$ 이므로 (나)에 존재하는 모든 양이온의 양은 0.025x mol이고, (나)는 염기성이다. 염기성인 (나)에 존재하는 양이온은 Na^+ 0.05y mol이므로 0.05y = 0.025x이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{1}{2}$ 이다.

㉢. $\frac{y}{x} = \frac{1}{2}$ 이므로 (나)에 존재하는 이온은 Na^+ 0.05y mol, OH^- 0.02y (=0.05y - 0.015x) mol, Cl^- 0.03y (=0.015x) mol이다. 따라서 (나)에서 두 번째로 많이 존재하는 이온은 Cl^- 이다.

06 중화 반응과 이온의 양(mol)

x M $\text{H}_2\text{X}(aq)$ 20 mL에 0.2 M $\text{NaOH}(aq)$ 을 가하는 것으로 X^{2-} 의 양(mol)은 일정하다.

㉠. 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 30 mL에서 40 mL로 증가하면 혼합 용액 속 X^{2-} 의 몰 농도(M)는 감소하므로 (나)는 OH^- 이고, (가)는 X^{2-} 이다.

㉡. 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 용액에 존재하는 X^{2-} 과 OH^- 의 몰 농도(M)는 표와 같다.

가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)		30	40
몰 농도(M)	X^{2-}	$\frac{20x}{50}$	$\frac{20x}{60}$
	OH^-	$\frac{6-40x}{50}$	$\frac{8-40x}{60}$

가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 30 mL일 때와 40 mL일 때 혼합 용액에 존재하는 OH^- 의 몰 농도(M)의 비는

$$\frac{6-40x}{50} : \frac{8-40x}{60} = 3b : 5b \text{이므로 } x=0.1 \text{이다.}$$

가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 30 mL일 때 OH^- 의 몰 농도(M)는

$$3b = \frac{6-40x}{50} = \frac{6-40 \times 0.1}{50} = 0.04 \text{이고, } \text{X}^{2-} \text{의 몰 농도(M)는}$$

$$a = \frac{20x}{50} = \frac{20 \times 0.1}{50} = 0.04 \text{이므로 } a = 3b \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } x \times \frac{a}{b} = 0.1 \times 3 = 0.3 \text{이다.}$$

㉢. 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 40 mL일 때 혼합 용액에는 Na^+ 0.008 mol, OH^- 0.004 mol, X^{2-} 0.002 mol이 존재한다. 따라서 혼합 용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{3}{4}$ 이다.

07 중화 반응과 이온의 몰 농도

가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 증가할수록 H^+ 의 몰 농도(M)는 감소하므로 (가)는 Na^+ , (나)는 H^+ 이다. 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 2V mL일 때 H^+ 과 Na^+ 의 몰 농도(M)가 같으므로 x M $\text{HCl}(aq)$ 50 mL에 존재하는 H^+ 의 양(mol)은 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 2V mL에 존재하는 OH^- 의 양(mol)의 2배이고, $50x \times 10^{-3} = 2 \times 0.2V \times 10^{-3}$ 이며 $50x = 0.4V$ 이다. 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 3V mL일 때 H^+ 의 몰 농도는

$$\frac{(50x - 0.3V) \times 10^{-3} \text{ mol}}{(50 + 3V) \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.02 \text{ M이고, } 50x = 0.4V \text{이므로 } V = 25 \text{이며 } x = 0.2 \text{이다.}$$

$$\text{가한 } \text{NaOH}(aq) \text{의 부피가 } 3V \text{ mL일 때, } \text{Na}^+ \text{의 몰 농도는}$$

$$\frac{0.3V \times 10^{-3} \text{ mol}}{(50 + 3V) \times 10^{-3} \text{ L}} = \frac{7.5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{(50 + 75) \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.06 \text{ M이고,}$$

$$y = 0.06 \text{이다. 따라서 } \frac{y}{x} = \frac{0.06}{0.2} = 0.3 \text{이다.}$$

08 중화 반응과 이온의 양(mol)

$x(=0.2)$ M $\text{HCl}(aq)$ 50 mL에 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ $5V(=125)$ mL를 가했을 때 혼합 용액에는 Na^+ 0.0125 mol, Cl^- 0.01 mol, OH^- 0.0025 mol이 존재하므로 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰비는 $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- : \text{OH}^- = 5 : 4 : 1$ 이다. 따라서 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)의 비율을 나타낸 것으로 가장 적절한 것은 ④이다.

09 중화 반응과 이온의 양(mol)

$\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도를 각각 x M, y M라고 가정하면 (가)는 염기성, (다)는 산성이므로 혼합 용액에 존재하는 이온의 양(mol)은 표와 같다.

혼합 용액	이온의 양(mol)			
	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
(가)	0	$0.01x$	$0.02y$	$0.02y - 0.01x$
(다)	$0.03x - 0.01y$	$0.03x$	$0.01y$	0

㉠ 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 (가)와 (다)가 각각 $0.04y$, $0.06x$ 이고, 혼합 용액에 존재하는

$\frac{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 의 비는 (가):(다) = $\frac{0.02y}{0.04y} : \frac{0.01y}{0.06x} = 5 : 1$

이므로 $\frac{y}{x} = \frac{3}{5}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{NaOH}(aq)\text{의 몰 농도(M)}}{\text{HCl}(aq)\text{의 몰 농도(M)}} = \frac{3}{5}$ 이다.

㉡. $\frac{\text{NaOH}(aq)\text{의 몰 농도(M)}}{\text{HCl}(aq)\text{의 몰 농도(M)}} = \frac{3}{5}$ 이고, (나)에서 $\text{HCl}(aq)$

과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 같으므로 (나)는 산성이다. 따라서 (나)에서 가장 많이 존재하는 이온은 Cl^- 이다.

㉢. (나)는 산성이므로 (나)에 존재하는 이온의 양(mol)은 표와 같다.

혼합 용액	이온의 양(mol)			
	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
(나)	$0.02x - 0.02y$	$0.02x$	$0.02y$	0

$\frac{y}{x} = \frac{3}{5}$ 이므로 (나)에 존재하는 $\frac{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}} = \frac{0.02y}{0.04x}$

$= \frac{3}{10}$ 이다. (다)에 존재하는 $\frac{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}} = \frac{0.01y}{0.06x}$

$= \frac{1}{10}$ 이므로 혼합 용액에 존재하는 $\frac{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 의 비

는 (나) : (다) = 3 : 1이고, $a = 3$ 이다.

10 중화 반응과 이온의 몰 농도

0.2 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 존재하는 H^+ 의 양(mol)과 x M $\text{NaOH}(aq)$ 4V mL에 존재하는 OH^- 의 양(mol)이 같으므로 $0.004 \text{ mol} = 0.004xV \text{ mol}$ 이고, $xV = 1$ 이다. (가)와 (나)는 모

두 중성이고, (가)와 (나)에서 혼합된 x M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피 차이는 6V mL이므로 y M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 x M $\text{NaOH}(aq)$ 6V mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)이 같다. $0.02y \text{ mol} = 0.006xV \text{ mol}$ 이고, $xV = 1$ 이므로 $y = 0.3$ 이다. 혼합 용액에 존재하는 Cl^- 의 몰 농도(M)는

$$\frac{(가)}{(나)} = \frac{\frac{0.2 \times 0.02 \text{ mol}}{(0.02 + 0.004V) \text{ L}}}{\frac{(0.2 \times 0.02 + y \times 0.02) \text{ mol}}{(0.04 + 0.01V) \text{ L}}} = \frac{14}{15}$$

이므로 $V = 10$ 이고, $x = 0.1$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} \times V = \frac{0.3}{0.1} \times 10 = 30$ 이다.

11 중화 반응과 이온의 양(mol)

(가)와 (나)가 모두 산성일 때, (가)에는 Na^+ 0.01 mol, H^+ ($0.04x - 0.01$) mol, X^{2-} 0.02x mol이 존재하고, (나)에는 Na^+ 0.01 mol, H^+ ($0.08x - 0.01$) mol, X^{2-} 0.04x mol이 존재하므로 모든 이온의 양(mol)은 (가)와 (나)가 각각 0.06x, 0.12x이다. 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 (가)가 (나)보다 많으므로 (가)와 (나)는 모두 염기성이다.

㉠. (가)에는 Na^+ 0.01 mol, OH^- ($0.01 - 0.04x$) mol, X^{2-} 0.02x mol이 존재하고, (나)에는 Na^+ 0.01 mol, OH^- ($0.01 - 0.08x$) mol, X^{2-} 0.04x mol이 존재한다. 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰비는 (가) : (나) = $0.02 - 0.02x : 0.02 - 0.04x = 9 : 8$ 이므로 $x = 0.1$ 이다.

㉡. (다)에서 혼합 전 OH^- 의 양은 0.01 mol이고, 혼합 전 H^+ 의 양의 합은 0.008 mol이므로 (다)는 염기성이다.

㉢. (나)에는 OH^- 0.002 mol, X^{2-} 0.004 mol이 존재하고, (다)에는 OH^- 0.002 mol, X^{2-} 0.002 mol, Y^- 0.004 mol이 존재한다. 혼합 용액에 존재하는 모든 음이온의 몰 농도(M)의 합은 (나)와 (다)가 각각 $\frac{0.006 \text{ mol}}{0.09 \text{ L}}$, $\frac{0.008 \text{ mol}}{0.08 \text{ L}}$ 이므로 (다) > (나)이다.

12 중화 반응과 이온의 몰 농도

산 수용액에 염기 수용액을 첨가하므로 I이 중성이나 염기성이면 혼합 용액에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)은 II > I이어야 하는데, 모든 양이온의 몰비는 I : II = 4 : 3이므로 I은 산성이다.

II에서 X^{2-} 의 몰 농도는 $\frac{xV \times 10^{-3} \text{ mol}}{(3V + 20) \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이고,

$xV = 0.3V + 2$ 이다.

I에 존재하는 H^+ 의 양(mol)은 $(2xV - 4) \times 10^{-3}$ 이고, $xV = 0.3V + 2$ 이므로 H^+ 의 양(mol)은 $0.6V \times 10^{-3}$ 이며, (나)에서 첨가된 OH^- 의 양(mol)은 $0.4V \times 10^{-3}$ 이므로 II는 산성이다.

I에 존재하는 양이온은 $H^+ 0.6V \times 10^{-3} \text{ mol}$, $Y^+ 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, II에 존재하는 양이온은 $H^+ 0.2V \times 10^{-3} \text{ mol}$, $Y^+ 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$, $Z^{2+} 0.2V \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이므로 모든 양이온의 몰비는 $I : II = (0.6V + 4) : (0.4V + 4) = 4 : 3$ 이며, $V = 20$ 이다. $xV = 0.3V + 2$ 이므로 $x = 0.4$ 이고, $\frac{x}{V} = \frac{0.4}{20} = \frac{1}{50}$ 이다.

12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

수능 2점 테스트

본문 188~190쪽

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

01 산화수

산화수는 물질을 구성하는 원자가 산화되거나 환원되는 정도를 나타내기 위한 값이다. 공유 결합 물질에서 전자는 어느 한 원자로 완전히 이동하지 않는다. 공유 결합 물질에서 원자의 산화수는 전기 음성도가 작은 원자에서 전기 음성도가 큰 원자로 공유 전자쌍이 완전히 이동한다고 가정할 때 각 구성 원자의 전하이다. 따라서 ①은 전기 음성도이고, ②은 공유 전자쌍이다.

02 산화수

(가)~(마)에서 Cl의 산화수는 표와 같다.

물질	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
Cl의 산화수	+1	0	-1	+3	+7

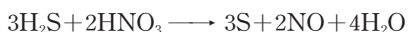
$a = +3$, $b = +7$ 이고, (가)~(마) 중 Cl의 산화수가 0보다 큰 것은 3가지이므로 $\frac{b}{a} \times x = \frac{7}{3} \times 3 = 7$ 이다.

03 산화 환원 반응

산화수가 증가하는 반응이 산화, 산화수가 감소하는 반응이 환원이다.

㉠. (가)에서 H의 산화수는 0에서 +1로 증가했으므로 H_2 는 환원제이다.

㉡. 완성된 산화 환원 반응의 화학 반응식 (나)는 다음과 같다.



따라서 ㉢은 NO이다.

㉣. N의 산화수는 ㉠에서 +2, HNO_3 에서 +5이므로 HNO_3 에서 ㉠에서보다 크다.

04 산화 환원 반응

(가)에서 Na의 산화수는 +1에서 0으로 감소하고, Cl의 산화수는 -1에서 0으로 증가한다. (나)에서 Na의 산화수는 0에서 +1로 증가하고, H의 산화수는 +1에서 0으로 감소하며, O의 산화수는 변하지 않는다.

㉤. (가)에서 Cl의 산화수는 1만큼 증가한다.

㉥. (나)에서 Na의 산화수가 증가하므로 Na은 환원제이다.

㉦. (나)에서 H_2 2 mol이 생성될 때 H 원자 4 mol의 산화수가 1만큼씩 감소하므로 이동한 전자의 양은 4 mol이다.

05 산화 환원 반응

전기 음성도가 $O > X > H$ 이므로 XO_2 , HXO_3 , HXO_2 에서 X의 산화수는 각각 +4, +5, +3이다.

㉧. H와 O의 산화수가 변하지 않으므로 H_2O 은 산화되지 않는다.

㉨. HXO_3 와 HXO_2 에서 X의 산화수는 각각 +5, +3이다.

㉩. XO_2 와 HXO_3 에서 X의 산화수는 각각 +4, +5이므로 산화수가 1만큼 증가한 X가 존재한다.

06 산화 환원 반응

X의 산화수가 2만큼 감소하고 생성물에서 X의 산화수가 0이므로 XY에서 X의 산화수는 +2, Y의 산화수는 -2이다. Y의 산화수는 변화 없으므로 Z_2Y 에서 Y의 산화수는 -2, Z의 산화수는 +1이다.

㉪. Z_2 에서 Z의 산화수는 0이므로 1만큼 증가가 ㉠으로 적절하다.

㉫. X의 산화수가 감소했으므로 XY는 산화제이다.

㉬. Z의 산화수가 1만큼 증가하므로 Z_2 1 mol이 반응할 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

07 금속과 금속 이온의 산화 환원 반응

A^{2+} 과 B의 반응에서 B가 B^{b+} 으로 산화되고, A^{2+} 이 A로 환원된다.

㉭. A^{2+} 은 환원되었으므로 산화제이다.

㉮. A^{2+} 0.1 mol이 환원되는 데 필요한 전자의 양은 0.2 mol이므로 이동한 전자의 양은 0.2 mol이다.

㉯. 반응 후 수용액에는 B^{b+} 0.2 mol이 존재하므로 B 0.2 mol이 산화되었다. 이동한 전자의 양이 0.2 mol이므로 $b = 1$ 이다.

08 금속과 산 수용액의 산화 환원 반응

반응에서 $A(s)$ 가 $A^{2+}(aq)$ 으로 산화되고, $HCl(aq)$ 속 $H^+(aq)$ 이 $H_2(g)$ 로 환원된다.

㉺. $A(s)$ 가 $A^{2+}(aq)$ 으로 산화되므로 A의 산화수는 0에서 +2로 2만큼 증가한다.

- ✕. 반응 몰비가 $A(s) : H_2(g) = 1 : 1$ 이므로 반응한 $A(s)$ $a g$ 의 양은 0.1 mol 이다. 따라서 A 의 화학식량은 $10a$ 이다.
- ㉔. A 의 산화수가 2만큼 증가하므로 $A(s)$ 0.1 mol 이 반응할 때 이동한 전자의 양은 0.2 mol 이다.

09 금속과 금속 이온의 산화 환원 반응

- (가)와 (나)에서 반응 후 수용액에 A^{a+} 이 존재하므로 넣어 준 $B(s)$ $2N \text{ mol}$ 과 $C(s)$ $3N \text{ mol}$ 은 모두 반응했다.
- ㉔. (가)에서 $B(s)$ $2N \text{ mol}$ 이 모두 반응했으므로 반응 후 수용액에 존재하는 A^{a+} 과 B^{3+} 의 양은 각각 $7N \text{ mol}$, $2N \text{ mol}$ 이고, A^{a+} 은 $3N \text{ mol}$ 이 반응했다. $B(s)$ $2N \text{ mol}$ 이 B^{3+} $2N \text{ mol}$ 로 산화되면서 잃은 전자의 양($=6N \text{ mol}$)은 A^{a+} $3N \text{ mol}$ 이 얻은 전자의 양(mol)과 같으므로 $a=2$ 이다.
- ㉕. (나)에서 $C(s)$ $3N \text{ mol}$ 이 C^{2+} $3N \text{ mol}$ 로 산화되면서 잃은 전자의 양은 $6N \text{ mol}$ 이므로 이동한 전자의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㉖. (나)에서 이동한 전자의 양이 $6N \text{ mol}$ 이므로 A^{a+} $3N \text{ mol}$ 만 환원되고, 수용액에는 A^{a+} $7N \text{ mol}$ 이 존재한다. 따라서 반응 후 수용액에 존재하는 A^{a+} 의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

10 화학 반응에서 출입하는 열

- 발열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이고, 흡열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응이다.
- ㉗. C_2H_5OH 의 연소 반응에서 발생하는 열을 이용하여 연료로 사용하므로 (가)는 발열 반응이다.
- ㉘. 중화 반응할 때 중화열이 발생되므로 (나)는 발열 반응이다.
- ㉙. 냉각 팩에 사용되는 NH_4Cl 은 물에 녹아 열을 흡수하므로 (다)는 흡열 반응이다.

11 화학 반응에서 출입하는 열

- 흡열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응이다.
- ㉚. 완성된 화학 반응식은 다음과 같다.
 $2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$
 따라서 ㉚은 CO_2 이다.
- ✕. $NaHCO_3$ 이 열을 흡수하면 분해 반응이 일어나므로 $NaHCO_3$ 이 분해되는 반응은 흡열 반응이다.
- ㉛. 흡열 반응은 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크다.

12 화학 반응에서 출입하는 열

- 흡열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응이다.
- ㉜. 수용액의 온도가 낮아지므로 $NH_4NO_3(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 주위의 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

- ㉕. 열량계의 열 손실이 없고, 수용액의 온도가 낮아지므로 $NH_4NO_3(s)$ 이 물에 용해되면서 얻은 열은 열량계 속 수용액이 잃은 열량과 같다.
- ✕. $NH_4NO_3(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이므로 주위의 열을 흡수하여 주위의 온도가 내려간다.

수능 3점 테스트

본문 191~196쪽

01 ㉓ 02 ㉓ 03 ㉕ 04 ㉕ 05 ㉕ 06 ㉑ 07 ㉕
 08 ㉓ 09 ㉒ 10 ㉕ 11 ㉓ 12 ㉔

01 산화수

- NO_2 , NH_3 , NO_3^- 에서 N의 산화수는 각각 $+4$, -3 , $+5$ 이다.
- ㉑. (다)는 구성 원자의 산화수의 합이 0보다 작으므로 NO_3^- 이고, N의 산화수는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 (가)는 NO_2 , (나)는 NH_3 이다.
- ㉒. (다)는 NO_3^- 이므로 N의 산화수는 $+5$ 이다.
- ✕. (가)와 (다)에서 O의 산화수는 모두 -2 이고, (나)에서 N의 산화수는 -3 , H의 산화수는 $+1$ 이므로 구성 원자 중 N의 산화수가 가장 큰 것은 (가)와 (다) 2가지이다.

02 산화 환원 반응

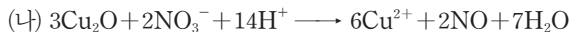
- (가)에서 Al의 산화수는 0에서 $+3$ 으로 증가하고, O의 산화수는 0에서 -2 로 감소한다. (나)에서 Al의 산화수는 0에서 $+3$ 으로 증가하고, Fe의 산화수는 $+3$ 에서 0으로 감소한다.
- ㉑. (가)와 (나)에서 Al의 산화수는 모두 증가하므로 Al은 모두 산화된다.
- ✕. (가)에서 O의 산화수는 0에서 -2 로 감소하고, (나)의 Fe_2O_3 과 Al_2O_3 에서 O의 산화수는 모두 -2 이다.
- ㉒. (가)와 (나)에서 모두 Al의 산화수가 3만큼 증가했으므로 Al 1 mol 이 반응할 때 이동한 전자의 양은 3 mol 이다.

03 산화수와 산화 환원 반응

- (다)는 모든 원자의 산화수가 변하지 않으므로 산화 환원 반응이 아니고 I에 해당한다. (나)에서 Fe의 산화수가 $+2$ 에서 $+3$ 으로 증가하므로 $Fe(OH)_2$ 은 환원제이고, 환원제에 금속 원소인 Fe이 포함되어 있으므로 (나)는 II에 해당한다. (가)에서 C의 산화수는 0에서 $+4$ 로 4만큼 증가하므로 (가)는 III에 해당한다.

04 산화수와 산화 환원 반응

완성된 산화 환원 반응식 (나)는 다음과 같다.



✕. (가)에서 N의 산화수는 -3에서 0으로 3만큼 증가하고, (나)에서 N의 산화수는 +5에서 +2로 3만큼 감소한다.

㉠. $a=3, b=14, c=6, d=7$ 이므로 $a+b > c+d$ 이다.

㉡. (나)에서 Cu의 산화수는 +1에서 +2로 1만큼 증가한다. Cu_2O 1 mol에는 Cu^+ 2 mol이 존재하므로 Cu_2O 1 mol이 반응할 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

05 산화 환원 반응의 반응 계수

완성된 화학 반응식 (가)와 (나)는 다음과 같다.



㉠. (가)의 SO_2 에서 S의 산화수는 +4에서 0으로 감소하므로 SO_2 은 산화제이다.

㉡. $b=3, d=3$ 이므로 $b=d$ 이다.

㉢. 생성물의 반응 계수의 합의 비는 (가) : (나) = $5 : 9 = 1 : \frac{9}{5}$ 이다. 따라서 $x = \frac{9}{5}$ 이다.

06 금속과 금속 이온의 산화 환원 반응

B(s) 6N mol과 C(s) 6N mol을 넣어 반응을 완결시킬 때까지 수용액에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)은 일정하게 증가 또는 감소하므로 넣어 준 B(s) 또는 C(s)는 모두 반응한다.

㉠. A^{2+} 9N mol이 들어 있는 수용액에 B(s) 2N mol을 넣어 반응을 완결시켰을 때 수용액에 존재하는 모든 양이온의 양이 10N mol이므로 수용액에는 A^{2+} 8N mol과 B^{+} 2N mol이 존재한다. B(s) 2N mol이 B^{+} 2N mol로 산화되면서 잃은 전자의 양(=2bN mol)은 A^{2+} N mol이 환원되면서 얻은 전자의 양(=2N mol)과 같으므로 $b=1$ 이다. 또한 A^{2+} 9N mol이 들어 있는 수용액에 C(s) 2N mol을 넣어 반응을 완결시켰을 때 수용액에 존재하는 모든 양이온의 양이 8N mol이므로 수용액에는 A^{2+} 6N mol과 C^{+} 2N mol이 존재한다. C(s) 2N mol이 C^{+} 2N mol로 산화되면서 잃은 전자의 양(=2cN mol)은 A^{2+} 3N mol이 환원되면서 얻은 전자의 양(=6N mol)과 같으므로 $c=3$ 이다. 따라서 $\frac{c}{b}=3$ 이다.

✕. (다)에서 C(s) 6N mol이 모두 반응했으므로 C(s) 6N mol이 C^{3+} 6N mol로 산화되면서 잃은 전자의 양은 18N mol이고, A^{2+} 9N mol은 모두 환원된다. 따라서 (다)에서 양이온은 C^{3+} 6N mol만 존재한다.

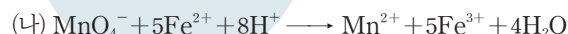
✕. (가)에는 A^{2+} 6N mol과 B^{+} 6N mol이 존재하고, (나)에는 A^{2+} 6N mol과 C^{3+} 2N mol이 존재한다. 따라서 수용액에 존재하는 A^{2+} 의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

07 산화수와 산화 환원 반응

(가)에서 Mn의 산화수는 +2에서 +7로 증가하고, (나)에서 Mn의 산화수는 +7에서 +2로 감소한다.

㉠. (가)에서 Mn의 산화수는 +2에서 +7로 5만큼 증가한다.

㉡. (나)에서 Mn의 산화수가 +7에서 +2로 5만큼 감소하고 Mn^{2+} 의 반응 계수가 1이며 Fe의 산화수는 +2에서 +3으로 1만큼 증가하므로 $e=5$ 이다. 따라서 ㉠을 구성하는 원자의 종류와 수는 Mn 원자 1개와 O 원자 4개이며, Mn의 산화수가 +7이므로 ㉠은 MnO_4^- 이다. 완성된 산화 환원 반응의 화학 반응식 (가)와 (나)는 다음과 같다.

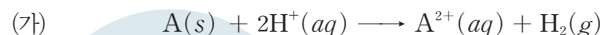


$a=2, b=4, c=2, d=2, e=5$ 이다.

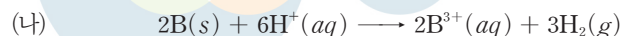
㉢. $\frac{\text{(가)에서 생성물의 반응 계수의 합}}{\text{(나)에서 생성물의 반응 계수의 합}} = \frac{9}{10} < 1$ 이다.

08 금속과 산의 산화 환원 반응

(가)와 (나)에서 일어나는 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol)	0.01	0.05		
반응 후(mol)	-0.01	-0.02	+0.01	+0.01
반응 후(mol)	0	0.03	0.01	0.01



반응 전(mol)	0.01	0.05		
반응 후(mol)	-0.01	-0.03	+0.01	+0.015
반응 후(mol)	0	0.02	0.01	0.015

㉠. A 이온의 산화수가 +2이고, B 이온의 산화수가 +3이므로 A(s) 0.01 mol이 산화될 때 이동한 전자의 양은 0.02 mol이고, B(s) 0.01 mol이 산화될 때 이동한 전자의 양은 0.03 mol이다. 따라서 이동한 전자의 양(mol)은 (나) > (가)이다.

㉡. 생성된 $\text{H}_2(g)$ 의 양(mol)은 (가)에서가 0.01, (나)에서가 0.015이므로 (나) > (가)이다.

✕. (가)에는 A^{2+} 0.01 mol과 H^+ 0.03 mol이 존재하고, (나)에는 B^{3+} 0.01 mol과 H^+ 0.02 mol이 존재한다. 따라서 수용액에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)은 (가) > (나)이다.

09 금속과 금속 이온의 산화 환원 반응

A^{3+} 과 B^{+} 이 존재하는 수용액에 C(s)를 넣었을 때 반응하는 경우는 다음 3가지이다.

i) C(s)가 A^{3+} , B^{+} 과 모두 반응할 때 A^{3+} 2N mol과 B^{+} 2N mol이 C(s) 4N mol과 모두 반응하면 수용액에는 C^{2+} 4N mol이 존재한다.

ii) C(s)와 A³⁺만 반응할 때

A³⁺ 2N mol이 모두 반응하기 위해 필요한 전자의 양은 6N mol이므로 C(s) 3N mol이 반응하고, 수용액에는 C²⁺ 3N mol과 B⁺ 2N mol이 존재한다.

iii) C(s)와 B⁺만 반응할 때

B⁺ 2N mol이 모두 반응하기 위해 필요한 전자의 양은 2N mol이므로 C(s) N mol이 반응하고, 수용액에는 C²⁺ N mol과 A³⁺ 2N mol이 존재한다.

반응 완결 후 수용액에 존재하는 양이온의 종류는 2가지이고, 모든 양이온의 양은 3N mol이므로 C(s)와 B⁺만 반응한다.

✗. 반응 완결 후 수용액에는 A³⁺와 C²⁺이 존재한다.

○. C(s) N mol이 반응하여 C²⁺ N mol이 생성되었으므로 이동한 전자의 양은 2N mol이다.

✗. A³⁺은 C(s)와 반응하지 않았으므로 산화제가 아니다.

10 산화 환원 반응

(가)에서 H₂(g) 0.03 mol이 생성되었고 반응 몰비는 A(s) : H₂(g) = 1 : 1이므로 반응한 A(s)의 양은 0.03 mol이며 y = 0.03이다. (가)에서 일어나는 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow A^{2+}(aq) + H_2(g)$			
반응 전(mol)	0.03	x		
반응(mol)	-0.03	-0.06	+0.03	+0.03
반응 후(mol)	0	$x - 0.06$	0.03	0.03

(가)에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)은 $x - 0.03 = 0.07$ 이므로 $x = 0.1$ 이다.

(나)에서 A의 산화수는 2만큼 증가하고 B^{b+}의 산화수는 b만큼 감소하므로 A와 B^{b+}의 반응 몰비는 b : 2이고, (나)에서 일어나는 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$bA(s) + 2B^{b+}(aq) \rightarrow bA^{2+}(aq) + 2B(s)$			
반응 전(mol)	0.03	0.1		
반응(mol)	-0.03	$-\left(\frac{2}{b} \times 0.03\right)$	+0.03	$+\left(\frac{2}{b} \times 0.03\right)$
반응 후(mol)	0	$0.1 - \left(\frac{2}{b} \times 0.03\right)$	0.03	$\frac{2}{b} \times 0.03$

(나)에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)은

$$0.1 - \left(\frac{2}{b} \times 0.03\right) + 0.03 = 0.11 \text{이므로 } b = 3 \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } b \times \frac{x}{y} = 3 \times \frac{0.1}{0.03} = 10 \text{이다.}$$

11 화학 반응에서 출입하는 열

CaCl₂(s)이 물에 용해될 때 수용액의 온도가 높아졌으므로 CaCl₂(s)이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이고, NH₄Cl(s)이

물에 용해될 때 수용액의 온도가 낮아졌으므로 NH₄Cl(s)이 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.

○. NH₄Cl(s)이 물에 용해되는 반응이 흡열 반응이므로 'NH₄Cl(s)'은 ⊖으로 적절하다.

○. CaCl₂(s)이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이므로 열을 방출한다.

✗. NH₄Cl(s)이 물에 용해되는 반응이 흡열 반응이므로 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 크다.

12 화학 반응에서 출입하는 열

발열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.

○. NaOH(s)이 물에 녹는 반응은 발열 반응으로 NaOH(aq)을 만들면 수용액의 온도가 높아지므로 온도가 20°C로 낮아질 때까지 기다렸다가 실험에 사용한다. 따라서 발열 반응은 ⊕으로 적절하다.

○. 실험 결과에서 수용액의 온도가 높아졌으므로 NaOH(aq)과 HCl(aq)의 반응은 발열 반응이고, 반응물의 에너지 합은 생성물의 에너지 합보다 크다.

✗. (나)에서 20°C 0.1 M HCl(aq) 100 mL 대신 20°C 0.1 M HCl(aq) 200 mL를 넣어 반응시키면 0.1 M HCl(aq) 100 mL만 반응하고 발생하는 중화열은 같지만, 온도가 20°C인 HCl(aq) 100 mL가 더 첨가된 것과 같으므로 혼합 용액의 최고 온도는 (나)에서 최고 온도인 24°C보다 낮다.

01 우리 생활 속의 화학

수능 2점 테스트 본문 10~11쪽

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

수능 3점 테스트 본문 12~16쪽

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

02 화학식량과 몰

수능 2점 테스트 본문 25~26쪽

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

수능 3점 테스트 본문 27~32쪽

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

03 화학 반응식과 용액의 농도

수능 2점 테스트 본문 41~43쪽

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

수능 3점 테스트 본문 44~49쪽

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

04 원자의 구조

수능 2점 테스트 본문 55~56쪽

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

수능 3점 테스트 본문 57~61쪽

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

05 현대적 원자 모형과 전자 배치

수능 2점 테스트 본문 70~72쪽

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

수능 3점 테스트 본문 73~78쪽

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

06 원소의 주기적 성질

수능 2점 테스트 본문 87~89쪽

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

수능 3점 테스트 본문 90~95쪽

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

07 이온 결합

수능 2점 테스트 본문 102~103쪽

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

수능 3점 테스트 본문 104~107쪽

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

08 공유 결합과 결합의 극성

수능 2점 테스트 본문 117~119쪽

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

수능 3점 테스트 본문 120~126쪽

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

09 분자의 구조와 성질

수능 2점 테스트 본문 135~137쪽

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

수능 3점 테스트 본문 138~143쪽

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

10 동적 평형

수능 2점 테스트 본문 152~153쪽

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

수능 3점 테스트 본문 154~158쪽

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

11 산 염기와 중화 반응

수능 2점 테스트 본문 167~169쪽

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

수능 3점 테스트 본문 170~175쪽

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

12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

수능 2점 테스트 본문 188~190쪽

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

수능 3점 테스트 본문 191~196쪽

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