

수능특강 과학탐구영역 화학 I

정답과 해설

01 우리 생활 속의 화학

2점 수능 테스트

본문 13~14쪽

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

01 암모니아의 대량 생산

암모니아(NH₃)는 질소와 수소로 이루어진 화합물이다. NH₃는 질소(N₂)와 수소(H₂)를 반응시켜 얻을 수 있지만, N₂가 매우 안정한 물질이므로 NH₃의 합성은 쉽지 않다. Haber와 Bosch는 철 촉매를 이용한 고온·고압 조건에서 NH₃의 합성에 성공하였으며 이후 NH₃의 대량 생산이 가능해졌다. NH₃는 질소 비료의 원료이므로 NH₃의 대량 생산은 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

02 합성 섬유

나일론과 폴리에스터는 대표적인 합성 섬유이다.

- ✗. 합성 섬유는 물을 잘 흡수하지 않는다.
- ⊙. 합성 섬유는 석유를 원료로 하여 얻은 간단한 분자를 이용하여 합성한 섬유로 대량 생산이 가능하다.
- ⊙. 나일론과 폴리에스터는 질기고 쉽게 닳지 않는 성질이 있다.

03 화학과 주거 문제 개선

✗. (가)는 스티로폼이다. 스티로폼은 열에 약하다.

- ⊙. (나)는 철근 콘크리트이다. 철근 콘크리트는 철근을 콘크리트에 넣어 콘크리트의 강도를 높인 것으로 건물과 도로 등의 건설에 이용한다.
- ⊙. (다)는 유리이다. 유리는 건물의 창이나 외벽 등에 이용된다.

04 화학과 실생활 문제 해결

- Ⓐ. 화학의 발전으로 석유로부터 다양한 기능을 가지는 합성 섬유를 개발하여 이용하고 있다.
- Ⓑ. 화학의 발전으로 합성 의약품의 개발과 대량 생산이 이루어져 인류의 건강 증진과 복지에 기여하였다.
- Ⓒ. 비닐의 개발로 비닐하우스를 이용한 농업이 가능하게 되어 계절의 제약이 줄어들었으므로 농업 생산량이 증대되었다.

05 탄소 화합물

탄소 화합물은 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O),

질소(N), 황(S), 인(P), 할로젠 등이 공유 결합하여 이루어진 화합물이다.

- ⊙. 케이크: 탄수화물은 대표적인 탄소 화합물이므로, 케이크는 탄소 화합물을 포함한다.
- ⊙. 종이 접시: 종이는 목재에서 얻는 물질이므로, 종이 접시는 탄소 화합물을 포함한다.
- ⊙. 플라스틱 포크: 플라스틱은 석유를 원료로 하는 물질이고 석유는 탄화수소의 혼합물이므로, 플라스틱은 대표적인 탄소 화합물이다. 그러므로 플라스틱 포크는 탄소 화합물을 포함한다.
- ✗. 유리컵: 유리는 이산화 규소(SiO₂)가 성분이므로, 유리컵은 탄소 화합물을 포함하지 않는다.
- ⊙. 우유: 우유에는 단백질과 지방이 있고 단백질과 지방은 탄소 화합물이므로, 우유는 탄소 화합물을 포함한다.

06 메테인과 에탄올

(가)는 메테인(CH₄)이고 (나)는 에탄올(C₂H₅OH)이다.

- ⊙. 메테인과 에탄올 모두 탄소를 중심으로 하여 수소 등이 결합한 분자이므로 탄소 화합물이다.
- ✗. (가)(메테인)는 탄소와 수소로만 이루어진 탄화수소이다. 모든 탄화수소는 물에 잘 녹지 않는다. (나)(에탄올)는 물에 잘 녹는다.
- ⊙. 연소는 물질이 산소와 반응하며 열과 빛을 내는 현상이다. (가)(메테인)는 탄소와 수소로만 이루어진 탄화수소이고, 탄화수소가 완전 연소할 때 생성물은 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)이다. 메테인의 완전 연소를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.
CH₄ + 2O₂ → CO₂ + 2H₂O
- (나)(에탄올)는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로 이루어져 있다. C, H, O로 이루어진 탄소 화합물이 완전 연소할 때 생성물은 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)이다. 에탄올의 완전 연소를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.
C₂H₅OH + 3O₂ → 2CO₂ + 3H₂O

07 탄화수소

탄화수소는 탄소(C)와 수소(H)로만 이루어진 탄소 화합물이다. (가)와 (나)는 모두 탄화수소이고, (가)는 탄소 수가 1인 메테인(CH₄), (나)는 탄소 수가 3인 프로페인(C₃H₈)이다.

- ⊙. CH₄은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이고, C₃H₈은 액화 석유 가스(LPG)의 주성분이다.
- ⊙. 탄화수소는 연소할 때 많은 열에너지를 방출하므로 연료로 많이 사용한다.
- ⊙. CH₄과 C₃H₈에서 탄소(C)는 모두 4개의 원자와 결합한다.

08 아세트산

- ㉠ 탄소 화합물은 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 인(P), 할로젠 등이 공유 결합한 화합물이다. 아세트산(CH₃COOH)은 탄소 화합물이다.
- ㉡ CH₃COOH은 아스피린과 같은 의약품 합성의 원료로 쓰인다.
- ㉢ CH₃COOH은 식초의 주성분이며, 수용액에서 일부 이온화하여 수소 이온(H⁺)을 내놓아 산성을 띤다.

3점 수능 테스트

본문 15~19쪽

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

01 암모니아의 대량 생산

- ㉠ Haber·Bosch 법은 철 촉매를 이용한 고온·고압 조건에서 질소(N₂)와 수소(H₂)를 반응시켜 암모니아(NH₃)를 합성하는 방법이다.
- ㉡ NH₃는 식물 생장에 중요한 질소 비료의 원료이다.
- ㉢ NH₃의 대량 생산은 농업 생산량을 증대시켜 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

02 합성 섬유

- ㉠ 합성 섬유는 석유로부터 얻은 간단한 분자를 이용하여 합성한 섬유이다.
- ㉡ 면섬유와 모섬유는 목화과 양털 등과 같은 천연 재료로부터 얻는 섬유이다.
- ㉢ 질기질 않고 쉽게 닳는 것은 천연 섬유의 단점에 해당한다. 대표적인 합성 섬유인 나일론과 폴리에스터는 질기고 쉽게 닳지 않는 성질이 있다.

03 화학과 실생활 문제 해결

- ㉠ 자연 상태에서 철은 산화된 상태로 존재한다. 산화된 철로부터 철을 얻는 것을 철의 제련이라 하고 인류는 불을 이용하여 철을 제련하였다.
- ㉡ 나일론은 대표적인 합성 섬유이다. 나일론은 질기고 쉽게 닳지 않지만 물을 잘 흡수하지 않고 불에 약하다.
- ㉢ 암모니아는 식물 생장에 중요한 질소 비료의 원료이므로 암모니아의 생산은 농업의 생산량을 증대시켰다.

04 화학의 유용성

- ㉠ 암모니아의 합성은 식물 생장에 중요한 질소 비료의 원료이므로 농업의 생산량을 증대시켜 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.
- ㉡ 화학의 발전으로 합성 섬유와 합성염료가 개발되어 다양한 색상의 의류 제작이 가능해졌다.
- ㉢ 화학의 발전으로 다양한 기능을 가진 건축 재료가 개발되어 주택이나 건물의 건축에 이용되고 있다.

05 화학의 유용성

유리, 면섬유, 플라스틱을 분류한 결과는 다음과 같다.

분류 기준	예	아니요
탄소 화합물인가?	(가) 면섬유, 플라스틱	(나) 유리
식물로부터 얻는가?	(다) 면섬유	(라) 유리, 플라스틱

- ㉠ 면섬유는 목화속(식물)으로부터 얻는 천연 섬유로 성분은 셀룰로스이다.
- ㉡ (가)와 (라)에 공통되는 물질은 플라스틱이다. 플라스틱은 석유로부터 원료를 얻어 합성하며, 석유는 탄소와 수소로만 이루어진 탄화수소의 혼합물이므로 플라스틱은 탄소 화합물이다.
- ㉢ (나)와 (라)에 공통되는 물질은 유리이다. 유리는 모래로부터 얻으며 이산화 규소(SiO₂)로 이루어져 있다. 유리는 건물의 창이나 외벽에 이용된다.

06 메테인

- 메테인(CH₄)은 탄소와 수소로만 이루어진 탄화수소 중 가장 간단한 물질이다.
- ㉠ 메테인은 천연 가스의 주성분으로 실온에서 기체이다. 그러므로 천연 가스를 액화시켜 이용하거나 압축하여 이용한다.
- ㉡ 메테인은 연소할 때 많은 에너지(열에너지)를 방출하므로 연료로 이용된다.
- ㉢ 메테인은 탄화수소이고, 탄화수소는 완전 연소할 때 이산화탄소(CO₂)와 물(H₂O)이 생성된다. 메테인의 완전 연소를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.
- $$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

07 메테인의 모형

- ㉠ 탄소 화합물 X는 1개의 탄소(C) 원자가 4개의 수소(H) 원자와 결합한 분자이므로 메테인(CH₄)이다.
- ㉡ X(CH₄) 분자를 구성하는 원자 수는 5이다.
- ㉢ X(CH₄) 분자 1개를 모형으로 제작하기 위해서는 검은색 공 1개, 흰색 공 4개, 이쑤시개 4개가 필요하므로 주어진 준비물로 완성할 수 있는 X 모형의 수는 3이다.

08 탄소 화합물

(가)~(다)는 각각 아세트산(CH₃COOH), 메테인(CH₄), 에탄올(C₂H₅OH)이다.

- ㉠ 식초 속에는 아세트산이 들어 있다.
- ㉡ 메테인은 천연 가스의 주성분이고 연소할 때 많은 에너지를 방출하므로 연료로 이용된다.
- ㉢ 에탄올은 살균 효과가 있으므로 손 소독제나 의료용 소독제로 이용된다.

09 탄소 화합물

✕. 에탄올은 C₂H₅OH이고, 아세트산은 CH₃COOH이므로, X는 에탄올(C₂H₅OH(=CH₃CH₂OH)), Y는 아세트산(CH₃COOH)이다.

- ㉠ 에탄올이 발효하여 아세트산이 생성된다.
- ㉡ X의 (가) 부분과 Y의 (나) 부분은 모두 CH₃에 해당하므로 동일하다.

10 탄소 화합물

$\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 의 비는 CH₄ : CH₂O : CH₃COOH = 4 : 2 : 2 = 2 : 1 : 1이므로 (다)는 메테인(CH₄)이다. 분자당 원자 수는 CH₄은 5, CH₂O는 4, CH₃COOH은 8이다. 분자당 원자 수는 $b > a$ (다) > (나)이므로 (나)는 폼알데하이드(CH₂O)이다. 그러므로 (가)는 아세트산(CH₃COOH)이다.

✕. $\frac{O \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 의 비는 CH₂O : CH₃COOH = 1 : 1이므로 ㉠ = 1이다.

- ㉡ (가)(CH₃COOH)는 수용액에서 일부 이온화하여 수소 이온을 내놓는 산이다.
- ㉢ (나)(CH₂O)는 C, H, O로 이루어진 탄소 화합물이므로 완전 연소할 때 생성물은 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)이다. (다)는 메테인(CH₄)이다. CH₄은 C와 H로만 이루어진 탄화수소이므로 완전 연소할 때 생성물은 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)이다. 그러므로 완전 연소시킬 때 생성물의 종류는 (나)와 (다)가 같다.

02 화학식량과 몰

2점 수능 테스트

본문 29~30쪽

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

01 화학식량과 몰

다이아몬드(C)의 화학식량은 12이고, 드라이아이스(CO₂)의 분자량은 44이다.

- ㉠ (가)는 C 2 g이므로 $\frac{1}{6}$ (= $\frac{2}{12}$) mol에 해당한다.
따라서 C 원자 수는 $\frac{1}{6} N_A$ 이다.
- ㉡ (나)는 CO₂ 10 g이므로 $\frac{5}{22}$ (= $\frac{10}{44}$) mol에 해당한다.
따라서 O 원자의 양은 $\frac{5}{11}$ (= $\frac{5}{22} \times 2$) mol이다.
- ㉢ 물질에 들어 있는 총 원자 수는 (가)에서 $\frac{1}{6} N_A$ 이고, (나)에서 $\frac{15}{22}$ (= $\frac{5}{22} \times 3$) N_A 이므로 (나)가 (가)의 3배보다 크다.

02 화학식량과 몰

(가)는 1 mol에 3 mol의 원자가 들어 있고, (나)는 1 mol에 1 mol의 원자가 들어 있으며, (다)는 1 mol에 2 mol의 이온이 들어 있다.

- ㉠ (가)~(다) 1 g의 양은 각각 $\frac{1}{18}$ mol, $\frac{1}{23}$ mol, $\frac{1}{40}$ mol이므로 (가) > (나) > (다)이다.
- ㉡ 1 mol에 들어 있는 총 원자 수는 (가), (나) 각각 $3N_A$, N_A 이므로 (가)가 (나)의 3배이다.
- ✕. (다) 1 g은 $\frac{1}{40}$ mol이고, 그 안에 들어 있는 총 이온의 양은 $\frac{1}{20}$ (= $\frac{1}{40} \times 2$) mol이므로 (다) 1 g에 들어 있는 총 이온 수는 $\frac{1}{20} N_A$ 이다.

03 아보가드로 법칙

같은 온도와 압력에서 기체의 몰비는 부피비와 같으므로 몰비는 (가) : (다) = 2 : 1이다.

- ✕. N₂의 분자량은 28이므로 (다)에 들어 있는 N 원자의 양은 1 (= $\frac{14}{28} \times 2$) mol이다. 따라서 (다)에 들어 있는 N 원자 수는 N_A 이다.

- ㉠ 기체의 부피는 (가)가 (다)의 2배이므로 기체의 양은 (가)가 (다)의 2배인 $1\left(=\frac{14}{28}\times 2\right)$ mol이다.
- ㉡ 부피비가 (가) : (나) = 3 : 2이므로 B의 양은 $\frac{2}{3}$ mol이다. 따라서 B의 분자량은 $18\left(=\frac{12}{\frac{2}{3}}\right)$ 이다.

04 화학식과 화학식량

X~Z의 원자량을 각각 x, y, z 라고 하면 (가)~(다)의 분자량은 각각 $x+y, 2x, x+z$ 이다. 1g에 들어 있는 분자의 양(mol)은 (가)~(다) 각각 $\frac{1}{x+y}, \frac{1}{2x}, \frac{1}{x+z}$ 이고, 분자 1개당 X 원자 수는 (가)~(다) 각각 1, 2, 1이므로 (가)~(다) 1g에 들어 있는 X 원자의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{x+y}, \frac{1}{x}\left(=\frac{1}{2x}\times 2\right), \frac{1}{x+z}$ 이다. $x>y>z$ 이므로 $\frac{1}{x}>\frac{1}{x+z}>\frac{1}{x+y}$ 이고, 원자 1 mol당 원자 수는 아보가드로수와 같으므로 1g에 들어 있는 X 원자 수는 (나)>(다)>(가)이다.

05 원자량

원자 1 mol에 들어 있는 원자 수는 아보가드로수(N_A)와 같고, 원자 1 mol의 질량은 원자량에 그램(g) 단위를 붙인 질량과 같다.

㉠ 원소의 종류와 상관없이 원자 1 mol당 원자 수는 아보가드로수와 같으므로 1 mol에 들어 있는 원자 수는 C와 O가 같다.

㉡ 원자 1 mol의 질량은 원자량에 그램(g) 단위를 붙인 질량이므로 1 mol의 질량은 S이 32.065 g, O가 15.999 g이다. 따라서 1 mol의 질량은 S이 O의 2배보다 크다.

㉢ H_2, O_2 각각 16.000 g에 들어 있는 원자의 양은 H가 $\frac{16.000}{1.008}(<16)$ mol이고, O가 $\frac{16.000}{15.999}(>1)$ mol이므로 16.000 g에 들어 있는 원자 수는 H가 O의 16배보다 작다.

06 물과 질량 및 부피

물질의 양(mol)은 $\frac{\text{질량(g)}}{\text{화학식량(g/mol)}}$ 이고, 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. (가)에서 He(g)의 양은 $10\left(=\frac{40}{4}\right)$ mol이고, (나)에서 He(g)의 양은 $\frac{1}{8}\left(=\frac{3}{24}\right)$ mol이므로 (가)의 He(g)을 모두 사용하여 최대로 만들 수 있는 풍선 (나)의 수는 $80\left(=\frac{10}{\frac{1}{8}}\right)$ 이다.

07 분자량과 몰

분자의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{분자량(g/mol)}}$ 이다.

- ㉠ 포도당 수용액의 질량이 360(=18+342) g이고, 밀도가 d g/mL이므로 수용액의 부피는 $\frac{360}{d}$ mL이다.
- ㉡ 수용액의 부피는 $\frac{360}{d}$ mL이고, 수용액 속 포도당의 양은 $0.1\left(=\frac{18}{180}\right)$ mol이므로 수용액 1 mL당 포도당의 양은 $\frac{d}{3600}\left(=\frac{0.1}{\frac{360}{d}}\right)$ mol이다.

- ㉢ 포도당의 양은 0.1 mol이고, 물의 양은 $19\left(=\frac{342}{18}\right)$ mol이므로 분자 수는 물이 포도당의 190배이다.

08 분자식과 분자량

같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 분자량비와 같다. 밀도비가 (나) : (다) = 1 : 2이므로 분자량비는 (나) : (다) = $y : 34 = 1 : 2$ 에서 $y=17$ 이다. 분자량비가 (가) : (나) = 30 : 17이므로 밀도비는 (가) : (나) = $x : 1 = 30 : 17$ 에서 $x=\frac{30}{17}$ 이다.

- ㉠ $x \times y = \frac{30}{17} \times 17 = 30$ 이다.

- ㉡ A~C의 원자량을 각각 $a \sim c$ 라고 하면 $a+b=30, a+3c=17, 2c+2b=34$ 에서 $a=14, b=16, c=1$ 이므로 원자량비는 A : B = 7 : 8이다.

- ㉢ 분자량은 B_2 가 32, A_2C_2 가 30이므로 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 $B_2 : A_2C_2 = 32 : 30$ 이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 밀도는 기체 B_2 가 기체 A_2C_2 보다 크다.

3점 수능 테스트

본문 31~36쪽

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

01 화학식

A의 질량비는 (가) : (나) = 4 : 3이고, B의 질량비는 (가) : (나) = 3 : 2이므로 같은 질량의 A에 대한 B의 질량비는 (가) : (나) = $\frac{3}{4} : \frac{2}{3} = 9 : 8$ 이다. 따라서 $\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}}$ 의 비도 (가) : (나) = 9 : 8이다.

02 분자량과 분자 수

㉠. (가)에서 ○ 2개에 해당하는 질량이 w g이고, (다)에서 ● 6개에 해당하는 질량이 $6w$ g이므로 (나)에서 ○ 2개, ● 2개에 해당하는 질량은 $3w(=w+2w)$ g이다.

㉡. (가)에서 w g에 모형 2개, (나)에서 $3w$ g에 모형 4개이므로 용기 속 기체 1 g당 분자 수비는 (가):(나) = $\frac{2}{w} : \frac{4}{3w} = 3 : 2$ 이다.

✕. 분자량비는 분자 1개의 질량비와 같으므로 $A : B = \frac{w}{2} : \frac{6w}{6} = 1 : 2$ 이다.

03 화학식량

물질의 양(mol)은 $\frac{\text{질량(g)}}{\text{화학식량(g/mol)}}$ 이므로 (가)~(다)의 양은 각각 $\frac{50}{27}$ mol, $\frac{100}{58.5}$ mol, $\frac{100}{94}$ mol이다. (가)~(다) 각각 1 mol당 들어 있는 금속 원소의 양은 1 mol, 1 mol, 2 mol이므로 금속 원소의 질량은 (가)~(다) 각각 $\frac{50}{27} \times 27(=50)$ g, $\frac{100}{58.5} \times 23(<50)$ g, $\frac{100}{94} \times 2 \times 39(>50)$ g이다. 따라서 각 물질에 들어 있는 금속 원소의 질량은 (다) > (가) > (나)이다.

04 아보가드로 법칙과 밀도

같은 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같고, 밀도비는 분자량비와 같다.

㉠. (가)와 (나)에서 기체의 몰비(=부피비)는 $A : B = 1 : 2$ 이고, 분자량비(=밀도비)는 $A : B = 2 : 3$ 이므로 질량비는 $A : B = 1 \times 2 : 2 \times 3 = 1 : 3$ 이다.

㉡. (가)와 (나)에서 밀도비는 $A : B = 2 : 3$ 이고, (가)와 (다)에서 밀도비는 $A : C = \frac{1}{1} : \frac{12}{3} = 1 : 4$ 이므로 분자량비(=밀도비)는 $B : C = 3 : 8$ 이다.

✕. 1 g당 분자 수비는 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 의 비(= $\frac{1}{\text{밀도}}$ 의 비)와 같으므로 1 g당 분자 수비는 $A : C = \frac{1}{1} : \frac{1}{4} = 4 : 1$ 이다.

05 화학식과 몰

$t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이므로 X의 양은 $0.05\left(=\frac{1.2\text{ L}}{24\text{ L}}\right)$ mol이고, X의 분자량은 $54\left(=\frac{2.7\text{ g}}{0.05\text{ mol}}\right)$ 이며, Y의 양은 $0.1\left(=\frac{2.4\text{ L}}{24\text{ L}}\right)$ mol이고, Y의 분자량은 $70\left(=\frac{7\text{ g}}{0.1\text{ mol}}\right)$ 이다.

✕. 분자량은 $AB_2 < A_2B_2$ 이므로 X가 AB_2 , Y가 A_2B_2 이다.

㉠. AB_2 의 분자량은 54, A_2B_2 의 분자량은 70이므로 A의 원자량은 $16(=70-54)$, B의 원자량은 $19\left(=\frac{54-16}{2}\right)$ 이다.

㉡. 1 g에 들어 있는 총 원자의 양은 AB_2 는 $\frac{1}{54} \times 3$ mol이고, A_2B_2 는 $\frac{1}{70} \times 4$ mol이므로 1 g에 들어 있는 총 원자 수는 $Y(g) > X(g)$ 이다.

06 분자량과 아보가드로수

CH_4 , C_{60} , O_2 의 분자량은 각각 16, 720, 32이므로 16 g에 들어 있는 원자의 양은 CH_4 , C_{60} , O_2 각각 $5\left(=\frac{16}{16} \times 5\right)$ mol,

$\frac{4}{3}\left(=\frac{16}{720} \times 60\right)$ mol, $1\left(=\frac{16}{32} \times 2\right)$ mol이다. 따라서 16 g에 들어 있는 원자 수는 CH_4 , C_{60} , O_2 각각 $5N_A$, $\frac{4}{3}N_A$, N_A 이다.

[다른 풀이] CH_4 16 g에 들어 있는 원자의 양은 $5\left(=\frac{16}{16} \times 5\right)$ mol이다.

C_{60} 16 g에는 C 원자가 16 g 들어 있으므로 이 양은 원자 $\frac{4}{3}\left(=\frac{16}{12}\right)$ mol에 해당하며, O_2 16 g에는 O 원자가 16 g

들어 있으므로 이 양은 원자 $1\left(=\frac{16}{16}\right)$ mol에 해당한다. 따라서

16 g에 들어 있는 원자 수는 CH_4 , C_{60} , O_2 각각 $5N_A$, $\frac{4}{3}N_A$, N_A 이다.

07 분자식과 분자량

성분 원소 간 $\frac{\text{질량}}{\text{원자량}}$ 의 비는 원자 수비와 같다.

㉠. (나)의 성분 원소 간 원자 수비는 $C : H : O = \frac{6}{12} : \frac{1}{1} : \frac{8}{16} = 1 : 2 : 1$ 이고, (나)의 분자량은 60이므로 (나)의 분자식은 $C_2H_4O_2$ 이다.

㉡. (가)와 (나)의 성분 원소 간 원자 수비는 $C : H : O = \frac{6}{12} : \frac{1}{1} : \frac{8}{16} = 1 : 2 : 1$ 이고, 분자 1개에 들어 있는 총 원자 수는 (나) > (가)이므로 (가)의 분자식은 CH_2O 이다. 따라서 (가)의 분자량은 30(= $12 \times 1 + 1 \times 2 + 16 \times 1$)이다.

㉢. (다)의 분자량이 46이고, 원자 수비는 $C : H = \frac{12}{12} : \frac{3}{1} = 1 : 3$ 이므로 분자식을 $(CH_3)_mO_n$ 이라고 하면 분자식은 $m=2$, $n=1$ 인 C_2H_6O 이다($\because (12 \times 1 + 1 \times 3) \times m + 16 \times n = 46$). 따라서 원자 수비는 $C : H : O = \frac{12}{12} : \frac{3}{1} : \frac{y}{16} = 2 : 6 : 1$ 이므로 $y=8$ 이다.

08 분자식과 분자량

원소 A, B로 이루어져 있고 분자당 구성 원자 수가 4인 분자 1개의 구성은 다음의 3가지 경우가 존재한다.

- i) A 원자 1개와 B 원자 3개
- ii) A 원자 2개와 B 원자 2개
- iii) A 원자 3개와 B 원자 1개

기체의 분자량은 (가) 66, (나) 71이고, 질량은 (가) $99 (= 42 + 57)$ g,

(나) $71 (= 14 + 57)$ g이므로 기체의 양은 (가) $1.5 \left(= \frac{99}{66} \right)$ mol,

(나) $1 \left(= \frac{71}{71} \right)$ mol이다.

A의 질량은 (가) 42 g, (나) 14 g이고, (가)는 1.5 mol, (나)는 1 mol이므로 1 mol당 A의 질량비는 (가) : (나) $= \frac{42}{1.5} : \frac{14}{1} = 2 : 1$ 이다. 따라서 (가)는 ii), (나)는 i)의 경우에 해당한다.

✕. (가)는 분자 1개당 A 원자 2개와 B 원자 2개로 이루어진 분자이므로 분자식은 A_2B_2 가 아니다.

⊙. (가)는 분자 1개당 A 원자 2개와 B 원자 2개로 이루어진 분자이므로 원자량비는 $A : B = \frac{42}{2} : \frac{57}{2} = 14 : 19$ 이다. 따라서 원자량은 $B > A$ 이다.

⊙. (나)의 양은 1 mol이고, (나)는 분자 1개당 A 원자 1개와 B 원자 3개로 이루어져 있으므로 (나)에서 A 1 mol의 질량이 14 g이고, B 3 mol의 질량이 57 g이다. 원자량은 A가 14, B가 $19 \left(= \frac{57}{3} \right)$ 이므로 A_2B_4 의 분자량은 $104 (= 14 \times 2 + 19 \times 4)$ 이다.

09 분자량과 몰

(가)에서 $CH_4(g)$ 과 $C_2H_6(g)$ 의 양을 각각 n mol이라고 하고, (나)에서 $C_3H_8(g)$ 의 양을 m mol이라고 하자. CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 의 분자량이 각각 16, 30, 44이고, (가)와 (나)의 질량이 같으므로 $16n + 30n = 44m$ 에서 $23n = 22m$ 이다.

⊙. 기체의 양(mol)은 (가) $(= 2n) >$ (나) $(= m = \frac{23}{22}n)$ 이다.

⊙. 총 원자 수는 (가) $(= n \times 5 + n \times 8 = 13n) >$ (나) $(= m \times 11 = \frac{23}{22}n \times 11 = 11.5n)$ 이다.

✕. H의 질량은 (가) $(= n \times 4 \times 1 + n \times 6 \times 1 = 10n) >$ (나) $(= m \times 8 \times 1 = \frac{23}{22}n \times 8 \times 1 = \frac{92}{11}n)$ 이다.

10 화학식량과 몰

$C_6H_{12}O_6(aq)$ 에는 $C_6H_{12}O_6$ 과 H_2O 이 들어 있다.

⊙. $C_6H_{12}O_6$ 과 H_2O 모두 H와 O의 원자 수비가 2 : 1이므로

$C_6H_{12}O_6(aq)$ 에 들어 있는 원자 수비도 H : O = 2 : 1이다.

✕. $C_6H_{12}O_6$ 과 H_2O 의 몰비가 $x : y$ 라고 하면 C와 H의 질량비는 $6 \times 12 \times x : (12 \times 1 \times x + 2 \times 1 \times y) = 6 : 5$ 이므로 $y = 24x$ 이다. 따라서 분자 수비는 $C_6H_{12}O_6 : H_2O = 1 : 24$ 이다.

⊙. $C_6H_{12}O_6$ 과 H_2O 의 몰비가 1 : 24이므로 원자의 몰비는 C : O = $6 \times 1 : (6 \times 1 + 1 \times 24) = 1 : 5$ 이다.

11 몰과 질량, 부피

물질의 양(mol)은 $\frac{\text{질량(g)}}{\text{화학식량(g/mol)}}$ 이고, 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. (가)에서 $O_2(g)$ 의 양은 $0.05 \left(= \frac{1.6}{32} \right)$ mol이고 (가)와 (나)의 부피비가

1 : 2 ($= V : 2V$)이므로 (나)에서 $H_2O(g)$ 의 양은

$0.1 (= 0.05 \times 2)$ mol이다. $H_2O(g)$ 의 양이 0.1 mol이므로 부피는 $3.6 (= 0.1 \times 36)$ L, 질량은 $1.8 (= 0.1 \times 18)$ g이다. 또한 (나)에서 $H_2O(g)$ 의 부피(2V L)가 3.6 L이므로 $V = 1.8$ 이다. (다)에서 $H_2O(l)$ V mL ($= 1.8$ mL)의 질량은

$1.8 (= 1.8 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL})$ g이고, 이는 $0.1 \left(= \frac{1.8}{18} \right)$ mol에 해당한다.

⊙. (나)에서 $H_2O(g)$ 의 질량이 1.8 g이므로 $w = 1.8$ 이다.

⊙. H_2O 의 양은 (나)와 (다) 모두 0.1 mol이므로 (나)와 (다)가 같다.

⊙. (가)에서 $O_2(g)$ 의 양은 0.05 mol이므로 O 원자의 양은 0.1 mol이고, (다)에서 H_2O 의 양은 0.1 mol이므로 O 원자의 양도 0.1 mol이다. 따라서 O의 원자 수는 (가)와 (다)가 같다.

12 아보가드로 법칙과 몰

같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 그림에서 왼쪽 용기를 용기 I, 오른쪽 용기를 용기 II라고 하고, (가)에서 실린더 속 $Ne(g)$ 2 L의 양을 n mol이라고 하자.

(나)에서 용기 I과 실린더 속 $Ne(g)$ 의 전체 부피는 4 L ($= 1 \text{ L} + 3 \text{ L}$)이므로 이는 $2n$ mol에 해당한다. 따라서 (가)에서 용기 I에 들어 있던 $Ne(g)$ 의 양은 n mol이었다.

(다)에서 용기 I과 실린더, 용기 II 속 $Ne(g)$ 의 전체 부피는 4.5 L ($= 1 \text{ L} + 2.5 \text{ L} + 1 \text{ L}$)이므로 이는 $\frac{9}{4}n$ mol에 해당한다.

따라서 (가)에서 용기 II에 들어 있던 $Ne(g)$ 의 양은

$\frac{1}{4} \left(= \frac{9}{4} - 2 \right) n$ mol이었다. (가)에서 용기 I과 용기 II 속 $Ne(g)$ 의 몰비가 4 : 1이므로 $\frac{y}{x} = \frac{1}{4}$ 이다.

03

화학 반응식과 용액의 농도

2점 수능 테스트

본문 46~48쪽

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

01 화학 반응식과 몰 농도

화학 반응식을 정리하면 다음과 같다.

- (가) $2\text{HCl}(aq) + \text{Zn}(s) \rightarrow \text{ZnCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$
 (나) $2\text{HCl}(aq) + \text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$
 ㉠. $a=2, b=1$ 이므로 $a+b=3$ 이다.
 ㉡. X는 H_2O 이다.
 ㉢. 1 M $\text{HCl}(aq)$ 100 mL에는 HCl가 0.1 mol 들어 있다. 계수비 (= 반응 몰비)는 (가)에서 $\text{HCl}(aq) : \text{H}_2(g) = 2 : 1$ 이고, (나)에서 $\text{HCl}(aq) : \text{CO}_2(g) = 2 : 1$ 이므로 (가)와 (나)에서 1 M $\text{HCl}(aq)$ 100 mL씩 모두 반응시켰을 때, 생성되는 기체의 양은 0.05 mol로 같다.

02 화학 반응식과 양적 관계

화학 반응식을 정리하면 다음과 같다.

- $2\text{NaHCO}_3(s) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(s) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$
 NaHCO_3 8.4 g은 $0.1 \left(= \frac{8.4}{84} \right)$ mol에 해당하고, 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같다.
 ㉠. 계수비는 $\text{NaHCO}_3 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 1$ 이므로 NaHCO_3 0.1 mol이 반응할 때 생성되는 H_2O 의 양은 0.05 mol이다.
 ✕. 계수비는 $\text{NaHCO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2 : 1$ 이므로 NaHCO_3 0.1 mol이 반응할 때 생성되는 Na_2CO_3 의 양은 0.05 mol이다. 따라서 생성되는 Na_2CO_3 의 질량은 $5.3 (= 0.05 \times 106)$ g이다.
 ㉢. 계수비는 $\text{NaHCO}_3 : \text{CO}_2 = 2 : 1$ 이므로 NaHCO_3 0.1 mol이 반응할 때 생성되는 CO_2 의 양은 0.05 mol이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 생성되는 CO_2 의 부피는 $1.2 (= 0.05 \times 24)$ L이다.

03 화학 반응식과 양적 관계

반응한 반응물의 총 질량과 생성된 생성물의 총 질량은 같다.

- ㉠. A 11 g이 모두 반응할 때 생성되는 생성물의 질량이 C와 D가 각각 7.5 g, 8 g이므로 반응한 B의 질량은 $4.5 (= 7.5 + 8 - 11)$ g이다. 따라서 반응물의 반응 질량비는 $A : B = 22 : 9 (= 11 : 4.5)$ 이다.
 ㉡. 반응 몰비는 화학 반응식의 계수비와 같으므로 $A : B : D$

$= 1 : 1 : 1$ 이고, 반응 질량비는 $A : B : D = 11 : 4.5 : 8$ 이므로 분자량비는 $A : B : D = 22 : 9 : 16 \left(= \frac{11}{1} : \frac{4.5}{1} : \frac{8}{1} \right)$ 이다. 또한 C의 분자량이 B의 10배이므로 분자량비는 $A : B : C : D = 22 : 9 : 90 : 16$ 이다. 따라서 분자량비는 $A : C = 11 : 45$ 이다. ✕. 분자량비가 $A : B : C : D = 22 : 9 : 90 : 16$ 이고, 반응 몰비가 $A : B : C : D = x : x : 1 : x$ 이므로 $22x + 9x = 90 + 16x$ 에서 $x = 6$ 이다.

04 화학 반응식과 몰

화학 반응식은 다음과 같다.

- (가) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$
 (나) $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{CO} \rightarrow 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$
 ㉠. $b=2, x=4$ 이므로 $x=2b$ 이다.
 ㉡. 1 mol의 철을 얻을 때 발생하는 CO_2 의 양은 (가), (나) 각각 $\frac{3}{2}$ mol, $\frac{4}{3}$ mol이므로 1 kg의 철을 얻을 때 발생하는 CO_2 의 몰비는 (가) : (나) = $9 : 8 \left(= \frac{3}{2} : \frac{4}{3} \right)$ 이다.
 ㉢. 1 mol의 철을 얻기 위해 필요한 산화 철의 양은 (가), (나) 각각 $\frac{1}{2}$ mol, $\frac{1}{3}$ mol이므로 같은 양의 철을 얻기 위해 필요한 산화 철의 몰비는 (가) : (나) = $3 : 2$ 이다. 따라서 Fe의 원자량을 x , O의 원자량을 y 라고 할 때, 같은 양의 철을 얻기 위해 필요한 산화 철의 질량은 (가) : (나) = $3(2x + 3y) : 2(3x + 4y) = (6x + 9y) : (6x + 8y)$ 이므로 (가) > (나)이다.

05 화학 반응에서의 양적 관계

같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비는 분자량비와 같다. 반응 전 밀도비는 $X(g) : Y(g) = \frac{3}{3V} : \frac{2}{V} = 1 : 2$ 이므로 분자량비는 $X : Y = 1 : 2$ 이다. 분자량이 $A > B$ 이므로 X가 B, Y가 A이다. 반응 전 A와 B의 양을 각각 n mol, $3n$ mol이라고 하면, 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2\text{A}(g)$	$+ \text{B}(g)$	\rightarrow	$2\text{C}(g)$
반응 전(mol)	n	$3n$		
반응(mol)	$-n$	$-0.5n$		$+n$
반응 후(mol)	0	$2.5n$		n

반응 후 전체 기체의 양은 $3.5n$ mol이므로 반응 후 전체 기체의 부피는 $3.5V$ L이다. 따라서 실린더 속 기체의 부피는 $0.5V$ L이다.

06 몰 농도

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

㉠ I에서 1 M A(aq) 100 mL에는 A가 0.1 mol 녹아 있고, 1.5 M A(aq) 400 mL에는 A가 0.6 mol 녹아 있으므로 추가로 넣어 준 A는 0.5 mol이다. 그러므로 A의 화학식량은 $2w$ ($=\frac{w}{0.5}$)이다.

㉡ II에서 1 M A(aq) x mL에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{x}{1000}$ mol이고, A $2w$ g의 양은 $1\left(=\frac{2w}{2w}\right)$ mol이며, 3 M A(aq) 400 mL에 녹아 있는 A의 양은 1.2 mol이므로 $\frac{x}{1000} + 1 = 1.2$ 에서 $x=200$ 이다.

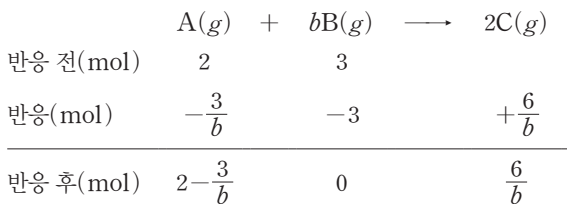
㉢ I에서 만든 A(aq)의 몰 농도(M), 부피(mL)를 각각 M_1, V_1 , II에서 만든 A(aq)의 몰 농도(M), 부피(mL)를 각각 M_2, V_2 , 혼합 수용액의 몰 농도(M), 부피(mL)를 각각 M, V 라고 할 때 $M_1V_1 + M_2V_2 = MV$ 이므로

$$1.5 \times 400 + 3 \times 400 = M \times 800 \text{에서 } M = \frac{9}{4}(M) \text{이다.}$$

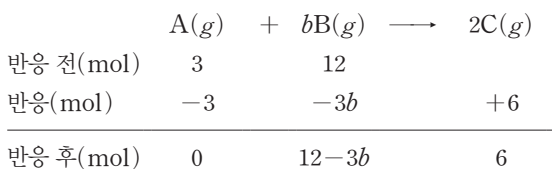
07 화학 반응식과 양적 관계

만약 I에서 A가 모두 반응한다면 II에서도 A가 모두 반응한다. 이때 반응 후 C의 몰비는 I : II = 2 : 3인데, 남은 B의 몰비는 I : II = 2 : 3이 될 수 없으므로 I과 II의

$\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 은 같을 수 없다. 따라서 I에서 B가 모두 반응한다. 마찬가지로 II에서 모두 반응하는 기체는 A이다. I에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



II에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



I과 II의 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 이 같으므로 $\frac{\frac{6}{b}}{\left(2-\frac{3}{b}\right)+\frac{6}{b}}$

$=\frac{6}{(12-3b)+6}$ 에서 $b=3$ 이다. $b=3$ 을 I의 양적 관계에 대입하면 $x=\frac{2}{3}$ 이다. 따라서 $b \times x=2$ 이다.

08 화학 반응식과 양적 관계

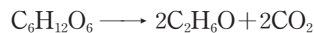
화학 반응식은 다음과 같다.



CO₂ 44 g과 X 46 g이 생성될 때 반응한 C₆H₁₂O₆의 질량은 90(=44+46) g이고, 분자량은 C₆H₁₂O₆, CO₂ 각각 180, 44이므로 반응 몰비는 C₆H₁₂O₆ : CO₂ = $\frac{1}{2}\left(=\frac{90}{180}\right) : 1\left(=\frac{44}{44}\right)$ = 1 : 2이다. 반응 몰비와 화학 반응식의 계수비는 같으므로 $b=2$ 이다. 화학 반응식을 정리하면 다음과 같다.



반응 전과 후에 원소별로 원자 수가 같아야 하므로 aX 는 C₄H₁₂O₂이거나 2C₂H₆O이다. 그런데 분자당 O 원자 수는 CO₂ > X이므로 X는 C₂H₆O이다. 화학 반응식을 다시 정리하면 다음과 같다.



✕. $b=2$ 이다.

✕. C₂H₆O 1 mol에 들어 있는 H 원자의 양은 6 mol이다.

㉠. C₆H₁₂O₆ 9 g은 $0.05\left(=\frac{9}{180}\right)$ mol에 해당한다. C₆H₁₂O₆ 0.05 mol이 모두 반응할 때 생성되는 C₂H₆O의 양은 0.1 mol이다.

09 화학 반응식과 양적 관계

전체 기체의 몰비(=부피비)가 반응 전 : 반응 후 = 4 : 3이므로 그림에서 반응 후 생성된 X의 모형은 4개이다. AB 분자 4개와 B₂ 분자 2개가 반응하여 X 분자 4개가 생성되므로 반응 몰비는 AB : B₂ : X = 2 : 1 : 2이다.

화학 반응식을 정리하면 다음과 같다.



따라서 X의 분자식은 AB₂이다.

㉠. X의 분자식이 AB₂이므로 X의 구성 원자 수비는 A : B = 1 : 2이다.

✕. 반응 후 남아 있는 B₂의 모형은 2개이고, 생성된 X의 모형은 4개이므로 반응 후 실린더 속 $\frac{X \text{의 양(mol)}}{B_2 \text{의 양(mol)}}$ = 2이다.

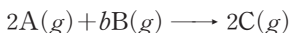
㉡. 실린더 속 총 원자 수는 반응 전과 반응 후가 같고, 실린더 속 전체 기체의 부피는 반응 후가 반응 전의 $\frac{3}{4}$ 배이므로 실린더 속 단위 부피당 총 원자 수는 반응 후가 반응 전의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

10 몰 농도와 화학 반응에서의 양적 관계

충분한 양의 $Zn(s)$ 과 반응시켰을 때 발생한 $H_2(g)$ 의 몰비가 (가) : (나) : (다) = 2 : 6 : 3이므로 반응 전 용액 속 HCl 의 몰비가 (가) : (나) : (다) = 2 : 6 : 3이었다. 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱은 용질의 양(mol)과 같다. 따라서 $HCl(aq)$ 의 부피비가 (가) : (나) : (다) = 1 : 2 : 3이므로 $HCl(aq)$ 의 몰 농도비가 (가) : (나) : (다) = 2 : 3 : 1이어야 한다. 따라서 (가)~(다)의 몰 농도(M)는 각각 0.2, 0.3, 0.1이다.

11 화학 반응에서의 양적 관계

화학 반응식은 다음과 같다.



기체 1 L의 양을 n mol이라고 하자. 표는 반응 전과 후의 기체의 양에 대한 자료이다.

실험	반응 전		반응 후
	A의 양(mol)	B의 양(mol)	전체 기체의 양(mol)
I	$2n$	$3n$	$4n$
II	$3n$	$2n$	$x \times n$

반응 몰비가 $A : C = 1 : 1 (= 2 : 2)$ 이므로 만약 I에서 B가 모두 반응한다면, 반응 후 전체 기체의 양은 반응 전 A의 양인 $2n$ mol과 같아야 하는데 $4n$ mol이므로 I에서 모두 반응하는 기체는 A이다. A가 $2n$ mol 반응하면 C가 $2n$ mol 생성되는데 반응 후 전체 기체의 양은 $4n$ mol이므로 반응하지 않고 남은 B의 양이 $2n$ mol이다. 따라서 반응한 B의 양은 n mol ($= 3n$ mol - $2n$ mol)이다. 반응 몰비가 $A : B = 2 : 1$ 이므로 $b = 1$ 이다.

반응 몰비가 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이므로 II에서 A $3n$ mol이 모두 반응하며, C는 $3n$ mol 생성된다. 이때 B는 $2n$ mol 중 $1.5n$ mol만 반응하고 $0.5n$ mol이 남으므로 반응 후 전체 기체의 양($x \times n$ (mol))은 $3.5n$ mol ($= B$ $0.5n$ mol + C $3n$ mol)이다. 따라서 $x = 3.5$ 이고 $b \times x = 3.5$ 이다.

12 몰 농도

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

㉠. 용질의 양은 (가)와 (나)가 같고 용액의 부피는 (가)가 (나)의 $\frac{1}{2}$ ($= \frac{100 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$)배이므로 몰 농도(M)는 (가)가 (나)의 2배이다. 따라서 (가)의 몰 농도는 2 M이다. A의 화학식량을 x 라고 하면

$$\text{몰 농도가 } \frac{\frac{8}{x} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 2 \text{ M} \text{ 이므로 } x = 40 \text{ 이다.}$$

㉡. 몰 농도는 (가)가 (나)의 2배이므로 $A(aq)$ 1 mL에 들어 있는 A의 질량도 (가)가 (나)의 2배이다.

㉢. (다)는 (가)(물 w g + A 8 g)에 물 $\frac{w}{2}$ g과 A 4 g을 더 넣어 준 것이므로 몰도 (가)의 $\frac{1}{2}$ 배, A도 (가)의 $\frac{1}{2}$ 배를 더 넣어 준 것이다. 결국 (다)는 (가)와 같은 농도의 용액을 (가)에 더 넣어 준 것과 같으므로 몰 농도는 (가)와 (다)가 같다. 따라서 (다)의 몰 농도는 2 M이다.

3점 수능 테스트

본문 49~54쪽

- 01 ㉠ 02 ㉣ 03 ㉣ 04 ㉠ 05 ㉠ 06 ㉣ 07 ㉢
08 ㉠ 09 ㉣ 10 ㉤ 11 ㉢ 12 ㉤

01 화학 반응에서의 양적 관계

화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같으므로 반응 몰비는

○ : △ : ★ = 1 : 2 : 2이다.



반응 전 반응물의 몰비는 ○ : △ = 1 : 1이므로 반응물의 양(mol)을 ○과 △ 모두 n 이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	○	+	2△	→	2★
반응 전(mol)	n		n		
반응(mol)	$-\frac{n}{2}$		$-n$		$+n$
반응 후(mol)	$\frac{n}{2}$		0		n

전체 기체의 몰비(=부피비)는 반응 전 : 반응 후 = 4 : 3 ($= 2n : \frac{3}{2}n$)이고 ○의 몰비는 반응 전 : 반응 후 = 2 : 1 ($= n : \frac{n}{2}$)이므로 단위 부피당 ○의 몰비는 반응 전 : 반응 후 = 3 : 2 ($= \frac{2}{4} : \frac{1}{3}$)이다. 따라서 반응 전 단위 부피당 ○ 모형이 3개이므로 반응 후 단위 부피당 ○ 모형은 2개이다.

02 몰 농도

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

✕. 0.3 M $A(aq)$ 100 mL에 녹아 있는 A의 양은 0.03 ($= 0.3 \times 0.1$) mol이므로 A의 화학식량은 $\frac{100}{3}w$ ($= \frac{w}{0.03}$)이다.

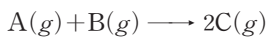
㉠. 용질의 몰비는 $A : B : C = 0.3 \times 0.1 : 0.1 \times 0.2 : 0.6 \times 0.3$

$= 3 : 2 : 18$ 이고, 용질의 화학식량비는 $A : B = \frac{w}{3} : \frac{2w}{2} = 1 : 3$ 이므로 A는 요소, B는 포도당이고, 나머지 C는 수산화 나트륨이다.

㉔ A(요소)와 C(수산화 나트륨)의 화학식량의 비가 $\frac{w}{3} : \frac{x}{18} = 60 : 40$ 이므로 $x = 4w$ 이다.

03 화학 반응식과 양적 관계

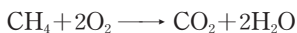
같은 온도, 같은 압력에서 반응 전과 후의 전체 기체의 부피가 같으므로 화학 반응식에서 반응물의 계수의 합과 생성물의 계수의 합이 같다. 따라서 $b=1$ 이다. 화학 반응식은 다음과 같다.



반응 전과 후의 총 질량은 같아야 하므로 $w=82$ 이다. 반응 질량비는 $A : B : C = 4 : 76 : 80$ 이고, 분자량비는 $A : B : C = 1 : 19 : 10$ ($= \frac{4}{1} : \frac{76}{1} : \frac{80}{2}$)이다. 따라서 $\frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = 1.9$ 이다.

04 화학 반응에서의 양적 관계

화학 반응식은 다음과 같다.



기체의 종류는 (가)~(다) 각각 3가지, 2가지, 4가지이다. 기체의 종류가 3가지인 (가)는 반응이 완결된 후 반응물 1가지가 남아 있는 경우이다. 또한 기체의 종류가 4가지인 (다)는 반응이 완결되기 전 반응물 2가지와 생성물 2가지가 존재하는 경우이다.

㉑ (다)에서 (가)로 반응이 진행될 때 ○ 1개와 △ 2개가 반응하여 ● 1개와 ☆ 2개가 생성되었으므로 ○, △, ●, ☆은 각각 CH_4 , O_2 , CO_2 , H_2O 에 해당한다.

㉒ (나)는 CH_4 과 O_2 만 들어 있으므로 반응이 일어나기 전을 나타낸 것이다.

㉓ (가)에서 반응물(○)과 생성물(●, ☆)의 전체 몰비는 1 : 6이다.

05 몰 농도

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

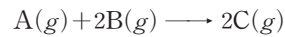
가 (가) : (나) = 2 : 1이므로 A의 몰비는 (가) : (나) = 2 : 1이고, 용액의 몰 농도(M)비는 (가) : (나) = 1 : 2이므로 용액의 부피비는

(가) : (나) = 4 : 1 ($= \frac{2}{1} : \frac{1}{2}$)이다. 용액의 부피비가

(가) : (나) = 4 : 1이고, 용액의 몰 농도(M)비가 (가) : (나) = 1 : 2이므로 $M_{(가)}V_{(가)} + M_{(나)}V_{(나)} = MV$ 에서 몰 농도(M)는

(가)와 (나)의 혼합 용액이 (가)의 1.2 ($= \frac{1 \times 4 + 2 \times 1}{4 + 1}$)배이므로 $\frac{\text{(가)와 (나)를 모두 혼합한 용액의 몰 농도(M)}}{\text{(가)의 몰 농도(M)}} = 1.2$ 이다.

06 화학 반응에서의 양적 관계



화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같고, 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비와 같다. B(g) w g을 넣었을 때 반응 후 실린더 속 기체의 종류는 1가지이므로 넣어 준 B의 질량이 w g일 때가 A(g) 1 g이 모두 반응하여 반응 후 C(g)만 존재하는 때이다. A(g) 1 g에 해당하는 부피를 V_0 L, 반응 후 전체 기체의 부피를 V L라고 하자.

i) 넣어 준 B의 질량이 w g일 때

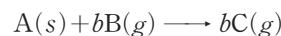
계수비(=반응 몰비=기체의 부피비)가 $A : B : C = 1 : 2 : 2$ 이므로 넣어 준 A(g)와 B(g)의 부피는 각각 V_0 L, $2V_0$ L이다. A(g)와 B(g)는 모두 반응하고, 생성되는 C(g)의 부피는 $2V_0$ 이다. 따라서 $V = 2V_0$ 이다.

ii) 넣어 준 B의 질량이 $2w$ g일 때

B(g)는 w g만큼 반응하므로 남아 있는 B(g)의 부피만큼 i)의 경우일 때보다 전체 기체의 부피가 증가한다. 따라서 남아 있는 B(g)의 부피가 $2V_0$ L이므로 $V = 4V_0$ (=B(g) $2V_0 + C(g)$ $2V_0$)이다.

넣어 준 B의 질량이 w g일 때까지는 V 가 V_0 (= $2V_0 - V_0$)만큼 증가하고, 넣어 준 B의 질량이 w g일 때부터 $2w$ g일 때까지는 V 가 $2V_0$ (= $4V_0 - 2V_0$)만큼 증가한다. 따라서 V 가 증가하는 기울기는 넣어 준 B의 질량이 w g 이상일 때가 이하일 때보다 크므로 이에 해당하는 그래프로 가장 적절한 것은 ㉔이다.

07 화학 반응에서의 양적 관계

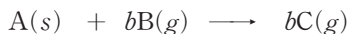


분자량비는 $B : C = 1 : 2$ 이고, 반응 몰비는 $B : C = 1 : 1$ 이므로 반응 질량비는 $B : C = 1 : 2$ 이다. I에서 A(s) $2w$ g이 모두 반응하였다면 생성된 C(g)의 질량이 $2w$ g보다 크게 되므로 반응 질량비가 $B : C = 1 : 2$ 라는 관계가 맞지 않다. 따라서 I에서 B(g)가 모두 반응한다. 질량 보존 법칙에 따라 I에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(s)$	$+ bB(g)$	\longrightarrow	$bC(g)$
반응 전(g)	$2w$	w		
반응(g)	$-w$	$-w$		$+2w$
반응 후(g)	w	0		$2w$

A(s)는 고체이고 반응 후 용기 속 기체는 모두 C(g)이므로 $x=2w$ 이다.

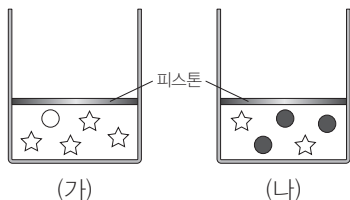
II에서 B(g)가 모두 반응하였다면 반응 후 용기 속 기체는 모두 C(g)이고, 생성된 C(g)의 질량이 II에서가 I에서의 1.5배이므로 반응한 A(s)의 질량도 II에서가 I에서의 1.5배인 $1.5w$ g이어야 하는데 w g이므로 조건에 맞지 않다. 따라서 II에서는 A(s)가 모두 반응한다. II에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



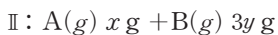
반응 전(g)	w	y	
반응(g)	$-w$	$-w$	$+2w$
반응 후(g)	0	$y-w$	$2w$

반응 후 전체 기체의 질량은 $(y-w)+2w=3w(=1.5x)$ 이므로 $y=2w$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x}=1$ 이다.

08 화학 반응에서의 양적 관계



(가)와 (나)에 공통으로 들어 있는 ☆이 생성물 C(g)에 해당한다. 넣어 준 반응물의 질량은 다음의 2가지 경우이다.



그림에서 C(g)(☆)의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배로 (가)>(나)이므로 (가)는 II, (나)는 I에 해당한다(∵ 넣어 준 A(g)의 양(mol)은 I과 II가 같으나 넣어 준 B(g)의 양(mol)은 II가 I보다 더 크므로 C(g)(☆)의 양(mol)이 더 큰 (가)가 II에 해당한다).

I에서 A(g)가 모두 반응한다면, II에서도 A(g)가 모두 반응하므로 생성물인 C(g)의 양이 I과 II가 같아야 하는데 그림의 결과와 일치하지 않는다. 따라서 I에서 모두 반응한 기체는 B(g)이다.

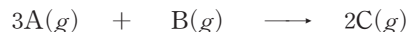
II에서 B(g)가 모두 반응한다면, I에서도 B(g)가 모두 반응하므로 생성물인 C(g)의 양이 II가 I의 3배이어야 하는데 그림의 결과와 일치하지 않는다. 따라서 II에서 모두 반응한 기체는 A(g)이다.

생성된 C(g)의 양(mol)이 II가 I의 2배이므로 반응한 A(g)와 B(g)도 II가 I의 2배이다. 따라서 화학 반응에서 반응물의 양적 관계는 다음과 같다.

반응물		A(g)	B(g)
I	넣어 준 질량(g)	x	y
	반응한 질량(g)	$\frac{x}{2}$	y
	반응 후 남은 질량(g)	$\frac{x}{2}$	
	반응 후 모형의 수	3	
II	넣어 준 질량(g)	x	$3y$
	반응한 질량(g)	x	$2y$
	반응 후 남은 질량(g)		y
	반응 후 모형의 수		1

I에서 A(g) $\frac{x}{2}$ g이 ● 3개에 해당하고, II에서 B(g) y g이 ○ 1개에 해당한다. I에서 A(g) $\frac{x}{2}$ g(● 3개)과 B(g) y g(○ 1개)이 모두 반응하여 C(g)(☆) 2개를 생성하였으므로 화학 반응식은 $3A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 이다.

A(g) x g(● 6개)을 $6n$ mol, B(g) y g(○ 1개)을 n mol이라고 하면, A(g) $1.5x$ g과 B(g) $2y$ g을 실린더에 넣고 반응을 완결시킬 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol)	$9n$	$2n$	
반응(mol)	$-6n$	$-2n$	$+4n$
반응 후(mol)	$3n$	0	$4n$

따라서 반응 후 모형의 수는 ● 3개와 ☆ 4개이다.

09 화학 반응에서의 양적 관계

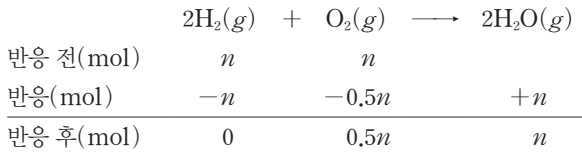
분자량비는 A : C = 4 : 5이므로 A~C의 분자량을 각각 $4M$, M_B , $5M$ 이라고 하면, $2 \times 4M + M_B = 2 \times 5M$ 에서 $M_B = 2M$ 이다. 따라서 A와 B의 분자량비는 2 : 1이므로 I에서 반응 전 A와 B의 몰비는 $1 : 3\left(= \frac{2w}{2} : \frac{3w}{1}\right)$ 이다. A $2w$ g을 n mol, B $3w$ g을 $3n$ mol이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

실험	반응 전		반응 후	
	A(g)의 양(mol)	B(g)의 양(mol)	C(g)의 양(mol)	B(g)의 양(mol)
I	n	$3n$	n	$2.5n$
II	$2n$	n	$2n$	0

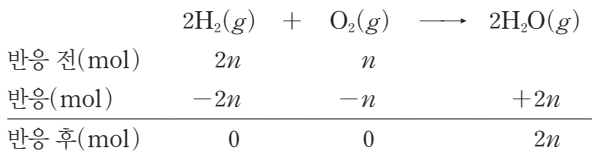
I과 II에서 반응 전 총 질량은 $5w$ g으로 같고, 반응 후 전체 기체의 몰비(=부피비)는 I : II = $7 : 4(=3.5n : 2n)$ 이므로 밀도비는 I : II = $4 : 7$ 이다. 따라서 $x = \frac{7}{4}d$ 이다.

10 화학 반응에서의 양적 관계

같은 온도, 같은 압력에서 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례한다. $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 L의 양이 n mol이라고 하면 (나)에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



(다)에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

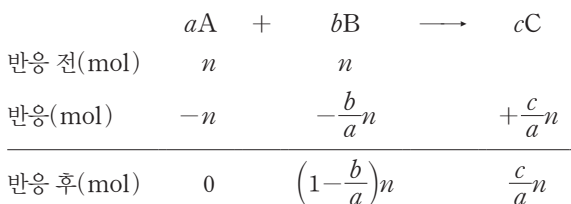


(나)와 (다) 과정 후 전체 기체의 양은 $3.5n$ mol이고, 용기 I 과 실린더, 용기 II 전체의 부피는 5 L이므로 1 L당 $0.7n$ ($=\frac{3.5}{5}$) mol의 기체가 들어 있게 된다. (나)에서 반응 후 O_2 와 H_2O 의 몰비가 1 : 2이므로 용기 I (1 L)의 $0.7n$ mol 중 H_2O 의 양은 $\frac{7}{15}n$ ($=0.7n \times \frac{2}{1+2}$) mol이다. (다)에서 반응 후 H_2O 만 존재하므로 용기 II (2 L)의 $1.4n$ mol은 모두 H_2O 이다. 따라서 (다)에서 $\frac{\text{용기 II에서의 H}_2\text{O의 양(mol)}}{\text{용기 I에서의 H}_2\text{O의 양(mol)}} = 3$ ($=\frac{1.4n}{\frac{7}{15}n}$)이다.

11 화학 반응식과 양적 관계

만약 I에서 B가 모두 반응한다면 II에서도 B가 모두 반응한다. 반응 전 기체의 양(mol)이 $A=B$ 인 I에서 반응 후 A와 C의 양(mol)이 같으므로 반응 전 기체의 양(mol)이 $A>B$ 인 II에서는 반응 후 기체의 양(mol)이 A가 C보다 커야 한다. 이는 몰비가 $A : C = 1 : 1$ 이라는 조건에 맞지 않다. 따라서 I에서 모두 반응하는 기체는 A이다. 마찬가지로 II에서 모두 반응하는 기체는 B이다.

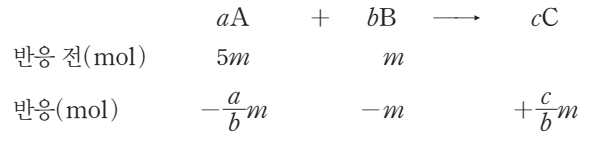
I에서 반응 전 A와 B의 양을 각각 n mol과 n mol이라고 하고, II에서 반응 전 A와 B의 양을 각각 $5m$ mol과 m mol이라고 하자. I에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



반응이 완결된 후 남아 있는 반응물과 생성물의 몰비가 1 : 1이므로 $(1-\frac{b}{a})n = \frac{c}{a}n$ 이다.

$$\therefore a-b=c \dots\dots \textcircled{1}$$

II에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

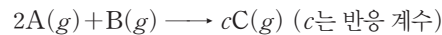


반응이 완결된 후 남아 있는 반응물과 생성물의 몰비가 1 : 1이므로 $(5-\frac{a}{b})m = \frac{c}{b}m$ 이다.

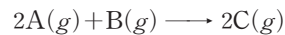
$$\therefore 5b-a=c \dots\dots \textcircled{2}$$

①과 ②에서 $a : b : c = 3 : 1 : 2$ 이므로 $\frac{a+b}{c} = 2$ 이다.

12 화학 반응식과 양적 관계



화학 반응식에서 A(g)와 C(g)의 계수가 같은 경우에 넣어 준 B(g)가 모두 소모될 때, 반응한 A(g)의 양(mol)만큼 C(g)가 생성된다. 따라서 반응 중 전체 기체의 양(mol)과 부피가 일정하게 유지되어 반응 후 전체 기체의 밀도는 넣어 준 B(g)의 질량 증가량에 비례하여 증가한다. A(g)와 C(g)의 계수가 같고 넣어 준 B(g)가 남을 때, 반응 중 전체 기체의 양(mol)과 부피가 증가하여 반응 후 전체 기체의 밀도는 넣어 준 B(g)의 질량 증가량에 비례하여 증가하지 않는다. 넣어 준 B(g)의 질량이 1 g에서 4 g일 때까지는 반응 후 전체 기체의 밀도가 넣어 준 B(g)의 질량 증가량에 비례하여 증가하므로 $c=2$ 이고, A(g)만 들어 있을 때의 밀도(상댓값)는 7이다. 화학 반응식과 자료를 정리하면 다음과 같다.



넣어 준 B(g)의 질량(g)	0	1	2.5	4	y
전체 기체의 밀도(상댓값)	7	8	9.5	11	9.5

같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량과 비례한다. 넣어 준 B(g)의 질량이 0 g일 때와 4 g일 때의 전체 기체의 밀도비가 A와 C의 분자량비($=7 : 11$)와 같으므로 넣어 준 B(g)의 질량(g)이 4 g일 때 실린더 속에는 C(g)만 들어 있음을 알 수 있다. 또한 $A \sim C$ 의 분자량을 각각 M_A , M_B , M_C 라고 할 때, $2M_A + M_B = 2M_C$ 이고, 분자량비가 $A : C = 7 : 11$ 이므로 분자량비는 $A : B : C = 7 : 8 : 11$ 이며 반응 질량비는 $A : B : C = 7 : 4 : 11$ 이다.

㉠. 넣어 준 B(g)의 질량이 1 g에서 4 g일 때까지는 반응 후 전체 기체의 밀도가 넣어 준 B(g)의 질량 증가량에 비례하여 증가하므로 화학 반응식에서 A(g)와 C(g)의 계수가 같은 경우이다. 따라서 $c=2$ 이다.

㉡. 반응 질량비는 A : B : C = 7 : 4 : 11이고, B(g) 4 g을 넣어 주었을 때 A(g) x g이 모두 반응하였으므로 $x=7$ 이다.

㉢. B(g) 4 g이 반응할 때 생성되는 C(g)는 11 g이고, B(g) 4 g의 양을 n mol이라고 할 때 C(g) 11 g의 양은 $2n$ mol이다. B(g) 4 g을 넣어 주었을 때와 B(g) y g을 넣어 주었을 때의 전체 기체의 밀도비는

$$\frac{11}{2n} : \frac{11+(y-4)}{2n+\frac{(y-4)}{4} \times n} = 11 : 9.5$$

이므로 $y=12$ 이다.

04 원자의 구조

2점 수능 테스트

본문 63~64쪽

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

01 원자의 구성 입자

원자의 전자 수와 양성자수는 같다. X의 전자 수가 2이므로 $a=2$ 이다. 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 $b=2$ 이다.

- ㉠. a 와 b 는 2로 같다.
㉡. Y와 Z는 양성자수가 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다.
㉢. Z의 양성자수는 6, 중성자수는 8이므로 질량수는 14이다.

02 원자핵의 구성 입자

중성자 1개만으로 원자핵이 될 수 없으므로 ●은 양성자이고 X는 ^1H 이다. Y는 양성자 1개, 중성자 2개이므로 ^3H 이고, Z는 양성자 2개, 중성자 1개이므로 ^3He 이다.

- ×. ●이 양성자이므로 ○은 중성자이다.
×. X는 ^1H , Y는 ^3H 이므로 원자 번호는 같다.
㉠. Y는 ^3H 이고, Z는 ^3He 이므로 질량수가 3으로 같다.

03 원자의 구성 입자

- ×. 원자에서 양성자수와 중성자수는 같지 않을 수 있다.
㉠. 동위 원소에서 질량수가 클수록 중성자수가 크다.
㉡. ^{12}C 와 ^{13}C 는 양성자수와 전자 수가 같고, 중성자수는 다르다.

04 질량수

원자량은 ^{12}C 의 질량을 12로 하고 이에 대한 상대적인 질량으로 나타낸다.

- ㉠. 원자량이 12인 원자는 ^{12}C 이므로 $x=12$ 이다.
㉡. ^{37}Cl 가 ^{35}Cl 보다 원자량이 크므로 중성자수는 $^{37}\text{Cl} > ^{35}\text{Cl}$ 이다.
×. ^{37}Cl 원자 1개의 질량은 ^{35}Cl 원자 1개의 질량의 $\frac{34.969}{12}$ 배이다.

05 원자의 구성 입자

A는 전자 수가 2이고 양성자수도 2이므로 ^4He 이다. B는 전자 수가 3이고 양성자수도 3이므로 ^6Li 이다.

- ㉠ B의 질량수는 6이고 A의 질량수는 4이다.
 ✕. A는 He이므로 1주기이고, B는 Li이므로 2주기이다.
 ✕. A는 양성자수가 2, 중성자수가 2이고 B는 양성자수가 3, 중성자수가 3이므로 A와 B의 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}=1$ 로 같다.

06 α 입자 산란 실험

- α 입자 산란 실험을 통해 원자핵을 발견하였다.
 ㉠ 대부분의 α 입자는 금박을 그대로 통과하지만 일부는 큰 각도로 휘게 되고 극히 일부는 튕겨 나온다. 따라서 검출된 α 입자 수는 B 지점이 A 지점보다 크다.
 ㉡ α 입자는 (+)전하를 띠므로 정전기적 반발력에 의해 α 입자가 튕겨 나갔으므로 원자핵이 (+)전하를 띠고 있음을 알 수 있다.
 ㉢ 원자핵은 원자 질량의 대부분을 차지한다.

07 평균 원자량 구하기

- 평균 원자량은 각 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 고려하여 평균값으로 구한다.
 ㉠ ^{65}Cu 는 ^{63}Cu 보다 중성자가 2개 많다.
 ㉡ ^{65}Cu 는 ^{63}Cu 보다 무거우므로 원자량도 더 크다. 따라서 $y > x$ 이다.
 ㉢ 평균 원자량은 존재 비율을 고려하여 구하기 때문에 존재 비율이 큰 ^{63}Cu 의 원자량에 더 가깝다. 따라서 평균 원자량은 $\frac{x+y}{2}$ 보다 작다.

08 음극선 실험

- 음극선은 (-)전하를 띠는 전자의 흐름으로 전기장에서 (+)극 방향으로 휘는 성질이 있다.
 ㉠ ㉠은 음극선이 휘지 않고 중심을 향했으므로 전기장을 걸지 않았을 때인 (나)의 결과이다.
 ㉡ 음극선은 (+)극 쪽으로 휘어지므로 ㉡에는 중심보다 아래쪽에 형광이 나타난다.
 ㉢ 전기장을 걸었을 때 음극선이 (+)극 쪽으로 휘는 것을 통해 음극선이 (-)전하를 띠고 있음을 알 수 있다.

3점 수능 테스트

본문 65~69쪽

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

01 평균 원자량과 동위 원소의 존재 비율

- (가)는 자연계에 존재하는 원소 중 존재 비율이 가장 높은 ^{12}C 와 ^{16}O 가 결합하여 만들어진 CO 분자이다. (나)는 자연계에 존재하는 원소 중 가장 무거운 ^{13}C 와 ^{18}O 가 결합하여 만들어진 CO 분자이다.
 ㉠ (가)는 각 원소 중 존재 비율이 가장 큰 동위 원소들의 결합으로 만들어진 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ 이다.
 ✕. 중성자수는 (가)가 14이고, (나)가 17이므로 $\frac{\text{(나)의 중성자수}}{\text{(가)의 중성자수}} > 1$ 이다.
 ㉢ 자연계의 O의 대부분이 ^{16}O 이므로 O의 평균 원자량은 17보다 16에 가깝다.

02 원자핵의 구성 입자

- Y의 중성자수가 양성자수보다 크므로 Y로 가능한 원자는 ^3H 이다. X의 양성자수+중성자수가 Y의 원자 번호 1과 같으므로 X는 양성자수가 1, 중성자수가 0이고, ^1H 이다. X~Z는 질량수가 서로 다르므로 Z는 ^4He 이다.
 ㉠ X는 ^1H 이고, Y는 ^3H 이므로 X와 Y는 동위 원소이다.
 ㉡ Z의 질량수는 4이고, X의 질량수는 1이므로 Z의 질량수는 X의 4배이다.
 ✕. $\frac{\text{X의 질량수} + \text{Z의 질량수}}{2} = \frac{5}{2}$ 이고, Y의 질량수=3이므로 $\frac{\text{X의 질량수} + \text{Z의 질량수}}{2} < \text{Y의 질량수}$ 이다.

03 동위 원소의 질량수

- X에서 ㉠ > ㉡이고, Y에서 ㉡ > ㉢이므로 ㉠은 질량수이다. Y에서 ㉠+㉢이 질량수이므로 $a=6$ 이다. 탄소 원자에서 ㉢은 8이고, 탄소의 전자 수는 6이므로 ㉢은 중성자수, ㉠은 전자 수이다. X는 질량수가 12, 중성자수가 6이므로 ^{12}C 이고, Y는 질량수가 3, 전자 수가 2이므로 ^3He 이다.
 ✕. ㉡은 전자 수이다.
 ㉢ X는 C의 동위 원소이다.
 ✕. Y는 ^3He 이므로 1주기 원소이다.

04 원자의 구성 입자와 전하량

A^{m+} 은 양이온이므로 양성자수 > 전자 수이고, |양성자의 총 전하량| > |전자의 총 전하량|이다. 따라서 ㉠은 양성자이고 ㉡은 전자이다. 양성자 1개의 전하량은 $+1.6 \times 10^{-19}$ C이므로 A^{m+} 은 전자 수가 10, 양성자수가 11인 Na^+ 이다.

- ㉠. A^{m+} 에서 ㉠의 수가 ㉡의 수보다 크므로 ㉡은 전자이다.
- ㉡. A^{m+} 은 Na^+ 이므로 $m=1$ 이다.
- ㉢. A는 Na이므로 3주기 원소이다.

05 동위 원소와 질량수

(가)와 (나)에 들어 있는 기체의 부피가 같으므로 두 기체의 분자 수는 같다. 3H 는 중성자가 2개, ^{16}O 는 중성자가 8개이므로 (가)의 H_2O 에서 중성자는 12개이다.

✕. 3H 는 중성자가 $x-1$ 개, ^{18}O 는 중성자가 10개이므로 (나)의 H_2O 에서 중성자는 $2x+8$ 개이다. (가)와 (나)의 중성자수가 같으므로 $x=2$ 이다.

㉠. (나)에서 분자당 중성자수는 12개, 양성자수는 10개이므로 중성자수 > 양성자수이다.

✕. (가)와 (나)의 부피가 같고 분자량도 같으므로 밀도는 (가)와 (나)가 같다.

06 이온과 질량수

㉠과 ㉡이 각각 양성자수와 전자 수 중 하나라면 O^{2-} 에서 같은 값을 가질 수 없고, ㉠과 ㉡이 각각 양성자수와 전자 수 중 하나라면 F^- 에서 같은 값을 가질 수 없다. 따라서 ㉠은 중성자수이고, ㉡과 ㉢이 각각 양성자수와 전자 수 중 하나이다. ㉠이 양성자수이고 ㉡이 전자 수라면 $a=6, b=10, c=9$ 인데 $a+c=15$ 이므로 O^{2-} 의 질량수 18과 맞지 않다. 따라서 ㉠은 전자 수, ㉡은 중성자수, ㉢은 양성자수이고, $a=6, b=8, c=10$ 이다.

- ㉠. ㉡은 중성자수이다.
- ㉡. $c=10$ 이므로 $m=19$ 이다.
- ㉢. $a+b+c=24$ 이다.

07 원자핵의 구성입자

㉠이 양성자수, ㉡이 중성자수라면 ^{15}X 의 중성자수가 ^{13}C 의 양성자수와 같아야 하므로 ^{15}X 는 양성자수가 9, 중성자수가 6이 되어야 하는데 $\frac{^{15}X \text{의 중성자수}}{^{13}C \text{의 양성자수}} < 1$ 이므로 옳지 않다. 따라서 ㉠은 중성자수이고 ㉡은 양성자수이다.

- ㉠. ㉡은 중성자수이다.
- ㉢. X의 원자 번호는 7이므로 ^{13}C 와 원자 번호가 1만큼 차이난다.

㉢. $\frac{^{15}X \text{의 중성자수}}{^{13}C \text{의 양성자수}} = \frac{8}{6} > 1$ 이다.

08 질량수와 이온

(나)는 전하량이 -2 이므로 원자 상태보다 전자가 2개 더 많다. (나)의 중성자수가 4, 전자 수가 5이면 질량수가 7이므로 문제의 조건과 맞지 않다. 따라서 (나)는 중성자수가 8, 전자 수가 10이고, (나)의 원자는 전자 수가 8이고 원자 번호가 8이다. 질량수가 16이므로 (나)는 $^{16}O^{2-}$ 이다. (가)~(다)는 전자 수가 같으므로 (가)의 전자 수는 10이고, 질량수가 24이므로 중성자수 12이다. 따라서 (가)는 $^{24}Mg^{2+}$ 이다. (다)는 전하량이 -1 이므로 원자 번호는 9이고 중성자수가 10이므로 $^{19}F^-$ 이다.

- ㉠. (가)는 Mg^{2+} 이므로 ㉠은 $+2$ 이다.
- ✕. $^{19}F^-$ 의 질량수는 19이다.
- ✕. (나)는 $^{16}O^{2-}$ 이므로 2주기 원소의 이온이다.

09 동위 원소와 평균 원자량

원자의 평균 원자량은 (동위 원소의 원자량 × 동위 원소 존재 비율)의 합으로 나타낸다.

㉠. 평균 원자량은 (동위 원소의 질량수 × 동위 원소 존재 비율)의 합이 아니고 (동위 원소의 원자량 × 동위 원소 존재 비율)의 합으로 나타내므로 (가)는 원자량이다.

㉡. ㉠은 ^{16}O 의 원자량이므로 15.992이다.

㉢. 산소(O)의 평균 원자량이 15.999로 15.992에 가장 가까우므로 존재 비율은 ^{16}O 가 가장 크다.

10 동위 원소의 존재 비율과 평균 원자량

Br_2 중 $^{79}Br^{81}Br$ 의 존재 비율은 $(2 \times 0.5 \times 0.5)$ 이므로 0.5이고, $^{79}Br^{79}Br$ 의 존재 비율은 (0.5×0.5) 이므로 0.25, $^{81}Br^{81}Br$ 의 존재 비율은 (0.5×0.5) 이므로 0.25이다. 따라서 X_2 는 Br_2 이고 Y_2 는 Cl_2 이다.

㉠. X_2 는 Br_2 이므로 X는 Br이다.

㉡. $\frac{\text{㉠의 분자량}}{2} = \frac{37+37}{2} = 37$ 이고, Y의 평균 원자량은

$(35 \times 0.75) + (37 \times 0.25) = 35.5$ 이므로 $\frac{\text{㉠의 분자량}}{2} > Y$ 의 평균 원자량이다.

✕. ㉠은 Br_2 중 존재 비율이 0.5이므로 $^{79}Br^{81}Br$ 이고, ㉡은 Cl_2 중 존재 비율이 0.5 이상이므로 $^{35}Cl^{35}Cl$ 이다.

따라서 $\frac{\text{㉡의 분자량}}{\text{㉠의 분자량}} = \frac{7}{16}$ 이다.

05

현대적 원자 모형과 전자 배치

2점 수능 테스트

본문 79~81쪽

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

01 원자와 이온의 전자 배치

산소는 원자 번호가 8이므로 전자 수도 8이다.

✕. 한 오비탈에 같은 스핀을 가지는 전자가 없으므로 파울리 배타 원리를 만족한다.

Ⓒ. (나)에서 전자 수는 8이고, 쌍음 원리와 훈트 규칙을 만족하므로 바닥상태 전자 배치이다.

Ⓓ. (다)는 전자가 10개이므로 O^{2-} 의 전자 배치이다.

02 원자의 전자 배치

주 양자수 $n=1, 2, 3, \dots$ 이므로 x, y 는 각각 1 또는 2이다. $x=2$ 라면 방위(부) 양자수 $l=2$ 인 d 오비탈의 전자가 존재하므로 주 양자수가 1 또는 2라는 조건과 맞지 않는다. 따라서 $x=1$ 이며, p 오비탈의 전자가 5개이므로 원자 X는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 의 전자 배치를 가지는 플루오린(F)이다.

03 원자의 오비탈

원자 번호가 20 이하이고 바닥상태 전자 배치에서 p 오비탈의 전자 수 = s 오비탈의 전자 수인 원소는 산소(O)와 마그네슘(Mg)이다.

Ⓒ. X가 Mg이라면 홀전자 수가 0이므로 홀전자 수 = 주기 조건에 맞지 않다. 따라서 X는 O이므로 2주기 원소이다.

Ⓓ. X는 O이므로 양성자수는 8이다.

Ⓔ. 전자 수가 8이고 중성자수도 8이므로 질량수는 16이다.

04 양자수의 특징

(가)는 오비탈의 모양을 결정하는 양자수이므로 방위(부) 양자수 (l)이다. (나)는 양의 정숫값을 가지므로 주 양자수(n)이다. (다)는 정수가 아닌 음의 값을 가질 수 있으므로 스핀 자기 양자수 (m_s)이다.

✕. 방위(부) 양자수(l)가 1인 오비탈은 아령 모양이다.

Ⓒ. 주 양자수(n)가 2인 오비탈은 $2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z$ 로 4개이다.

Ⓓ. 전자는 $+\frac{1}{2}$ 과 $-\frac{1}{2}$ 의 스핀 자기 양자수(m_s)를 가지므로

(다)는 스핀 자기 양자수(m_s)이다.

05 수소 원자 오비탈의 양자수

$1s$ 오비탈은 $n=1, l=0$ 이고, $2p$ 오비탈은 $n=2, l=1$ 이다.

Ⓒ. $1s$ 오비탈의 주 양자수(n)는 1이므로 $x=1$ 이고, $2p$ 오비탈의 주 양자수(n)는 2이므로 $y=2$ 이다. 따라서 $x+y=3$ 이다.

✕. $y=2$ 이므로 (가)의 가능한 z 는 0 또는 1이다. $x \sim z$ 가 서로 다르므로 $z=0$ 이다. 따라서 (가)는 $2s$ 오비탈이고, 수소 원자이므로 $2p$ 오비탈과 에너지 준위가 같다.

Ⓓ. $n=1, l=2$ 인 오비탈은 존재하지 않는다.

06 원자의 전자 배치

모든 전자의 방위(부) 양자수(l)의 합이 0이 되기 위해서는 모든 전자의 $l=0$ 이어야 하므로 X, Y는 수소(H), 헬륨(He), 리튬(Li), 베릴륨(Be) 중 하나이다. H와 Li의 홀전자 수는 1이고, He와 Be는 0이다. 원자 번호가 $X > Y$ 이므로 X는 Li이고, Y는 He이다.

Ⓒ. X는 리튬(Li)이다.

Ⓓ. X는 2주기, Y는 1주기 원소이다.

✕. 리튬(Li)의 전자 수는 3, 헬륨(He)의 전자 수는 2이므로 전자 수의 합은 5이다.

07 원자의 전자 배치 규칙

쌍음 원리와 훈트 규칙을 만족하는 전자 배치가 바닥상태 전자 배치이다.

Ⓒ. 원자 번호는 전자 수와 같으므로 X의 원자 번호는 6, Y의 원자 번호는 7이므로 원자 번호는 $Y > X$ 이다.

✕. (나)는 훈트 규칙을 만족하지 않으므로 들뜬상태이다.

Ⓓ. (다)는 같은 오비탈에 같은 스핀 자기 양자수(m_s)를 가지는 전자가 없으므로 파울리 배타 원리를 만족한다.

08 오비탈과 전자 배치

원자 B에서 s 오비탈의 전자 수가 5이므로 B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다. 따라서 $x=6$ 이다. 원자 C에서 p 오비탈의 전자 수가 7이므로 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이다. 따라서 $y=6$ 이다. 원자 A에서 p 오비탈의 전자 수가 5이므로 A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이다. 홀전자 수는 1이므로 $z=1$ 이다. 따라서 $x+y+z=13$ 이다.

09 바닥상태와 들뜬상태

질소의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.



- ✗. 전자 2개가 들어 있는 오비탈 수는 3에서 2로 감소한다.
- . 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 2에서 3으로 증가한다.
- ✗. $l=1$ 인 전자 수는 3으로 변하지 않는다.

10 원자의 전자 배치

X와 Y는 원자가 전자의 주 양자수가 모두 2이므로 2주기 원소이다. X에서 전자 2개가 들어 있는 오비탈 수가 3이므로 X는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^4$ 인 산소(O)이다. Y에서 홀전자 수가 2이므로 Y는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^2$ 인 탄소(C)이다.

- . X의 원자 번호는 8, Y의 원자 번호는 6이다.
- . 산소(O)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이고 홀전자 수는 2이다.
- ✗. 탄소(C)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$ 이고 원자가 전자 수는 4이다.

11 현대적 원자 모형

주 양자수(n)가 2 이하인 오비탈은 $1s$, $2s$, $2p$ 오비탈이 있다. (나)는 (가)보다 크므로 (가)는 $1s$, (나)는 $2s$, (다)는 $2p$ 오비탈이다.

- . (가)는 s 오비탈이므로 핵으로부터 거리가 같으면 전자가 발견될 확률이 같다.
- ✗. (나)와 (다)의 주 양자수(n)는 2로 같다.
- ✗. 파울리 배타 원리에 의해 스핀 자기 양자수(m_s)가 같은 전자는 하나의 오비탈에 들어갈 수 없다.

12 원자의 전자 배치

한 오비탈에는 스핀 자기 양자수가 다른 전자가 들어갈 수 있고 전자의 스핀 자기 양자수(m_s)는 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$ 로 2가지이다.

- ✗. (가)와 (나)는 $3s$ 오비탈의 전자이므로 X는 2주기 원소가 아니다.
- . s 오비탈의 자기 양자수(m_l)은 0이므로 ㉠=0이다.
- . 바닥상태에서 $3s$ 오비탈에 전자가 들어 있으므로 $2p$ 오비탈에는 전자가 2개씩 들어 있다. 따라서 X에는 (다)와 주 양자수(n), 방위(부) 양자수(l), 자기 양자수(m_l)가 같고 스핀 자기 양자수(m_s)만 다른 전자가 존재한다.

3점 수능 테스트

본문 82~87쪽

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

01 원자와 이온의 전자 배치

Ar의 전자 배치를 가질 때 $\frac{l=1인 전자 수}{l=0인 전자 수}=2$ 이므로, \blacksquare 은 3

주기 비금속 원소의 음이온인 경우이다. 3주기 비금속 원자에서 Ar의 전자 배치가 될 때 $l=1$ 인 전자 수가 1씩 늘어날 때마다 $\frac{l=1인 전자 수}{l=0인 전자 수}$ 의 값이 $\frac{1}{6}$ 씩 증가하므로 $h=\frac{1}{6}$ 이고, 이를 만족하는 원소 B, D는 각각 염소(Cl), 황(S)이다. 3주기 금속 원소가 이온이 될 때는 네온(Ne)의 전자 배치를 가지므로

$\frac{l=1인 전자 수}{l=0인 전자 수}=\frac{3}{2}$ 이고, A의 원자에서 $\frac{l=1인 전자 수}{l=0인 전자 수}=\frac{7}{6}$

이므로 A는 알루미늄(Al)이고, C의 원자에서 $\frac{l=1인 전자 수}{l=0인 전자 수}=1$ 이므로 C는 마그네슘(Mg)이다.

- . \blacksquare 은 이온이고 \blacksquare 는 원자이다.
- . 홀전자 수는 A가 1, B가 1이므로 A와 B가 같다.
- . Mg의 원자가 전자는 모두 $3s$ 오비탈에 있으므로 $l=0$ 이다.

02 바닥상태 원자의 전자 배치

$b=1$ 이라면 $a=0$ 이다. $n=1$ 인 전자 수 $> n=1$ 이 아닌 전자 수를 만족하는 원자는 H, He, Li인데 이들은 $l=0$ 이 아닌 전자 수 $> l=0$ 인 전자 수를 만족하지 않으므로 $b=1$ 일 수 없다. 따라서 $b=2$ 이다. $b=2$, $a=1$ 을 만족하는 원자는 B, C, N인데, 이들의 짝 지은 전자 수는 모두 같으므로 $a=1$ 이 될 수 없다. 따라서 $b=2$, $a=0$ 이고, 이를 만족하는 원자는 F과 Ne이다. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수가 $Ne > F$ 이므로 A는 Ne, B는 F이다.

- ✗. $b=2$, $a=0$ 이므로 $a+b=2$ 이다.
- . A의 원자 번호는 10, B의 원자 번호는 9이므로 원자 번호의 차이는 1이다.
- . 홀전자 수는 B는 1이고 A는 0이므로 $B > A$ 이다.

03 원자의 전자 배치와 양자수

2, 3주기 원소 중 원자가 전자의 $\frac{l=1인 전자 수}{l=0인 전자 수}=1$ 인 원자는

탄소(C)와 규소(Si)이고, 홀전자의 $n+l=3$ 인 원자는 붕소(B), 탄소(C), 질소(N), 산소(O), 플루오린(F), 나트륨(Na)이므로 Z는 탄소(C)이다. 모든 전자의 m_s 의 합이 0인 원자는 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg)인데 X와 Y는 전자가 들어 있

는 오비탈 수가 같으므로 X는 마그네슘(Mg), Y는 나트륨(Na)이다.

✕. X는 Mg이므로 3주기 원소이다.

Ⓒ. Y는 Na이므로 홀전자 수는 1이다.

✕. Z는 C이므로 $l=0$ 인 전자 수가 4이다.

04 전자 배치와 양자수

(나)가 바닥상태라면 $2p$ 오비탈의 전자 수가 4인데, 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수가 3이므로 문제의 조건과 맞지 않는다. 따라서 (가)가 바닥상태이다. 원자 X는 산소(O)이고 (가)는 O의 바닥상태 전자 배치, (나)는 들뜬상태 전자 배치이다. (가)와 (나)에서 전자가 들어 있는 전자 껍질이 같으므로 (나)의 가능한 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^0$ 이다.

Ⓒ. X는 O이므로 2주기 원소이다.

✕. (가)는 바닥상태, (나)는 들뜬상태이다.

Ⓒ. (가)에서 $l=0$ 인 전자 수는 4이고, $l=1$ 인 전자 수도 4이므로 $x=1$ 이다.

05 원자의 전자 배치

2주기 원소의 전자가 들어 있는 p 오비탈 수, 홀전자 수, 홀전자가 들어 있는 p 오비탈 수를 나타내면 다음과 같다.

원소	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
전자가 들어 있는 p 오비탈 수	0	0	1	2	3	3	3	3
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
홀전자가 들어 있는 p 오비탈 수	0	0	1	2	3	2	1	0

2주기 원소 중 홀전자 수가 3인 원자는 질소(N)뿐이므로 $a=3$ 이 아니다. $a=0$ 이면 $b=3$ 인데, c 의 조건을 만족하지 않는다. $a=1$ 이면 $b=0$ 또는 $b=3$ 인데 두 경우 모두 c 의 조건을 만족하지 않는다. 따라서 $a=2$, $b=3$ 일 때 Y와 Z의 홀전자가 들어 있는 p 오비탈의 수가 1만큼 차이 나는 경우는 X는 탄소(C), Y는 산소(O), Z는 질소(N)이고 $a=2$, $b=3$, $c=2$ 이다.

✕. $a=2$, $c=2$ 이므로 $a=c$ 이다.

Ⓒ. X는 C이므로 $n=2$ 인 전자 수는 4이고, $n=1$ 인 전자 수는 2이다.

✕. Z는 N이므로 p 오비탈의 전자 수는 3이고, s 오비탈의 전자 수는 4이다.

06 전자 배치의 규칙

X의 $m_l=0$ 인 전자 수가 3이므로 X는 리튬(Li)이다. X의 홀전자 수가 1이므로 Y의 홀전자 수도 1이다. 리튬을 제외하고 홀전자 수가 1인 2주기 원소는 붕소(B)와 플루오린(F)이 있는데,

붕소는 $l=1$ 인 전자 수가 1이고 $l=0$ 인 전자 수가 4이므로 조건에 맞지 않다. 플루오린(F)은 $l=1$ 인 전자 수가 5이고 $l=0$ 인 전자 수가 4이므로 Y는 플루오린(F)이다. F의 바닥상태 전자 배치는 ④이다.

07 전자 배치와 양자수

(가)는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 4이고 $l=1$ 인 전자 수가 6

이므로 $\begin{array}{ccc} 1s & 2s & 2p \\ \uparrow\downarrow & \square & \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \end{array}$ 이다.

(나)는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 5이고 $l=1$ 인 전자 수가 5

이므로 $\begin{array}{ccc} 1s & 2s & 2p \\ \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \end{array}$ 이다.

✕. (가)는 $2s$ 오비탈이 비어 있으므로 쌍음 원리를 만족하지 않는다.

Ⓒ. (나)는 $1s$ 오비탈에 2개, $2s$ 오비탈에 1개의 전자가 있으므로 $l=0$ 인 전자 수는 3이다.

Ⓒ. (다)는 전자가 들어 있는 오비탈이 5개이므로 L 전자 껍질의 오비탈까지 모두 전자가 있어야 하고, $2p$ 오비탈의 전자가 4개

여야 하므로 전자 배치는 $\begin{array}{ccc} 1s & 2s & 2p \\ \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \end{array}$ 이고, 바닥상태이다.

08 이온의 전자 배치

X가 2주기 원소라면 p 오비탈의 전자를 1개만 포함하여 주 양자 수가 9만큼 감소할 수 없으므로 X는 3주기 원소이다. 마찬가지로 Y가 2주기 원소라면 $2s$ 오비탈 전자 1개, $1s$ 오비탈 전자 1개를 잃어야 하는데 이에 해당하는 원소는 리튬(Li)이다. 그러나 Li^{2+} 은 홀전자가 1개이고, 문제의 조건과 맞지 않으므로 Y는 3주기 원소이다. X는 $3s$ 오비탈 전자 2개와 $3p$ 오비탈 전자 1개를 잃어야 하므로 알루미늄(Al)이고, Y는 $3s$ 오비탈 전자 1개를 잃어야 하므로 나트륨(Na)이다.

✕. X는 Al이므로 $x=3$ 이다.

Ⓒ. X는 Al, Y는 Na이므로 3주기 원소이다.

Ⓒ. Y는 Na이므로 $l=0$ 인 전자 수는 5, $l=1$ 인 전자 수는 6이므로 모든 전자의 l 의 합은 6이다.

09 전자 배치와 양자수

Ⓒ이 $n=2$ 인 전자 수라면 만족하는 원소는 베릴륨(Be)인데 베릴륨은 p 오비탈의 전자가 없으므로 원소 X가 될 수 없다. 따라서 ①은 $l=1$ 인 전자 수, ②은 $n=2$ 인 전자 수이고, 이를 만족하는 원소는 탄소(C)이다.

Ⓒ. ①은 $l=1$ 인 전자 수이다.

Ⓒ. X는 C이고, C의 홀전자 수는 2이다.

㉔. C의 ①은 2, ②은 4이므로 ①+②=6이다.

10 오비탈과 전자 배치

1개의 오비탈에 전자가 2개 들어 있을 경우 오비탈에 들어 있는 전자의 m_s 의 합은 0이다.

✕. $a=0$ 인 경우 (가)는 $2s$ 오비탈이고, X는 $2s$ 오비탈에 전자 1개가 존재하는 리튬(Li)이 되어야 하므로 옳지 않다. $a=2$ 인 경우 (나)는 $3d$ 오비탈이므로 X가 3주기라는 조건에 맞지 않다. 따라서 $a=1$ 이고, X는 나트륨(Na)이고, (가)는 $3s$ 오비탈, (나)는 $2p$ 오비탈이다.

○. $a=1$ 이고 (가)는 $3s$, (나)는 $2p$ 오비탈이다. $3s$ 오비탈에 전자 1개가 존재하므로 $2p$ 오비탈에는 전자가 2개씩 있다. 따라서 $b=0$ 이다.

○. X는 Na이므로 홀전자 수와 원자가 전자 수가 1로 같다.

11 원자의 전자 배치와 양자수

$n+l=3$ 인 오비탈은 $2p$ 오비탈과 $3s$ 오비탈인데 여기에 들어 있는 전자의 수가 같은 경우는 0 또는 8이다. $n+l=3$ 인 오비탈의 전자 수가 0인 경우 X와 Y는 각각 수소(H), 리튬(Li), 베릴륨(Be) 중 하나인데, 문제의 조건을 만족하지 않는다. 따라서 $n+l=3$ 인 오비탈의 전자 수가 8이어야 하고, X와 Y는 ${}_{12}\text{Mg} \sim {}_{20}\text{Ca}$ 중 하나이다. 원자가 전자의 주 양자수(n)가 $X > Y$ 이므로 X는 4주기, Y는 3주기 원소이다. 홀전자 수가 $X > Y$ 가 되는 경우는 X의 홀전자 수가 1, Y의 홀전자 수가 0이 되는 경우밖에 없으므로 X는 칼륨(K), Y는 마그네슘(Mg)이다.

✕. Y는 Mg으로 3주기 원소이다.

○. Y의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 로 홀전자 수는 0이다.

✕. 원자가 전자 수는 X가 1, Y가 2이므로 $Y > X$ 이다.

12 원자의 전자 배치

A와 B에서 모든 전자의 스핀 자기 양자수(m_s)의 합이 0이므로 홀전자가 존재하지 않는다. 따라서 A와 B는 각각 마그네슘(Mg), 네온(Ne) 중 하나이다. A에서 방위(부) 양자수 $l=0$ 인 전자 수가 6인 경우의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 A는 마그네슘(Mg)이고, B는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이므로 네온(Ne)이다. C는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로 나트륨(Na)이다.

✕. A는 모든 전자의 m_s 의 합이 0이므로 홀전자가 존재하지 않는다.

○. A와 C는 3주기 원소로 같은 주기이다.

✕. B에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4이다.

06 원소의 주기적 성질

2점 수능 테스트

본문 97~99쪽

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

01 주기율의 발견 과정

(가)는 멘델레예프(1869년)와 관련된 내용이다. 멘델레예프는 당시까지 발견된 63종의 원소를 화학적 성질에 기준을 두어 원자량 순서로 배열하여 최초의 주기율표를 만들었다.

(나)는 뉴랜즈(1865년)와 관련된 내용이다. 뉴랜즈는 원소를 원자량 순서로 나열하면 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타나는 규칙성을 발견하고 옥타브설을 발표하였다.

(다)는 모즐리(1913년)와 관련된 내용이다. 모즐리는 X선 연구를 통해 원소에서 원자핵의 전하, 즉 양성자수를 결정할 수 있게 되었다. 원소의 주기적 성질이 양성자수와 관련됨을 발견하고, 원자의 양성자수를 원자 번호로 정하여 현재 사용하는 것과 비슷한 주기율표를 완성하였다. 그러므로 (가)~(다)를 시대 순서로 나열하면 (나) - (가) - (다)이다.

02 주기율표

(가)와 (나)의 바닥상태 원자에 대해 묻고 있다.

○. (가)의 원자는 모두 13족이므로 원자가 전자 수가 각각 3으로 같다.

○. (나)의 바닥상태 원자의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$), $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$), $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^2 3p_z^1$)이다. 그러므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 각각 9로 같다.

○. (가)의 바닥상태 원자의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^1$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 로 홀전자 수가 각각 1이다. (나)의 바닥상태 원자의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 이므로 홀전자 수가 각각 3, 2, 1이다. 그러므로 (가)와 (나)의 원자는 모두 홀전자를 갖는다.

03 주기율표

○. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 감소하므로 원자 반지름은 $A > B$ 이다.

✕. A의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2$ 이므로 홀전자가 없고, C의

바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로 홀전자 수가 1이다. 그러므로 홀전자 수는 $C > A$ 이다.

✕. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 커질수록 증가한다. 그러므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $C < D$ 이다.

04 주기율표

㉠. B는 16족 원소이므로 원자가 전자 수는 6, C는 2족 원소이므로 원자가 전자 수는 2이다. 그러므로 원자가 전자 수는 $B > C$ 이다.

㉡. 같은 주기의 원소들은 원자가 전자의 주 양자수가 같다. A와 B는 모두 2주기 원소이므로 원자가 전자의 주 양자수(n)는 A와 B가 각각 2로 같다.

㉢. 바닥상태에서 A의 원자가 전자는 $2s$ 오비탈에 들어 있고, C의 원자가 전자는 $3s$ 오비탈에 들어 있으므로, 원자가 전자의 방위(부) 양자수(l)는 모두 0으로 같다.

05 유효 핵전하

㉠ 유효 핵전하는 전자에 작용하는 실질적인 핵전하이다. 전자가 느끼는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하에서 다른 전자에 의해 핵이 가려지는 효과(가려막기 효과)를 뺀 값으로 생각할 수 있다. 같은 주기에서나 같은 족에서는 원자 번호가 증가할 때 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하는데, 이는 원자 핵전하의 증가에 비해 전자의 가려막기 효과 증가가 작기 때문이다.

㉡, ㉢ 18족 원소에서 다음 주기의 1족 원소로 원자 번호가 증가할 때에는 원자가 전자의 껍질이 바뀌므로 안쪽 전자 껍질 수가 증가한다. 그러므로 안쪽 껍질의 전자 수 증가로 인한 가려막기 효과가 크게 증가하므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 감소한다.

즉, Ne의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하(+10)에서 안쪽 껍질($n=1$)의 2개의 전자에 의한 가려막기 효과와 같은 껍질($n=2$)의 7개의 전자에 의한 가려막기 효과를 뺀 값이고, Na의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하(+11)에서 안쪽 껍질($n=1, n=2$)의 10개의 전자에 의한 가려막기 효과를 뺀 값인데, 안쪽 껍질의 전자에 의한 가려막기 효과가 같은 껍질의 전자에 의한 가려막기 효과보다 상대적으로 크기 때문에 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Na이 Ne보다 작다.

06 유효 핵전하

✕. 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할 때 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하는데, 이는 원자 핵전하의 증가에 비해 전자의 가려막기 효과 증가가 작기 때문이다. 그러므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Cl > S$ 이다.

㉣. Ar(18족)에서 K(1족)으로 원자 번호가 증가하며 주기가 증가할 때는 안쪽 전자 껍질 수 증가로 인한 가려막기 효과가 크게 증가하므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 감소한다. 그러므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Ar > K$ 이다.

㉤. 같은 족에서 원자 번호가 증가할 때 양성자수 증가에 따른 핵전하의 증가가 전자 수 증가에 따른 전자의 가려막기 효과의 증가보다 크다. 그러므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Ca > Mg$ 이다.

07 이온의 형성

X^{2+} 과 Y^- 이 Ne과 같은 전자 배치를 가지므로 X, Y는 각각 Mg, F이다.

㉠. 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 커지고, 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름이 작아진다. 그러므로 원자 반지름은 $X(Mg) > Y(F)$ 이다.

㉡. X(Mg), Y(F)의 원자가 전자 수는 각각 2, 7이므로 원자가 전자 수의 차는 5이다.

✕. 바닥상태에서 X(Mg)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 홀전자 수는 0이다. 바닥상태에서 Y(F)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이므로 홀전자 수는 1이다. 그러므로 바닥상태에서 X와 Y의 홀전자 수의 합은 1이다.

08 순차 이온화 에너지

다전자 원자에서 순차 이온화 에너지는 차수가 커질수록 증가한다. 원자가 전자를 모두 떼어 낸 후 그 다음 전자를 떼어 낼 때는 안쪽 전자 껍질의 전자를 떼어 내야 하므로 순차 이온화 에너지가 급격하게 증가한다.

Li, Be, B의 원자가 전자 수가 각각 1, 2, 3이므로 Li~B의 순차 이온화 에너지는 다음과 같다.

- Li의 순차 이온화 에너지 : $E_1 \ll E_2 < E_3$
- Be의 순차 이온화 에너지 : $E_1 < E_2 \ll E_3$
- B의 순차 이온화 에너지 : $E_1 < E_2 < E_3 \ll E_4$

2주기에서 원자 번호가 증가하면 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 제1 이온화 에너지는 대체로 증가한다. 그러나 2족(Be)에서 13족(B)이 될 때는 제1 이온화 에너지가 감소한다. 이는 13족인 B의 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^1$ 이고, 오비탈의 에너지가 $2p$ 가 $2s$ 보다 상대적으로 높아서 전자를 떼어 내기가 비교적 수월하기 때문이다. Li~B의 순차 이온화 에너지 비교는 다음과 같다.

- Li~B의 제1 이온화 에너지 : $Li < B < Be$
- Li~B의 제2 이온화 에너지 : $Be < B \ll Li$

• Li~B의 제3 이온화 에너지 : $B \ll Li < Be$

그러므로 A~C는 각각 Li, B, Be이다.

✕. Li~B의 제2 이온화 에너지는 $Be < B \ll Li$ 므로 $x > 2430$ 이다.

○. Li~B의 제1 이온화 에너지는 $Li < B < Be$ 이므로 $y > 801$ 이다.

✕. A~C 중 $\frac{E_2}{E_1}$ 는 1족 원소인 A가 가장 크다.

09 원소의 주기적 성질

원자 번호 8, 9, 12, 13인 원소는 각각 O, F, Mg, Al이다.

원자 반지름이 가장 큰 것은 Mg이므로 A는 원자 번호 12(Mg)이다. Ne의 전자 배치를 갖는 이온 반지름이 가장 작은 것은 Al이므로 B는 원자 번호 13(Al)이다. 원자 번호 8(O)과 9(F) 중 제2 이온화 에너지가 큰 것은 O이므로 C는 원자 번호 8(O)이고, D는 원자 번호 9(F)이다.

✕. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작아지므로 $D(F) < C(O)$ 이다.

✕. 원자가 전자 수는 A(Mg)가 2, C(O)가 6이므로 $A(Mg) < C(O)$ 이다.

○. 바닥상태에서 Mg의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, Al의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이고, 오비탈의 에너지가 $3p$ 가 $3s$ 보다 상대적으로 높아서 전자를 떼어 내기가 비교적 수월하여 제1 이온화 에너지는 $Mg > Al$ 이다. 바닥상태에서 Mg^+ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, Al^+ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로, 제2 이온화 에너지는 $B(Al) > A(Mg)$ 이다.

10 원자의 전자 배치와 이온 반지름

○. 바닥상태의 전자 배치는 He은 $1s^2$, O는 $1s^2 2s^2 2p^4$, Al은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이다. 홀전자가 없는 것은 He뿐이고, O는 Ne과 같은 전자 배치를 가질 때 전자를 2개 얻어 전자들의 반발력이 증가하므로 크기(반지름)가 증가한다. Al은 Ne과 같은 전자 배치를 가질 때 전자 껍질이 1개 줄어들므로 크기(반지름)가 감소한다. 그러므로 분류 결과 원자가 1개씩으로 분류된다.

✕. 바닥상태의 전자 배치는 B는 $1s^2 2s^2 2p^1$, C는 $1s^2 2s^2 2p^2$, N는 $1s^2 2s^2 2p^3$ 이다. 세 원자 모두 홀전자가 있으므로 분류 결과 원자가 1개씩으로 분류되지 않는다.

○. 바닥상태의 전자 배치는 F은 $1s^2 2s^2 2p^5$, Na은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, Mg은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다. 홀전자가 없는 것은 Mg뿐이고, F은 Ne과 같은 전자 배치를 가질 때 전자를 얻어 크기(반지름)가 증가하고, Na은 Ne과 같은 전자 배치를 가질 때 전자를 잃어 크기(반지름)가 감소한다. 그러므로 분류 결과 원자가 1개씩으로 분류된다.

11 원소의 주기적 성질

Be, B, N는 원자 번호가 각각 4, 5, 7인 2주기 원소이다.

• 원자 반지름은 $X > Y$ 이고, 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 감소하므로 원자 번호는 $X < Y$ 이다.

• 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y > Z$ 이고, 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 증가하므로 원자 번호는 $Z < Y$ 이다. 그러므로 $X \sim Z$ 중 원자 번호가 가장 큰 것은 Y이므로, Y는 N이고, X와 Z는 각각 Be, B 중 하나이다.

• 제2 이온화 에너지는 $X > Z$ 이고, 제1 이온화 에너지는 $Be > B$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $B > Be$ 이므로 X는 B, Z는 Be이다.

12 원소의 주기적 성질

원자 번호가 8~13인 바닥상태 원자에서 원자가 전자가 들어 있는 오비탈 수가 1인 것은 Na, Mg이고, 2인 것은 Al뿐이고, 4인 것은 O, F, Ne이다. 바닥상태에서 $X \sim Z$ 의 홀전자 수는 모두 다르므로 X는 Mg, Y는 Al, Z는 O이다.

○. Y(Al)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이므로 홀전자 수는 1이다.

✕. Z(O)는 Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온(O^{2-})이 될 때 전자 사이의 반발력이 커져 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다. X(Mg)와 Y(Al)는 Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자 껍질 수가 감소하므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 작다. 그러므로 Z의 원자 반지름은 x 보다 작다.

○. X(Mg)는 2족 원소이므로 순차 이온화 에너지는 $E_1 < E_2 \ll E_3 < E_4$ 이다. Y(Al)는 13족 원소이므로 순차 이온화 에너지는 $E_1 < E_2 < E_3 \ll E_4$ 이다. Z(O)의 원자가 전자 수는 6이므로 순차 이온화 에너지가 급증하는 구간이 $E_1 \sim E_3$ 사이에 없다. 그러므로 X~Z 중에서 제3 이온화 에너지(E_3)가 가장 큰 것은 X이다.

3점 수능 테스트

본문 100~105쪽

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

01 유효 핵전하

- ㉠ 유효 핵전하는 전자에 작용하는 실질적인 핵전하이다. 전자가 1개뿐인 수소 원자에서 전자가 느끼는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하(+1)와 같지만, 다전자 원자에서 전자에 작용하는 실질적인 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하에서 다른 전자에 의해 핵이 가려지는 가려막기 효과를 뺀 값에 해당하므로 언제나 양성자수에 의한 핵전하보다 작다.
- ㉡ 같은 주기에서 원자 번호가 증가할 때 양성자수에 의한 핵전하의 증가에 비해 전자의 가려막기 효과 증가가 작으므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다.
- ㉢ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하에서 다른 전자에 의해 핵이 가려지는 가려막기 효과를 뺀 값에 해당한다. 안쪽 전자 껍질의 전자와 같은 전자 껍질의 전자에 의한 가려막기 효과를 모두 고려해야 한다.

02 원소의 주기적 성질

- (가)는 C, (나)는 C⁻이다.
- ㉠ C가 전자 1개를 얻어 C⁻이 될 때 전자에 의한 반발력이 증가하므로 반지름은 (나) > (가)이다.
- ㉡ 바닥상태의 전자 배치는 (가)는 1s²2s²2p²이고 (나)는 1s²2s²2p³이므로, 홀전자 수는 (가)는 2, (나)는 3이므로 (나) > (가)이다.
- ㉢ C와 C⁻ 모두 양성자수에 의한 핵전하(+6)는 같지만 C⁻에서가 C에서보다 전자들의 반발력이 커서 불안정하므로, C⁻에서가 C에서보다 전자를 떼어 내는 것이 쉽다. 따라서 바닥상태 전자 배치에서 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지는 (나)에서가 (가)에서보다 작다.

03 원소의 주기적 성질

2주기 원소의 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수와 이온화 에너지의 관계는 다음과 같다.

2주기	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
바닥상태 원자에서 홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
이온화 에너지의 크기 순서	Li < B < Be < C < O < N < F < Ne							

2주기 원자 A~E의 원자 번호가 연속이고, 이온화 에너지가 A < B < C < D < E이고, 바닥상태에서 홀전자 수는 C = D이므로,

이를 만족하는 A~E는 각각 B, Be, C, O, N이다.

- ㉠ 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 감소하므로 원자 반지름은 A(B) < B(Be)이다.
- ㉡ 같은 주기에서 원자 번호가 증가할 때 양성자수에 의한 핵전하의 증가에 비해 전자 수 증가에 따른 가려막기 효과 증가가 작으므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다. 그러므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 D(O) > E(N)이다.
- ㉢ 제3 이온화 에너지가 가장 큰 것은 2족 원소이므로, 제3 이온화 에너지는 B(Be)가 가장 크다.

04 원소의 주기적 성질

- 원자가 전자의 주 양자수(n)는 B > A이므로, B는 3주기 원소, A는 2주기 원소이다.
- 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 감소하고, 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 증가한다. 원자 반지름이 A > B이고, A와 B는 각각 2주기, 3주기 원소이므로, 족은 B > A이어야 원자 반지름이 A > B인 조건을 만족시킬 가능성이 있다.
- 원자가 전자 수에 따른 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 다음과 같다.

원자가 전자 수	1	2	3	4	5	6	7	0
바닥상태에서 홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0

바닥상태에서 홀전자 수가 같고, 원자가 전자 수의 합은 8이므로, A는 1족, B는 17족 원소이다. 그러므로 조건을 만족하는 A는 Li, B는 Cl이고, |A의 원자 번호 - B의 원자 번호|는 |3 - 17| = 14이다.

05 원자의 전자 배치와 주기적 성질

바닥상태의 2, 3주기 원자의 전자가 들어 있는 오비탈 수와 홀전자 수에 대한 자료는 다음과 같다.

2주기	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
전자가 들어 있는 오비탈 수	2	2	3	4	5	5	5	5
s 오비탈에 들어 있는 전자 수	3	4	4	4	4	4	4	4
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
3주기	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
전자가 들어 있는 오비탈 수	6	6	7	8	9	9	9	9
s 오비탈에 들어 있는 전자 수	5	6	6	6	6	6	6	6
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0

바닥상태의 2, 3주기 원자 중에서

$\frac{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{홀전자 수}} = 2$ 인 것은 C, O, P이다. 전자가

들어 있는 오비탈 수가 B가 A보다 1 크고, D가 A의 2배이므로 $a=4$ 이다. 따라서 A는 C, B는 O, C는 P, D는 Si이다.

㉠. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 감소하고, 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 $C(P) > B(O)$ 이다.

㉡. B(O)와 D(Si)의 홀전자 수는 각각 2이다.

㉢. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할 때 커지므로 $D(Si) < C(P)$ 이다.

06 원소의 주기적 성질

- A~D는 각각 Li, Be, B, C 중 하나이다.
- Li~C의 제1 이온화 에너지는 $Li < B < Be < C$ 이고, 제1 이온화 에너지는 $A > B > C$ 이므로, A는 Be, C 중 하나이다.
- 2주기 원자에서 원자 반지름이 $D > A$ 이므로 원자 번호는 $A > D$ 이다.
- 2주기 원자에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 $D > B$ 이므로 원자 번호는 $D > B$ 이다.

이 조건들을 만족하는 A~D는 각각 C, Be, Li, B이다.

㉠. A는 C이다.

㉢. A는 C, D는 B이고, C^+ 과 D^+ 의 바닥상태 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^1$, $1s^2 2s^2$ 이다. 제2 이온화 에너지는 $A(C) < D(B)$ 이다.

㉣. 바닥상태 전자 배치는 B(Be)가 $1s^2 2s^2$ 이므로 홀전자 수는 0이고, D(B)는 $1s^2 2s^2 2p^1$ 이므로 홀전자 수가 1이다.

07 원소의 주기적 성질

18족 원소가 아닌 바닥상태 원자 A~C에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수가 5 또는 6이므로 A~C는 N, O, F, Na, Mg 중 하나이다. A~C에서 각각 1개의 전자가 전이한 들뜬상태 $A^* \sim C^*$ 가 될 때 모두 홀전자 수가 변하므로, 바닥상태 A~C에서의 홀전자 수는 다음과 같이 들뜬상태($A^* \sim C^*$)에서와 2만큼 차이가 난다.

들뜬상태	A*	B*	C*
홀전자 수	1	2	4
바닥상태	A	B	C
홀전자 수	3	0	2

그러므로 A~C는 각각 N, Mg, O이다.

㉠. 원자가 전자 수는 A(N)는 5, B(Mg)는 2이므로 $A(N) > B(Mg)$ 이다.

㉢. 제1 이온화 에너지는 $A(N) > C(O)$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $A(N) < C(O)$ 이다.

㉣. B(Mg)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 6이고, 전자 1개가 전이하여 홀전자 수가 2인 들뜬상태 B^* 에서는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 1 증가하여 7이 된다. C(O)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5이고, 전자 1개가 전이하여 홀전자 수가 4인 들뜬상태 C^* 에서는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 1 증가하여 6이 된다. 그러므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 $B^* > C^*$ 이다.

08 원소의 주기적 성질

- 같은 주기에서 원자 번호가 증가할 때 양성자수에 의한 핵전하의 증가에 비해 전자의 가려막기 효과 증가가 작으므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다. 그러므로 같은 주기에서 원자 번호가 증가할 때 원자 반지름이 감소한다.
- 2주기 원자 W~Z의 3가지 자료(원자 반지름, 제1 이온화 에너지, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하)에서 ㉠($W < X < Z < Y$)과 ㉡($W > X > Z > Y$)의 대소 관계가 반대이므로 ㉠과 ㉡은 각각 원자 반지름과 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하 중 하나이고, ㉢은 제1 이온화 에너지이다. ㉠(제1 이온화 에너지)과 ㉡이 대체로 비슷한 양상이므로, ㉢은 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하이므로 ㉢은 원자 반지름에 해당한다.
- ㉠(원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하)는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커지므로, 원자 번호는 $W < X < Z < Y$ 이다. 2주기 원소의 제1 이온화 에너지는 $Li < B < Be < C < O < N < F < Ne$ 이고, W~Z의 제1 이온화 에너지는 $W < X < Y < Z$ 이므로, Y는 O, Z는 N이다. 바닥상태 전자 배치에서 W~Z의 홀전자 수는 각각 0, 1, 2, 3 중 하나이고, 바닥상태에서 홀전자 수는 Y(O)는 2, Z(N)는 3이다. 그러므로 W는 Li, X는 Be이다.

㉢. ㉢은 제1 이온화 에너지이다.

㉠. W(Li)는 1족 원소이고, Y(O)는 16족 원소이므로, 제3 이온화 에너지는 $W(Li) > Y(O)$ 이다. 제1 이온화 에너지

㉣. 바닥상태에서 Z(N)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이고, W(Li)의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$ 이므로, 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Z가 W보다 3만큼 크다.

09 원소의 주기적 성질

- 2, 3주기 바닥상태 원자의 홀전자 수는 다음과 같다.

족	1	2	13	14	15	16	17	18
바닥상태에서 홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0

- 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 $B=C$ 이고 홀전자 수가 $A=C > 0$ 이므로, B와 C는 15~17족에 해당한다.

- 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지 모두 $C > B$ 이므로 B는 15족, C는 17족 원소이다.
- $x + y + z < 42$ 를 만족해야 하므로 $x = 1, y = 15, z = 17$ 이다.
- ✕. $y = 15, z = 17$ 이므로 $z = y + 2$ 이다.
- . 홀전자 수는 1족 원소인 A가 1이고, 15족 원소인 B가 3이다. 따라서 홀전자 수는 B가 A보다 2 크다.
- ⊙. B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 9이다. 바닥상태의 B^+ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 8이다. 그러므로 B가 바닥상태의 B^+ 이 될 때 전자가 들어 있는 오비탈 수는 감소한다.

10 순차 이온화 에너지

다전자 원소에서 순차 이온화 에너지는 차수가 커질수록 증가한다. 원자가 전자를 모두 떼어 낸 후 그 다음 전자를 떼어 낼 때는 안쪽 전자 껍질의 전자를 떼어 내야 하므로 순차 이온화 에너지가 급격하게 증가한다.

Na은 1족 원소이므로 순차 이온화 에너지는 $E_1 \ll E_2 < E_3 < E_4 \dots$ 이고, Mg은 2족 원소이므로 순차 이온화 에너지는 $E_1 < E_2 \ll E_3 < E_4 \dots$ 이다. 제1 이온화 에너지는 $Na < Mg$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Na > Mg$ 이고, 제3 이온화 에너지는 $Na < Mg$ 이다.

○. 제1 이온화 에너지는 $Na < Mg$ 이다.

○. Mg의 E_3 은 $Mg^{2+} + E_3 \longrightarrow Mg^{3+} + e^-$, Na의 E_2 는 $Na^+ + E_2 \longrightarrow Na^{2+} + e^-$ 와 같이 각각 정의된다. 바닥상태에서 Mg^{2+} 과 Na^+ 의 전자 배치는 모두 Ne($1s^2 2s^2 2p^6$)과 같고 원자핵에 의한 전하는 $Mg > Na$ 이므로, Mg의 $E_3 > Na$ 의 E_2 이다. Na의 $E_2 > Na$ 의 $E_2 - E_1 = c$ kJ/mol이다. 그러므로 Mg의 $E_3 > c$ kJ/mol이다.

⊙. Na은 $E_1 \ll E_2 < E_3$, Mg은 $E_1 < E_2 \ll E_3$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Na > Mg$, 제3 이온화 에너지는 $Na < Mg$ 이므로 Mg의 $E_3 - E_2$ 는 Na의 $E_3 - E_2$ 보다 크다. 그러므로 Mg의 $(E_3 - E_2) > b$ kJ/mol이다.

11 원소의 주기적 성질

W와 X^- 의 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^2$ 으로 같으므로, W와 X는 각각 원자 번호가 7인 N, 원자 번호가 6인 C이다. Y와 Z^+ 의 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^4$ 로 같으므로, Y와 Z는 각각 원자 번호가 8인 O, 원자 번호가 9인 F이다.

○. W(N)와 $X^-(C^-)$ 는 전자 수는 같지만 원자핵의 양성자수는 W(N)와 $X^-(C^-)$ 이 각각 7, 6으로 $W > X^-$ 이다. 그러므로 원자핵과 전자 사이의 인력이 $W > X^-$ 이고, 반지름은 $X^- > W$ 이다.

○. 제1 이온화 에너지는 $W(N) > Y(O)$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $W(N) < Y(O)$ 이다. 그러므로 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 $Y(O) > W(N)$ 이다.

✕. Y(O)와 $Z^+(F^+)$ 은 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^4$ 로 같지만 원자핵의 양성자수는 Y(O)와 $Z^+(F^+)$ 이 각각 8, 9이다. 그러므로 원자핵과 전자 사이의 인력이 $Y(O) < Z^+(F^+)$ 이고, 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지는 $Z^+(F^+)$ 에서가 Y(O)에서보다 크다.

12 원소의 주기적 성질

W~Z는 원자 번호가 8~13이고, 이온이 Ne의 전자 배치를 가지므로, W~Z는 각각 O, F, Na, Mg, Al 중 하나이다. Na은 1족 원소이므로 순차 이온화 에너지는 $E_1 \ll E_2 < E_3$ 이고, Mg은 2족 원소이므로 순차 이온화 에너지는 $E_1 < E_2 \ll E_3$ 이므로, $\frac{\text{제3 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 자료로부터 Y는 Na 또는 Mg임을, W와 X

는 1족과 2족 원소가 아님을 알 수 있다. $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 자료에서

$X < 1$ 이고, X는 1족과 2족 원소가 아니므로 X는 Al이다.

$\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 자료에서 $W > 1, Z > 1$ 이므로 W와 Z는 각각 O

또는 F 중 하나이다. 바닥상태 원자에서 X, Y, Z의 홀전자 수는 서로 다르고, X는 Al이므로 Y는 Mg, Z는 O, W는 F이다. 원자 번호가 증가할수록 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름은 작아지고, 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 전자 껍질이 늘어나므로 원자 반지름은 커진다. 그러므로 X~Z의 원자 반지름은 $Y > X > Z$ 이다.

07 이온 결합

2점 수능 테스트

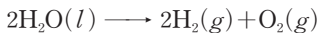
본문 115~116쪽

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

01 물의 전기 분해

물(H₂O)을 전기 분해시키면 (-)극에서 수소(H₂) 기체가, (+)극에서 산소(O₂) 기체가 발생한다.

물의 전기 분해 반응의 화학 반응식이 다음과 같으므로 물의 전기 분해 반응에서 생성되는 기체의 부피비는 H₂ : O₂ = 2 : 1이다.



따라서 시험관 A에 모인 기체는 수소(H₂)이고, B에 모인 기체는 산소(O₂)이다.

✕. A에 모인 기체는 수소(H₂)이다.

○. B에 모인 기체는 산소(O₂)이며, 전원 장치에서 (가)는 (+)극이다.

○. 물이 전기 에너지에 의해 수소와 산소로 분해되므로 물 분자에서 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합에 전자가 관여한다는 것을 확인할 수 있다.

02 이온 결합 물질의 화학식

(가)~(다)의 이온이 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 화학식은 (가)가 CaO이고, (다)가 K₂O이다. (나)와 (다)는 물질 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)이 같고 Cl의 음이온은 -1가이므로 (나)에서 M의 양이온은 +2가이며, 화학식은 MCl₂이다.

○. a=2, b=3이므로 a+b=5이다.

✕. (가)의 양이온은 Ca²⁺이고 (나)의 양이온은 M²⁺이므로 양이온의 전하는 (가)와 (나)가 같다.

✕. (나)의 화학식이 MCl₂이고, (다)의 화학식이 K₂O이므로 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}}$ 은 (다) > (나)이다.

03 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

화합물 AB는 A²⁺과 B²⁻이 결합한 이온 결합 물질이다.

✕. A²⁺의 전자 수가 2주기 18족 원소인 네온(Ne)과 같으므로 A는 3주기 2족 원소이고, B²⁻의 전자 수가 네온(Ne)과 같으므로 B는 2주기 16족 원소이다.

○. AB는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

○. B는 비금속 원소로 이온 반지름 > 원자 반지름이고 A는 금속 원소로 원자 반지름 > 이온 반지름이다. 따라서 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 은 B가 1보다 크고, A가 1보다 작으므로 B > A이다.

04 이온 결합 물질의 녹는점

M과 N은 각각 1족과 2족 원소 중 하나이므로 양이온의 전하는 +1과 +2 중 하나이다. 양이온과 음이온 사이의 거리는 NZ > MX이지만 녹는점은 NZ > MX인 것으로 보아 양이온의 전하는 N > M이며, M은 1족, N은 2족 원소이다.

○. 이온 결합 물질에서 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 이온 결합의 세기가 강하고 녹는점이 높다. 녹는점이 NZ > MX이므로 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력도 NZ > MX이다.

○. NZ에서 양이온의 전하는 +2이고, MY에서 양이온의 전하는 +1이다.

✕. MX와 MY에서 양이온의 전하는 +1이고 음이온의 전하는 -1로 같으며, 양이온과 음이온 사이의 거리가 MY > MX이므로 녹는점은 MX > MY이다. 따라서 ① < 996이다.

05 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

화학 반응식은 4A(s) + B₂(g) → 2A₂B(s)이며, 생성물인 A₂B는 양이온과 음이온이 2 : 1의 개수비로 결합하여 생성된 이온 결합 물질이다. A⁺과 B²⁻의 전자 수가 모두 네온(Ne)과 같으며 A는 전자 1개를 잃고 +1가의 양이온이 되었으므로 나트륨(Na)이고, B는 전자 2개를 얻고 -2가의 음이온이 되었으므로 산소(O)이다.

○. 화학 반응식이 4A + B₂ → 2A₂B이므로 $\frac{a+b}{c} = \frac{5}{2}$ 이다.

○. 원자가 전자 수는 A(Na)가 1이고, B(O)가 6이므로 B(O) > A(Na)이다.

○. A⁺과 B²⁻의 전자 배치가 모두 네온(Ne)과 같으므로 이온 반지름은 양성자수가 큰 A⁺이 B²⁻보다 작다.

06 이온 결합 물질의 성질

염화 나트륨(NaCl)은 고체 상태에서 양이온과 음이온이 강하게 결합하여 이온들이 자유롭게 이동할 수 없다. 대부분의 이온 결합 물질은 물에 잘 녹으며, 고체 염화 나트륨이 물에 녹으면 Na⁺과 Cl⁻이 각각 물 분자에 의해 둘러싸여 안정한 상태로 존재한다.

○. 이온 결합 물질인 NaCl(s)에 외부에서 힘을 가하면 쉽게 부서진다.

✗ NaCl을 구성하는 양이온인 Na^+ 은 Ne과 전자 수가 같고, 음이온인 Cl^- 은 Ar과 전자 수가 같다. 따라서 Cl^- 의 전자 수 $> \text{Na}^+$ 의 전자 수이다.

㉠ 염화 나트륨은 고체 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동할 수 없고, 액체나 수용액 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동하여 전하를 운반할 수 있다. 따라서 $\text{NaCl}(l)$ 과 $\text{NaCl}(aq)$ 은 모두 전기 전도성이 있다.

07 이온 결합 물질의 전기 전도성

(가)~(다)는 각각 MgO, NaF, NaCl 중 하나이므로 (가)와 (나)에 공통적으로 원소 A가 포함되어 있으므로 (가)와 (나)는 NaF과 NaCl 중 하나이다. 녹는점이 (가) $>$ (나)이므로 (가)는 NaF, (나)는 NaCl이고, (다)는 MgO이다.

✗ (가)에서 A는 나트륨(Na), C는 플루오린(F)이므로 (가)는 이온 결합 물질인 NaF이며 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 따라서 '있음'은 ㉠으로 적절하다.

㉡ (나)는 염화 나트륨(NaCl)이다.

✗ (가)의 구성 원소는 Na, F이고 (다)의 구성 원소는 Mg, O이므로 (가)와 (다) 1 mol에 포함된 전자의 양은 각각 20 mol로 같다.

08 이온 결합 물질의 성질

(가)는 실온에서 고체 상태인 물질로, 고체 상태에서 전기 전도성이 없지만 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 것으로 보아 이온 결합 물질이다.

✗ (가)의 화학식은 MX이며, MX 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양은 2 mol이다.

✗ M과 X가 모두 3주기 원소이므로 (가)에서 양이온의 전자 수는 네온(Ne)과 같고, 음이온의 전자 수는 아르곤(Ar)과 같다.

따라서 $\frac{\text{양이온의 전자 수}}{\text{음이온의 전자 수}} = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}$ 이다.

㉢ (가)는 이온 결합 물질로 수용액에서 이온이 존재하므로 전기 전도성이 있다.

3점 수능 테스트

본문 117~120쪽

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

01 이온 결합 물질의 화학식

A는 리튬(Li), B는 산소(O), C는 플루오린(F), D는 알루미늄(Al)이다. (나)는 구성 원소가 A와 C이며 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양이 2 mol이므로 화학식이 $\text{AC}(\text{LiF})$ 이며 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} = b = 1$ 이다. (가)~(다)에서 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} = a > b > c$ 이므로 (가)는 양이온 수 $>$ 음이온 수이고, (다)는 음이온 수 $>$ 양이온 수이다.

(가)는 구성 원소가 A(Li)와 B(O)이고, 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양이 3 mol이므로 화학식이 $\text{A}_2\text{B}(\text{Li}_2\text{O})$ 이다.

(다)는 구성 원소가 B(O)와 D(Al)이고 구성 입자가 모두 옥텟 규칙을 만족시키므로 $\text{B}^{2-}(\text{O}^{2-})$ 과 $\text{D}^{3+}(\text{Al}^{3+})$ 으로 이루어진 $\text{D}_2\text{B}_3(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 이다.

㉠ (다)는 화학식이 $\text{D}_2\text{B}_3(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 이므로 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)은 $x = 5$ 이다.

㉡ (나)는 $\text{AC}(\text{LiF})$ 로 A(Li)의 원자가 전자 수는 1이고, C(F)의 원자가 전자 수는 7이다. 따라서 (나)를 구성하는 원소의 원자가 전자 수의 합은 8이다.

㉢ (가)~(다)는 모두 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

02 이온 결합 물질

A는 산소(O), B는 마그네슘(Mg), C는 염소(Cl), D는 칼슘(Ca)이다.

㉠ $\text{BA}(\text{MgO})$ 는 $\text{DA}(\text{CaO})$ 와 이온의 전하량은 같고, 이온 사이의 거리는 짧다. 따라서 녹는점은 $\text{BA}(\text{MgO}) > \text{DA}(\text{CaO})$ 이다.

㉡ A(O)의 이온은 $\text{A}^{2-}(\text{O}^{2-})$ 이고, C(Cl)의 이온은 $\text{C}^-(\text{Cl}^-)$ 이다. |이온의 전하|는 $\text{A}^{2-}(\text{O}^{2-}) > \text{C}^-(\text{Cl}^-)$ 이고, 이온 반지름은 $\text{C}^-(\text{Cl}^-) > \text{A}^{2-}(\text{O}^{2-})$ 이므로 $\left| \frac{\text{이온의 전하}}{\text{이온 반지름}} \right|$ 는 $\text{A} > \text{C}$ 이다.

㉢ 화합물 DC_2 에서 양이온은 $\text{D}^{2+}(\text{Ca}^{2+})$ 이고, 음이온은 $\text{C}^-(\text{Cl}^-)$ 이며, 아르곤(Ar)과 전자 수가 같다.

03 이온 결합 물질의 화학식

X와 Z는 이온의 전자 수가 원자의 전자 수보다 크므로 비금속 원소이고, Y는 이온의 전자 수가 원자의 전자 수보다 작으므로 금속 원소이다.

이온의 전자 수는 모두 18족 원소와 같으며, 2주기 금속 원소의 이온의 전자 수는 헬륨(He)과 같고, 2주기 비금속 원소의 이온과 3주기 금속 원소의 이온의 전자 수는 네온(Ne)과 같으며, 3주기 비금속 원소의 이온의 전자 수는 아르곤(Ar)과 같다.

X의 이온의 전하는 -2 가이고, Y의 이온의 전하는 $+3$ 가이며, X는 2주기 16족 원소인 산소(O)이고, Y는 3주기 13족 원소인 알루미늄(Al)이다. 이온의 전자 수는 $y > x$ 이고, Z의 이온의 전하는 -1 가이므로 Z는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.

㉠ 음이온인 X의 이온과 양이온인 Y의 이온의 전자 수가 x 로 같으므로 $x=10$ 이다. Z의 이온의 전자 수가 y 이며, $y > x$ 이므로

Z는 3주기 비금속 원소이며 $y=18$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = \frac{5}{9}$ 이고 $\frac{1}{3}$ 보다 크다.

㉡ Y(Al)와 Z(Cl)는 모두 3주기 원소이다.

㉢ (가)는 Y_2X_3 (Al_2O_3)이고, (나)는 YZ_3 ($AlCl_3$)이다.

$\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 의 비는 (가) : (나) = $\frac{3}{2} : \frac{3}{1} = 1 : 2$ 이다.

04 이온 결합 물질의 화학식

C와 D는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이므로 금속 원소이고, 원자 반지름이 $D > C$ 이므로 C는 마그네슘(Mg), D는 나트륨(Na)이다.

A와 B는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 이므로 비금속 원소이고, B는 C(Mg)와 같은 주기 원소이므로 염소(Cl)이고, A는 산소(O)이다.

㉢ 음이온의 반지름은 $B^-(Cl^-) > A^{2-}(O^{2-})$ 이고, 양이온의 반지름은 $D^+(Na^+) > C^{2+}(Mg^{2+})$ 이다. 따라서 이온 사이의 거리는 $DB > CA$ 이다.

㉣ A(O)와 D(Na)로 이루어진 화합물에서 양이온 수 : 음이온 수 = $2 : 1$ 이며 화학식은 D_2A (Na_2O)이다.

㉤ B(Cl)와 C(Mg)로 이루어진 화합물 CB_2 에서 양이온(C^{2+})의 전자 수는 네온(Ne)과 같고, 음이온(B^-)의 전자 수는 아르곤(Ar)과 같으며 양이온 수 : 음이온 수 = $1 : 2$ 이다. 따라서 $\frac{\text{음이온의 전자 수 합}}{\text{양이온의 전자 수 합}} = \frac{2 \times 18}{10} = \frac{18}{5}$ 이다.

05 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

A는 마그네슘(Mg), B는 산소(O), C는 나트륨(Na), D는 염소(Cl)이다. 이온 결합 물질에서 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 이온 사이의 정전기적 인력이 증가하므로 녹는점이 높아진다.

㉠ 양이온과 음이온의 전하량이 AB가 CD보다 크며, 양이온 반지름은 $C^+ > A^{2+}$ 이고, 음이온 반지름은 $D^- > B^{2-}$ 이므로 이온 사이의 거리는 AB가 CD보다 짧다. 따라서 녹는점은 $AB > CD$ 이다.

㉡ A(Mg)와 D(Cl)는 모두 3주기 원소이며, 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 감소하므로 원자 반지름은 $A(Mg) > D(Cl)$ 이다.

㉢ $B^{2-}(O^{2-})$ 과 $C^+(Na^+)$ 은 전자 수가 네온(Ne)과 같으므로 양성자수가 큰 $C^+(Na^+)$ 의 반지름이 $B^{2-}(O^{2-})$ 의 반지름보다 작다.

06 이온 결합 물질의 화학식

W는 제2 이온화 에너지 \gg 제1 이온화 에너지이므로 1족 원소이며 리튬(Li)이다. X, Y, Z는 각각 O, F, Mg 중 하나이며, 제1 이온화 에너지가 $Z > Y > X$ 인 것으로 보아서 X는 마그네슘(Mg)이고, Y는 산소(O), Z는 플루오린(F)이다.

㉠ (나)는 X(Mg)와 Y(O)로 이루어진 화합물로 XY (MgO)이고, (다)는 X(Mg)와 Z(F)로 이루어진 화합물로 XZ_2 (MgF_2)이다. 따라서 화학식을 구성하는 원자 수는 $a=2$, $b=3$ 이므로 $b > a$ 이다.

㉡ (가)는 W_2Y (Li_2O)로 이온 결합 물질이고, (다)는 XZ_2 (MgF_2)로 이온 결합 물질이다.

㉢ (나)는 XY (MgO)로 $X^{2+}(Mg^{2+})$ 과 $Y^{2-}(O^{2-})$ 으로 이루어졌으므로 (나)를 구성하는 양이온과 음이온은 전자 수가 네온(Ne)과 같다.

07 이온 결합 물질의 비교

A~D는 각각 O, Na, Mg, Cl 중 하나이므로 이온 결합 물질 AB와 CD는 각각 NaCl과 MgO 중 하나이다.

B와 D는 이온 반지름 $>$ 원자 반지름이므로 비금속 원소인 O와 Cl 중 하나이고, A와 C는 금속 원소인 Na와 Mg 중 하나이다. 이온 반지름이 $C > A$ 이므로 C는 Na, A는 Mg이며 이온 반지름이 $D > B$ 이므로 B는 O, D는 Cl이다.

㉢ 원자가 전자 수는 D(Cl)가 7이고, B(O)가 6이므로 $D(Cl) > B(O)$ 이다.

㉣ 녹는점은 이온의 전하량이 크고, 이온 사이의 거리가 짧은 AB (MgO)가 CD ($NaCl$)보다 높다.

㉤ AB (MgO)를 구성하는 이온은 $A^{2+}(Mg^{2+})$ 과 $B^{2-}(O^{2-})$ 으로 모두 네온(Ne)과 전자 수가 같다. CD ($NaCl$)를 구성하는 이온 중 $C^+(Na^+)$ 은 네온(Ne)과 전자 수가 같고, $D^-(Cl^-)$ 은 아르곤(Ar)과 전자 수가 같다. 따라서 $\frac{\text{음이온의 전자 수}}{\text{양이온의 전자 수}}$

AB(MgO)가 1이고, CD(NaCl)가 $\frac{18}{10} = \frac{9}{5}$ 이므로
 $CD(NaCl) > AB(MgO)$ 이다.

08 이온 결합의 형성

양이온과 음이온 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루는 거리에서 에너지가 가장 낮으며 이온 결합이 형성된다. 이온 결합이 강할수록 녹는점이 높다.

㉠. AO와 BO에서 양이온과 음이온의 전하는 각각 같으며 이온 결합이 형성될 때 이온 사이의 거리는 AO가 BO보다 짧다. 따라서 녹는점은 $AO > BO$ 이다.

㉡. AO와 BO에서 음이온은 O^{2-} 으로 같으며, A와 B는 모두 2족 원소이므로 양이온의 전하가 +2로 같다. 양이온의 반지름은 이온 사이의 거리가 먼 BO가 AO보다 크다. 따라서 원자 번호는 $B > A$ 이다.

㉢. 이온 결합은 양이온과 음이온 사이에 작용하는 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 이온 사이의 거리에서 형성된다.

08 공유 결합과 결합의 극성

2점 수능 테스트

본문 131~133쪽

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

01 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

O_2 , OF_2 , CF_4 의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



O_2 , OF_2 , CF_4 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자식	O_2	OF_2	CF_4
공유 전자쌍 수	2	2	4
비공유 전자쌍 수	4	8	12

공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이므로 (가)는 CF_4 이다.

비공유 전자쌍 수는 (다) > (나)이므로 (나)는 O_2 이고, (다)는 OF_2 이다.

㉡. (가)는 CF_4 이다.

㉢. (나)는 O_2 이므로 산소 원자 사이에 무극성 공유 결합이 존재한다.

㉣. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{구성 원자 수}}$ 는 (가)의 CF_4 가 $\frac{4}{5}$, (나)의 O_2 가 1, (다)의

OF_2 가 $\frac{2}{3}$ 이다. 따라서 (나) > (가) > (다)이다.

02 공유 결합과 분자

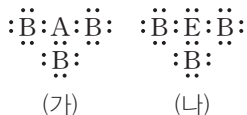
2주기 원소 중 공유 결합을 형성하는 붕소(B)~플루오린(F)에 대하여 전자가 들어 있는 오비탈 수와 홀전자 수는 다음과 같다.

원소	B	C	N	O	F
전자가 들어 있는 오비탈 수	3	4	5	5	5
홀전자 수	1	2	3	2	1

A는 붕소(B)이고, B는 플루오린(F), C는 탄소(C), D는 산소(O), E는 질소(N)이다.

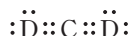
㉡. (가)와 (나)의 루이스 전자점식은 다음과 같다. (가)에서 중심 원자인 A(B) 주위에 공유 전자쌍 수가 3이므로 옥텟 규칙을 만

족하지 않는다. (나)에서 중심 원자인 E(N) 주위에 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 옥텟 규칙을 만족한다.



㉠. (나)는 $\text{EB}_3(\text{NF}_3)$ 이므로 구성 원자 수는 4이고, (다)는 $\text{CD}_2(\text{CO}_2)$ 이므로 구성 원자 수는 3이다. 따라서 구성 원자 수는 (나) > (다)이다.

㉡. (다)는 분자식이 $\text{CD}_2(\text{CO}_2)$ 이고, 루이스 전자점식이 다음과 같으며 공유 전자쌍 수가 4, 비공유 전자쌍 수가 4이다.



03 공유 결합의 형성

A는 질소(N), B는 산소(O), C는 플루오린(F)이다.

㉠. $\text{A}_2(\text{N}_2)$ 에서 2개의 A(N) 원자 사이에 3중 결합이 형성되므로 공유 전자쌍 수가 3이다. $\text{AC}_3(\text{NF}_3)$ 에서 A(N)와 C(F) 원자 사이에 단일 결합 3개가 형성되므로 공유 전자쌍 수가 3이다.

㉡. $\text{BC}_2(\text{OF}_2)$ 에서 B와 C 사이의 결합은 극성 공유 결합이다.

㉢. $\text{B}_2(\text{O}_2)$ 에서 공유 전자쌍 수가 2, 비공유 전자쌍 수가 4이다. $\text{C}_2(\text{F}_2)$ 에서 공유 전자쌍 수가 1, 비공유 전자쌍 수가 6이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 $\text{B}_2 : \text{C}_2 = \frac{4}{2} : \frac{6}{1} = 1 : 3$ 이다.

04 극성 공유 결합과 결합의 쌍극자 모멘트

극성 공유 결합을 이루고 있는 원자 사이에 결합의 쌍극자 모멘트를 표시할 때 전기 음성도가 작은 원자에서 큰 원자 방향으로 \rightarrow 를 표시하여 나타낸다. XY_2Z 에서 X와 Z는 옥텟 규칙을 만

족하고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{1}{2}$ 이므로 X는 탄소(C), Y는 수소(H), Z는 산소(O)이다.

㉠. 전기 음성도는 $\text{X} > \text{Y}$ 이고 $\text{Z} > \text{X}$ 이므로 $\text{Z} > \text{X} > \text{Y}$ 이다.

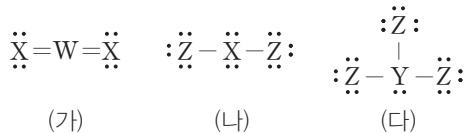
㉡. 극성 공유 결합에서 쌍극자 모멘트는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 부분에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 부분으로 향하는 십자 화살표(\rightarrow)로 나타내므로 XY_2Z 에서 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

㉢. $\text{Y}_2\text{Z}(\text{H}_2\text{O})$ 에서 전기 음성도가 $\text{Z}(\text{O}) > \text{Y}(\text{H})$ 이므로 Y(H)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

05 공유 결합과 옥텟 규칙

2주기 원소로 이루어진 분자 (가)~(다)에서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하므로 W~Z는 각각 탄소(C), 질소(N), 산소(O),

플루오린(F) 중 하나이다. 전기 음성도가 $\text{Z} > \text{X} > \text{W}$ 이므로 (가)의 중심 원자인 W는 탄소(C)이고, (나)의 중심 원자인 X는 산소(O)이며, Z는 플루오린(F)이다. 따라서 Y는 질소(N)이며, (가)~(다)의 구조식은 다음과 같다.



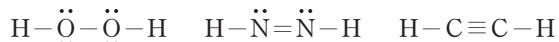
㉡. X는 산소(O)이므로 원자가 전자 수가 6이고, Y는 질소(N)이므로 원자가 전자 수가 5이다. 따라서 원자가 전자 수는 $\text{X}(\text{O}) > \text{Y}(\text{N})$ 이다.

㉢. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4이고, (나)가 2이다.

㉣. 전기 음성도는 $\text{Z}(\text{F}) > \text{Y}(\text{N})$ 이므로 (다)에서 Y(N)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

06 무극성 공유 결합과 분자

2주기 원소 X~Z의 수소 화합물 중 구성 원자 수가 4이고 무극성 공유 결합이 포함된 분자의 구조식은 다음과 같다.



(가)는 공유 전자쌍 수가 3이므로 H_2O_2 이고, X는 산소(O)이다.

(나)는 공유 전자쌍 수가 4이므로 N_2H_2 이고, Y는 질소(N)이다.

(다)는 공유 전자쌍 수가 5이므로 C_2H_2 이고, Z는 탄소(C)이다.

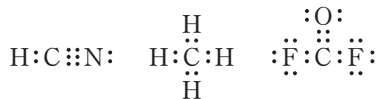
㉠. 2주기 원소에서 전기 음성도는 원자 번호가 클수록 증가하며, $\text{X}(\text{O}) > \text{Y}(\text{N}) > \text{Z}(\text{C})$ 이다.

㉡. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 4, (나)가 2이므로 (가) > (나)이다.

㉢. 다중 결합이 존재하는 것은 (나)와 (다)이다.

07 공유 결합과 비공유 전자쌍

HCN , CH_4 , COF_2 의 루이스 전자점식과 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.



분자식	HCN	CH ₄	COF ₂
공유 전자쌍 수	4	4	4
비공유 전자쌍 수	1	0	8

㉠. 다중 결합이 포함된 분자는 3중 결합이 존재하는 HCN와 2중 결합이 존재하는 COF₂이다.

㉡. (나)의 CH₄에서 C와 H 원자 사이의 결합은 극성 공유 결합이다.

✕. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)의 HCN가 4이고, (다)의 COF₂은 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 (가) : (다) = 8 : 1이다.

08 공유 결합과 화학 결합 모형

화학 결합 모형으로 볼 때 (가)는 분자식이 FCN이고, (나)는 분자식이 COF₂이다.

(가)의 구성 원소가 W, X, Y이고, (나)의 구성 원소는 W, X, Z 이므로 Y는 질소(N)이고, Z는 산소(O)이다. W와 X는 각각 탄소(C)와 플루오린(F) 중 하나이다. 전기 음성도가 Z > W 이므로 W는 탄소(C)이고, X는 플루오린(F)이다.

㉠ W~Z 중 원자가 전자 수는 X(F)가 7로 가장 크다.

㉡ (가)와 (나)에서 중심 원자는 모두 W(C)이다.

㉢ Y₂와 Z₂의 구조식은 다음과 같다.



공유 전자쌍 수는 Y₂가 3이고, Z₂가 2이므로 Y₂가 Z₂의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

09 화학 결합 모형

AC는 공유 결합 물질인 HF이고, BC는 이온 결합 물질인 NaF이다.

㉠ A는 수소(H), B는 나트륨(Na), C는 플루오린(F)이며 바닥상태에서 홀전자 수가 1로 같다.

㉡ AC(HF)는 공유 결합 물질로 극성 공유 결합을 형성하고 있다. 전기 음성도가 C(F) > A(H)이므로 AC에서 A(H)는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠고 C(F)는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.

㉢ AC는 공유 결합 물질로 액체 상태에서 전기 전도성이 없고, BC는 이온 결합 물질로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 따라서 액체 상태에서 전기 전도성은 BC > AC이다.

10 금속 결합과 이온 결합의 비교

(가)는 Na(s)에서 양이온인 Na⁺과 자유 전자 사이의 금속 결합을 나타낸 모형이고, (나)는 NaCl(l)에서 양이온인 Na⁺과 음이온인 Cl⁻을 나타낸 모형이다.

㉠ ㉠은 자유 전자이다.

✕. (가)에 전극을 연결하면 ㉠(자유 전자)은 (+)극으로 이동하여 전류가 흐르며 양이온인 ㉡(Na⁺)은 이동하지 않는다.

✕. (나)에서 ㉢은 Cl⁻이고, ㉣은 Na⁺이다. 전자 수는 ㉢이 18, ㉣이 10이므로 ㉢ : ㉣ = 9 : 5이다.

11 화학 결합의 종류

(가)는 공유 결합 물질, (나)는 금속 결합 물질, (다)는 이온 결합 물질이다. 다이아몬드(C)는 공유 결합 물질이고, 나트륨(Na)은 금속 결합 물질이며, 염화 나트륨(NaCl)은 이온 결합 물질이다.

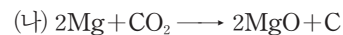
㉠ (가)는 공유 결합 물질인 다이아몬드(C)이다.

㉡ (나)는 나트륨(Na)으로 자유 전자가 존재하므로 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.

✕. (나)는 금속 결합, (다)는 이온 결합을 형성하고 있으므로 화학 결합의 종류가 같지 않다.

12 화학 결합

(가)와 (나)의 화학 반응식을 완결하면 다음과 같다.



따라서 ㉠은 CO₂이고, ㉡은 C이다.

✕. ㉠의 CO₂에서 C와 O 원자 사이의 결합은 극성 공유 결합이다.

㉢. ㉡은 C이며 공유 결합 물질이다.

㉣. 이온 결합 물질은 (가)에서 CaCO₃과 CaO이고, (나)에서 MgO이다. 따라서 반응물과 생성물 중 이온 결합 물질의 가짓수는 (가) > (나)이다.

3점 수능 테스트

본문 134~140쪽

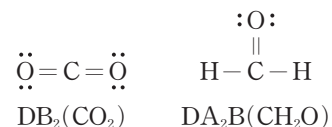
01 ㉢ 02 ㉡ 03 ㉣ 04 ㉣ 05 ㉣ 06 ㉤ 07 ㉡
08 ㉢ 09 ㉡ 10 ㉤ 11 ㉣ 12 ㉣ 13 ㉠ 14 ㉢

01 화학 결합 모형

A는 수소(H), B는 산소(O), C는 플루오린(F), D는 탄소(C), E는 질소(N)이다.

㉠ 전기 음성도는 C(F) > E(N)이므로 EC₃에서 E(N)는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.

✕. DB₂(CO₂)와 DA₂B(CH₂O)의 루이스 구조식은 다음과 같으며, 원자 사이의 결합은 모두 극성 공유 결합이다.



㉢. B₂(O₂)에서 공유 전자쌍 수가 2, E₂(N₂)에서 공유 전자쌍 수가 3이다. 따라서 공유 전자쌍 수비는 B₂(O₂) : E₂(N₂) = 2 : 3이다.

02 공유 결합과 루이스 전자점식

루이스 전자점식에서 W~Z의 원자가 전자 수는 다음과 같다.

원자	W	X	Y	Z
원자가 전자 수	6	7	4	5

따라서 W는 산소(O), X는 플루오린(F), Y는 탄소(C), Z는 질소(N)이다.

✕. 같은 주기 원소에서 전기 음성도는 원자 번호가 커질수록 증가하며 X(F) > Y(C)이다.

✕. 원자가 전자 수는 X(F)가 7, W(O)가 6, Z(N)가 5이다.

⊙. (나)에서 중심 원자인 Z(N)의 전기 음성도는 W(O)와 X(F)보다 작으며 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 W(O)와 X(F) 쪽으로 치우쳐 Z(N)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

03 전기 음성도와 공유 결합

1, 2주기 원소로 이루어진 분자에서 구성 원자의 전자 배치가 18족 원소와 같으므로 A~E는 각각 수소(H), 탄소(C), 질소(N), 산소(O), 플루오린(F) 중 하나이다.

전기 음성도는 $F > O > N > C > H$ 이며, 홀전자 수가 1인 A와 B에서 A는 플루오린(F), B는 수소(H), 홀전자 수가 2인 C와 D에서 C는 산소(O), D는 탄소(C), E는 홀전자 수가 3인 질소(N)이다.

(가)는 A(F)와 B(H)로 이루어진 화합물이므로 분자식이 BA(HF)이다. (나)는 분자당 원자 수가 (가)보다 1 크므로 3원자 분자이며 C(O)와 D(C)로 이루어진 분자이므로 분자식이 DC₂(CO₂)이다. (다)는 B(H)와 E(N)로 이루어진 4원자 분자이므로 분자식이 NH₃와 N₂H₂ 중 하나이다. 그런데 (가)~(다)에서 무극성 공유 결합이 존재하지 않으므로 (다)는 NH₃이다.

⊙. (나)는 3원자 분자이며, $x=3$ 이다.

✕. (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 (나)의 DC₂(CO₂) 1가지이다.

⊙. (가)~(다)에서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	(가)	(나)	(다)
공유 전자쌍 수	1	4	3
비공유 전자쌍 수	3	4	1

따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 (가):(나):(다) = $3 : 1 : \frac{1}{3} = 9 : 3 : 1$ 이다.

04 공유 결합과 전자쌍 수

(가)~(다)에서 W~Z가 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 W~Z는 각각 탄소(C), 질소(N), 산소(O), 플루오린(F) 중 하나이다.

탄소(C), 질소(N), 산소(O), 플루오린(F) 원자가 다른 원자와 공유 결합을 형성하여 가질 수 있는 공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

원자	C	N	O	F
공유 전자쌍 수	4	3	2	1

(나)는 구성 원소가 W, Y이고, 분자당 원자 수가 4, 공유 전자쌍 수가 4이므로 가능한 분자식은 N₂F₂이다.

(가)는 구성 원소가 W, X이고 분자당 원자 수가 4, 공유 전자쌍 수가 3이며 W가 질소(N)라면 X는 탄소(C)와 산소(O) 중 하나가 되어야 하므로 주어진 조건에 타당하지 않다.

따라서 W는 플루오린(F), Y는 질소(N)이며, (가)의 가능한 분자식은 O₂F₂이고 X는 산소(O)이다.

(다)에서 Z는 탄소(C)이며, W(F)와 Y(N)로 이루어진 3원자 분자이므로 WZY(FCN)이다.

(가)~(다)의 분자식과 구조식은 다음과 같다.

분자	분자식	구조식
(가)	X ₂ W ₂ (O ₂ F ₂)	$\text{:}\ddot{\text{F}}\text{--}\ddot{\text{O}}\text{--}\ddot{\text{O}}\text{--}\ddot{\text{F}}\text{:}$
(나)	Y ₂ W ₂ (N ₂ F ₂)	$\text{:}\ddot{\text{F}}\text{--}\ddot{\text{N}}\text{=}\ddot{\text{N}}\text{--}\ddot{\text{F}}\text{:}$
(다)	WZY (FCN)	$\text{:}\ddot{\text{F}}\text{--C}\equiv\text{N:}$

⊙. (다)에서 공유 전자쌍 수(⊙)는 4이다.

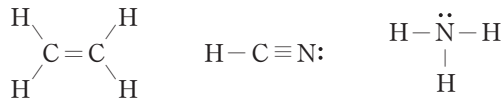
✕. (가)는 분자식이 X₂W₂(O₂F₂)이고, (나)는 분자식이

Y₂W₂(N₂F₂)이므로 $\frac{W \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 는 (가)와 (나)가 $\frac{1}{2}$ 로 같다.

⊙. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 10, (나)가 8, (다)가 4이며 ⊙+⊕+⊖=22이다.

05 공유 결합과 분자

C₂H₄, HCN, NH₃의 구조식은 다음과 같다.



(가)는 다중 결합이 포함되어 있고, 비공유 전자쌍이 존재하므로 HCN이다. (나)는 다중 결합이 포함되지 않고, 비공유 전자쌍이 존재하므로 NH₃이다. (다)는 다중 결합이 포함되어 있고, 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 C₂H₄이다.

✕. (다)는 C₂H₄이다.

⊙. 공유 전자쌍 수는 (다)가 6, (나)가 3이므로 (다)가 (나)의 2배이다.

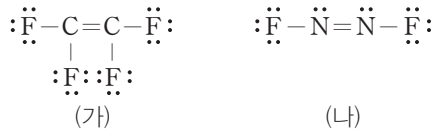
⊙. (가)의 분자량은 27이고, (다)의 분자량은 28이므로 분자량은 (다) > (가)이다.

06 공유 결합과 구조식

X는 탄소(C), Y는 질소(N), Z는 플루오린(F)이다. (가)는 분자당 원자 수가 6이므로 분자식이 $X_2Z_4(C_2F_4)$ 이다. (나)의 가능한 분자식은 $YZ_3(NF_3)$ 와 $Y_2Z_2(N_2F_2)$ 중 하나이다. (가)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 2$ 이고, (가)와 (나)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 가 같으므로 (나)의 분자식은 $Y_2Z_2(N_2F_2)$ 이다.

㉠ (가)와 (나)에서 $a=2$ 이다.

㉡ (가)와 (나)의 구조식은 다음과 같으며, 모두 다중 결합이 존재한다.



㉢ 공유 전자쌍 수비는 (가) : (나) = 6 : 4 = 3 : 2이다.

07 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

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

분자	CH_2O	OF_2	FCN
구조식	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \\ \text{H-C-H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}\text{-}\ddot{\text{O}}\text{-}\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{-C}\equiv\text{N:} \end{array}$	
공유 전자쌍 수	4	2	4
비공유 전자쌍 수	2	8	4

(나)와 (다)는 공유 전자쌍 수가 같으므로 각각 CH_2O , FCN 중 하나이고, (가)는 OF_2 이다. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이므로 (나)는 FCN 이고, (다)는 CH_2O 이다.

㉠ (다)는 CH_2O 이다.

㉡ (가)는 OF_2 이고, 공유 전자쌍 수가 $x=2$ 이며, (나)의 FCN 과 (다)의 CH_2O 의 공유 전자쌍 수는 $y=4$ 이다. (나)의 FCN 에서 비공유 전자쌍 수는 $z=4$ 이다. 따라서 $x+y+z=2+4+4=10$ 이다.

㉢ (가)의 OF_2 에는 단일 결합만 존재하고 (나)의 FCN 에는 단일 결합과 3중 결합이 존재한다.

08 공유 결합 물질

3가지 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

- $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{HCl}$
- $2\text{CH}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$
- $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$

따라서 ㉠은 HCl , ㉡은 CH_2O , ㉢은 N_2 이며 구조식은 다음과 같다.

분자	㉠	㉡	㉢
구조식	$\text{H}-\ddot{\text{Cl}}\text{:}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \\ \text{H-C-H} \end{array}$	$\text{:N}\equiv\text{N:}$

㉠ 구성 원소의 가짓수는 ㉠이 2, ㉡이 1이다.

㉡ ㉡의 CH_2O 는 공유 전자쌍 수가 4, 비공유 전자쌍 수가 2이고, ㉢의 N_2 는 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 2이다.

따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 ㉡ > ㉠이다.

㉢ ㉠~㉢ 중 무극성 공유 결합이 존재하는 분자는 ㉡ 1가지이다.

09 루이스 전자점식

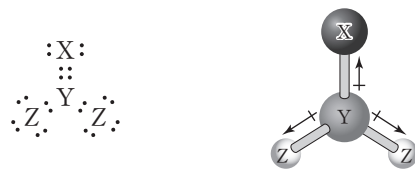
X는 산소(O), Y는 탄소(C), Z는 플루오린(F)이며, (가)는 $\text{YX}_2(\text{CO}_2)$, (나)는 $\text{XZ}_2(\text{OF}_2)$ 이다.

㉠ 원자가 전자 수는 X(O)가 6, Y(C)가 4, Z(F)가 7이며 $Z(\text{F}) > X(\text{O}) > Y(\text{C})$ 이다.

㉡ $\text{X}_2(\text{O}_2)$ 와 $\text{Z}_2(\text{F}_2)$ 의 루이스 전자점식은 다음과 같으며, $\text{X}_2(\text{O}_2)$ 는 2중 결합, $\text{Z}_2(\text{F}_2)$ 는 단일 결합을 이루고 있다.



㉢ 전기 음성도는 $Z(\text{F}) > X(\text{O}) > Y(\text{C})$ 이며, $\text{YXZ}_2(\text{COF}_2)$ 에서 중심 원자인 Y(C)는 전기 음성도가 X(O)보다도 작고, Z(F)보다도 작다. 따라서 Y(C)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.



10 극성 공유 결합과 결합의 쌍극자 모멘트

극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트를 나타낼 때 전기 음성도가 작은 원자에서 큰 원자 방향으로 화살표를 표시하여 나타낸다.

(나)에서 전기 음성도는 $Z > X$ 이며, (다)에서 전기 음성도는 $Y > Z$ 이다.

㉠ (나)와 (다)에서 전기 음성도의 크기는 $Y > Z > X$ 이다.

㉡ (가)의 구성 원자인 X와 Y에서 전기 음성도는 $Y > X$ 이므로 X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉢ (나)에서 X와 Z, (다)에서 Y와 Z는 전기 음성도가 다르므로 모두 극성 공유 결합을 형성한다.

11 전기 음성도와 극성 공유 결합

(가)~(라)에서 원자 사이의 결합이 모두 극성 공유 결합이므로 분자식은 다음과 같다.

분자	(가)	(나)	(다)	(라)
분자식	HW	H ₂ X	YH ₃	ZH ₄

W는 플루오린(F), X는 산소(O), Y는 질소(N), Z는 탄소(C)이다.

✕. 2주기 원소의 전기 음성도는 원자 번호가 커질수록 증가하며 W>X>Y>Z이다. 따라서 W의 전기 음성도가 가장 크다.

㉠. (가)와 (나)에서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	(가)	(나)
공유 전자쌍 수	1	2
비공유 전자쌍 수	3	2

따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 (가):(나)=3:1이다.

㉡. (다)에서 전기 음성도는 Y(N)>H이며 중심 원자인 Y(N)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

12 공유 결합 물질과 분자

물질의 구조식, 분자식과 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

구조식	분자식	비공유 전자쌍 수
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	CH ₄ O	2
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	C ₃ H ₆ O	2
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\ & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	C ₂ H ₄ O ₂	4

(가)와 (나)는 비공유 전자쌍 수가 같으므로 각각 CH₄O와 C₃H₆O 중 하나이며, (가)와 (다)는 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 가 같으므로 각각 C₃H₆O와 C₂H₄O₂ 중 하나이다. 따라서 (가)는 C₃H₆O, (나)는 CH₄O, (다)는 C₂H₄O₂이다.

✕. (가)의 분자식은 C₃H₆O이다.

㉠. (나)는 CH₄O이며 단일 결합으로만 이루어진 물질이다.

㉡. 공유 전자쌍 수는 (가)의 C₃H₆O가 10, (나)의 CH₄O가 5, (다)의 C₂H₄O₂가 8이다. 따라서 (가)>(다)>(나)이다.

13 화학 결합의 종류에 따른 물질의 성질

A~D의 원자가 전자 수는 다음과 같다.

원자	A	B	C	D
원자가 전자 수	6	7	1	2

전자가 들어 있는 전자 껍질 수로 볼 때 A는 2주기 원소이고 B~D는 3주기 원소이다. 따라서 A가 산소(O), B가 염소(Cl), C가 나트륨(Na), D가 마그네슘(Mg)이다.

㉠. C는 금속이므로 고체 상태에서 전기 전도성이 있고, CB는 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서 전기 전도성이 없다. 따라서 전기 전도성은 C(s)>CB(s)이다.

✕. A와 B는 비금속 원소이므로 AB₂는 공유 결합 물질이고, D는 금속 원소이므로 DB₂는 이온 결합 물질이다.

✕. DA와 CB는 모두 이온 결합 물질이며, 녹는점은 이온의 전하량이 크고, 이온 사이의 거리가 작은 DA가 CB보다 높다.

14 화학 결합에 따른 물질의 성질

Mg은 금속으로서 고체와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. NaCl과 MgO은 모두 이온 결합 물질로 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

(나)와 (다)는 각각 이온 결합 물질인 NaCl과 MgO 중 하나이며, 온도 T₂에서 전기 전도성이 없는 (다)는 고체 상태이고, 전기 전도성이 있는 (나)는 액체 상태이다. 따라서 녹는점은 (다)가 (나)보다 높으며 (나)는 NaCl이고, (다)는 MgO이다.

㉠. 온도 T₁에서 NaCl과 MgO이 모두 고체 상태이고, 온도 T₂에서 NaCl은 액체, MgO은 고체 상태이며, 온도 T₃에서는 MgO도 액체 상태이다. 따라서 온도는 T₃>T₂>T₁이다.

㉡. (가)는 Mg이며, 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있다. 따라서 '있음'은 ㉠으로 적절하다.

✕. (나)는 NaCl이며, 온도 T₁에서 고체 상태, T₂에서 액체 상태이므로 NaCl의 녹는점은 T₁보다 높고 T₂보다 낮다.

09

분자의 구조와 성질

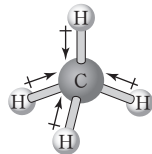
2점 수능 테스트

본문 150~152쪽

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

01 분자의 구조와 성질

CH₄ 분자의 구조와 각 결합의 쌍극자 모멘트는 그림과 같다.



- Ⓐ. CH₄ 분자에는 단일 결합만 4개 존재한다.
 Ⓑ. CH₄의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수가 4이므로 분자 모양은 정사면체형이다.
 ✕. CH₄ 분자에는 4개의 극성 공유 결합이 존재하지만, 각 결합의 쌍극자 모멘트를 합한 분자의 쌍극자 모멘트는 0이므로 CH₄은 무극성 분자이다.

02 분자의 구조와 결합의 극성

분자 모양은 (가)가 굽은 형, (나)가 정사면체형이다.

- Ⓒ. (가)에 존재하는 O-H 결합과 (나)에 존재하는 C-H 결합은 모두 결합을 이루는 원자의 전기 음성도가 달라 부분적인 전하를 띠는 극성 공유 결합이다.
 ✕. 분자 구조는 (가)가 평면 구조, (나)가 입체 구조이다.
 ✕. 2주기 수소 화합물에서 중심 원자에 전자쌍이 4개 있는 경우, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 비공유 전자쌍 수가 많을수록 결합각이 작다. 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수는 H₂O, NH₃, CH₄이 각각 2, 1, 0이므로 결합각은 CH₄ > NH₃ > H₂O이다.

03 화학 결합 모형과 분자 구조

(가)는 NH₃, (나)는 CO₂이다.

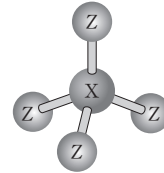
- ✕. (가)의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 3, 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형으로 입체 구조이고 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재하지 않는다.
 Ⓒ. 결합각은 (가)가 109.5°보다 작고, (나)가 180°이므로 (나) > (가)이다.
 ✕. (가)의 분자 모양은 삼각뿔형이므로 극성 분자이고, (나)의 분

자 모양은 직선형이면서 2개의 2중 결합이 대칭이므로 무극성 분자이다.

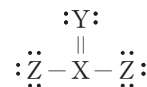
04 루이스 전자점식과 분자 구조

X~Z는 2주기 원소이면서 원자가 전자 수가 각각 4, 6, 7이므로 X는 C, Y는 O, Z는 F이다.

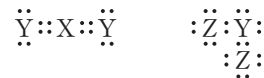
Ⓒ. XZ₄(CF₄)의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수가 4이므로 분자 모양은 정사면체형이다.



Ⓒ. XYZ₂(COF₂)에는 X와 Z의 단일 결합 2개와 X와 Y의 2중 결합 1개가 존재하므로 분자 모양은 평면 삼각형으로 평면 구조이다.



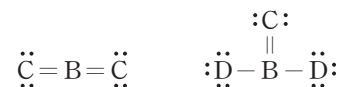
✕. XY₂(CO₂)는 무극성 분자이고, YZ₂(OF₂)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 YZ₂(OF₂) > XY₂(CO₂)이다.



05 분자의 구조와 성질

A는 H, B는 C, C는 O, D는 F이다.

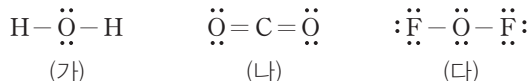
- Ⓒ. 전기 음성도가 D(F) > A(H)이므로 AD에서 공유 전자쌍이 D(F)의 원자핵 쪽으로 더 많이 치우쳐져 D는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.
 ✕. A₂C(H₂O)의 분자 모양은 굽은 형으로 결합각이 104.5°이고, BA₄(CH₄)의 분자 모양은 정사면체형으로 결합각이 109.5°이므로 결합각은 BA₄(CH₄) > A₂C(H₂O)이다.
 ✕. BC₂(CO₂)는 무극성 분자이고, BCD₂(COF₂)는 극성 분자이다.



06 분자의 구조와 성질

H₂O, OF₂, CO₂의 공유 전자쌍 수는 각각 2, 2, 4이므로 (나)는 CO₂이다. 전기 음성도는 F > O > H이므로 H₂O에서 O 원자는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠고, OF₂에서 O 원자는 부분적인 양전

하(δ^+)를 띤다. 따라서 (가)는 H_2O 이고 (다)는 OF_2 이다.



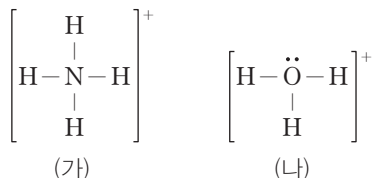
㉠. (나)에는 C와 O의 다중 결합이 존재한다.

㉡. H_2O 과 CO_2 의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 $\frac{2}{2}$, $\frac{4}{4}$ 로 모두 1이다. 따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)=(나)이다.

㉢. OF_2 는 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 2이므로 (다)의 분자 모양은 직선형이 아니다.

07 이온의 구조

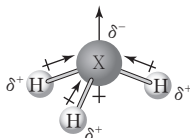
X는 N, Y는 O이고 (가)는 NH_4^+ , (나)는 H_3O^+ 이다.



㉠. 원자가 전자 수는 X(N)가 5, Y(O)가 6이므로 $Y > X$ 이다.

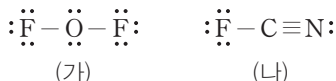
㉡. 이온의 모양이 (가)는 정사면체형, (나)는 삼각뿔형이므로 모두 입체 구조이다.

㉢. $\text{XH}_3(\text{NH}_3)$ 의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 3, 1이므로 분자 모양은 삼각뿔형이고 극성 분자이다.



08 루이스 구조식과 분자 구조

W는 F, X는 O, Y는 C, Z는 N이다.



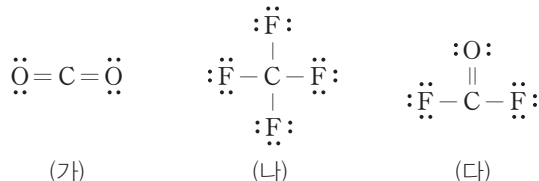
㉠. 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 크므로 전기 음성도는 $W(\text{F}) > X(\text{O})$ 이다.

㉢. (가)의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 2이므로 분자 모양은 굽은 형이다.

㉡. (가)와 (나)는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다.

09 분자의 구조와 성질

공유 전자쌍 수는 CF_4 , CO_2 , COF_2 가 모두 4이고, 비공유 전자쌍 수는 CF_4 , CO_2 , COF_2 가 각각 12, 4, 8이다. 따라서 (가)는 CO_2 , (나)는 CF_4 , (다)는 COF_2 이다.



㉠. $a=4$, $b=8$ 이므로 $\frac{b}{a}=2$ 이다.

㉢. (나)의 분자 모양은 정사면체형이다.

㉡. (가)는 무극성 분자이고, (다)는 극성 분자이다.

10 화학 반응식과 분자 구조

(가)의 분자 모양은 삼각뿔형이고 (나)의 이온 모양은 정사면체형이다.

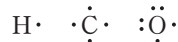
㉠. (가)의 분자 모양은 삼각뿔형이므로 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 극성 분자이다.

㉡. (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 존재하므로 이온 모양이 정사면체형이다.

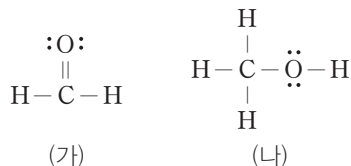
㉢. 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 비공유 전자쌍이 1개, 공유 전자쌍이 3개 있는 (가)의 결합각이 공유 전자쌍만 4개 있는 (나)의 결합각보다 작다.

11 분자의 구조와 성질

H, C, O의 루이스 전자점식은 그림과 같다.



(가)에서 O 원자와 결합한 H 원자가 없으므로 O 원자는 C 원자와 2중 결합을 형성하고, C 원자가 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 H 원자 2개가 각각 단일 결합을 형성한다. (나)에서 O 원자와 결합한 H 원자가 1개이므로 O 원자와 H 원자가 단일 결합을, C 원자와 O 원자가 단일 결합을 각각 형성하고, H 원자 3개가 각각 C 원자와 단일 결합을 형성한다. 따라서 (가)는 CH_2O , (나)는 CH_4O 로 분자의 구조식은 다음과 같다.



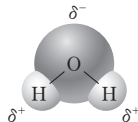
㉠ $x=2, y=4$ 이므로 $\frac{y}{x}=2$ 이다.

㉡ (가)에는 C와 O의 2중 결합이 존재한다.

㉢ (가)와 (나)는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다.

12 분자의 극성

대전체를 가까이 가져다 대었을 때 극성 분자는 대전체 쪽으로 끌려온다. 물 분자에서 각 원자들의 부분적인 전하는 그림과 같다.



㉠ H₂O 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 H 원자 쪽이 (-)로 대전된 대전체에 끌려온다.

㉡ 대전체 쪽으로 끌려오는 H₂O은 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

㉢ 극성 물질은 극성 용매에 잘 녹고, 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 녹는다. 이온 결합 물질인 CuSO₄(s)가 무극성 물질인 I₂(s)보다 극성 용매인 H₂O에 잘 녹는다.

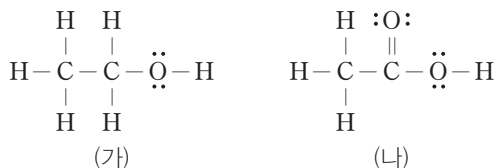
3점 수능 테스트

본문 153~158쪽

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

01 구조식과 분자 구조

X는 C, Y는 O이다.



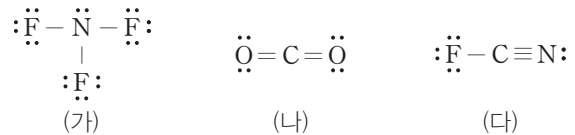
㉠ 원자가 전자 수는 X(C)가 4, Y(O)가 6이다.

㉡ 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 모두 8이고, 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 각각 2, 4이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 (가)의 2배이다.

㉢ (가)와 (나)에는 원자 4개와 결합한 X(C)가 존재하므로 분자 구조는 모두 입체 구조이다.

02 분자의 구조와 성질

$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 CO₂, NF₃, FCN이 각각 $\frac{4}{4}$, $\frac{10}{3}$, $\frac{4}{4}$ 이므로 (가)는 NF₃이다. CO₂와 FCN 중 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 것은 CO₂이므로 (나)는 CO₂, (다)는 FCN이다.



㉠ (가)에는 단일 결합만 존재한다.

㉡ (나)와 (다)는 모두 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=1$ 이다.

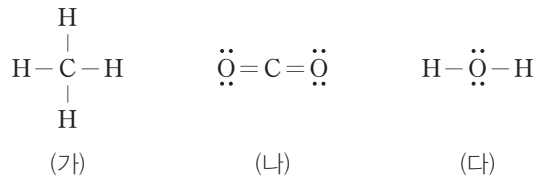
㉢ (가)와 (다)는 극성 분자이고, (나)는 무극성 분자이다.

03 화학 반응식과 분자 구조

화학 반응식은 다음과 같다.



(가)는 CH₄, (나)는 CO₂, (다)는 H₂O이다.



㉠ (나)에는 C와 O의 2중 결합이 존재한다.

㉡ (다) 분자는 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 2이므로 분자 모양이 굽은 형이다.

㉢ (다)는 분자 모양이 굽은 형이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

04 분자의 구조와 성질

㉠ 4가지 분자 중 입체 구조가 아닌 것은 CO₂와 HCN이고, CH₄과 NH₃ 중 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 것은 CH₄이므로 학생 A의 탐구 결과는 옳다.

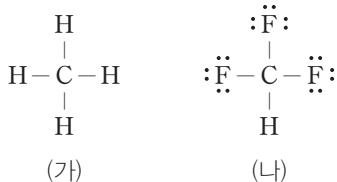
㉡ 4가지 분자 중 단일 결합만 존재하는 것이 아닌 것은 CO₂와 HCN이고, CH₄과 NH₃ 중 공유 전자쌍 수가 4인 것은 CH₄이므로 학생 B의 탐구 결과는 옳다.

㉢ 4가지 분자 중 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 것은 NH₃와 HCN이고, CH₄과 CO₂ 중 분자 모양이 정사면체형인 것은 CH₄이므로 학생 C의 탐구 결과는 옳지 않다.

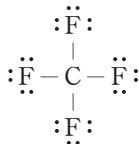
05 분자의 구조와 성질

(가)는 2주기 원소 X와 H로만 구성되어 있고 공유 전자쌍 수와

비공유 전자쌍 수가 각각 4, 0이므로 CH_4 이다. (나)는 2주기 원소 Y와 H, C로 구성되어 있고 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 4, 9이므로 CHF_3 이고, Y는 F이다.



- ㉠ 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도는 커진다. 따라서 전기 음성도는 $\text{Y}(\text{F}) > \text{X}(\text{C})$ 이다.
- ㉡ (가)는 분자 모양이 정사면체형이므로 무극성 분자이고, 무극성 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다.
- ㉢ $\text{XY}_4(\text{CF}_4)$ 는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 4, 12이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 3$ 이다.



06 분자의 구조와 성질

(가)에서 표에 들어 있는 분자의 성질과 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

NF_3 극성 10		
O_3 무극성 4		CO_2 무극성 4
OF_2 극성 8		H_2O 극성 2

(나)에서 제시된 4가지 분자의 성질과 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

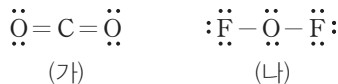
분자	H_2	N_2	FCN	CH_2O
분자의 성질	무극성	무극성	극성	극성
비공유 전자쌍 수	0	2	4	2

따라서 제시된 규칙을 만족하는 탐구 결과는 다음과 같고, 가로줄의 비공유 전자쌍 수의 합은 12이다.

NF_3 극성 10	H_2 무극성 0	CH_2O 극성 2
O_3 무극성 4	FCN 극성 4	CO_2 무극성 4
OF_2 극성 8	N_2 무극성 2	H_2O 극성 2

07 전기 음성도와 분자 구조

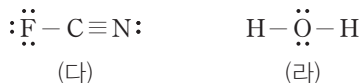
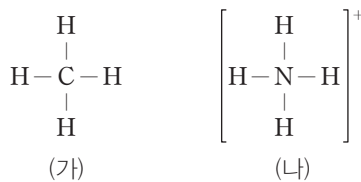
극성 공유 결합에서 쌍극자 모멘트(μ)는 전기 음성도가 작은 원자에서 전기 음성도가 큰 원자를 향하도록 십자 화살표(\rightarrow)를 이용하여 표시하므로 전기 음성도는 $\text{Z} > \text{X} > \text{Y}$ 이다. 따라서 X는 O, Y는 C, Z는 F이고 (가)는 CO_2 , (나)는 OF_2 이다.



- ㉠ 전기 음성도는 $\text{Z}(\text{F}) > \text{Y}(\text{C})$ 이다.
- ㉡ (나)는 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수와 공유 전자쌍 수가 각각 2, 2이므로 분자 모양은 굽은 형이다.
- ㉢ $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 $\frac{4}{4}$, (나)가 $\frac{8}{2}$ 이므로 (나) > (가)이다.

08 전기 음성도와 분자 구조

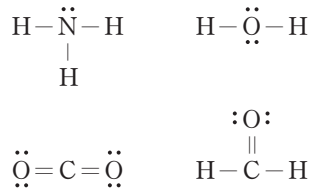
(라)는 NH_3 보다 중심 원자의 전기 음성도가 크므로 H_2O 이고 (나)는 NH_4^+ 이다. (가)와 (다)는 NH_3 보다 중심 원자의 전기 음성도가 작으므로 각각 CH_4 과 FCN 중 하나이다. (공유 전자쌍 수 - 비공유 전자쌍 수)가 NH_3 는 2이고, CH_4 , H_2O , NH_4^+ , FCN 은 각각 4, 0, 4, 0이다. 따라서 (공유 전자쌍 수 - 비공유 전자쌍 수)가 NH_4^+ 과 같은 (가)가 CH_4 이며, H_2O 과 같은 (다)가 FCN 이다.



- ㉠ (나)는 NH_4^+ 이다.
- ㉡ 결합각은 (가)가 109.5° , (라)가 109.5° 보다 작으므로 (가) > (라)이다.
- ㉢ (다)는 극성 분자이고, (가)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (다) > (가)이다.

09 분자의 구조와 성질

4가지 분자의 구조식은 다음과 같다.



4가지 분자 중 극성 분자는 NH_3 , H_2O , CH_2O 이고, 입체 구조인 것은 NH_3 이며, 비공유 전자쌍이 있는 것은 NH_3 , H_2O , CO_2 , CH_2O 이다. 따라서 A는 NH_3 , H_2O , CH_2O 가 포함되어 있으므로 (가)에 해당하고 B는 NH_3 , H_2O , CO_2 , CH_2O 가 모두 포함되어 있으므로 (다)에 해당하며, C는 NH_3 만 포함되어 있으므로 (나)에 해당한다.

10 분자의 극성

탐구 결과는 결합의 쌍극자 모멘트의 크기가 같고 방향이 반대인 두 결합의 결합각이 180° 인 분자의 성질이 무극성임을 나타낸다.

㉠ 고무줄을 당기는 힘은 극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트를 비유한 것이다. 전기 음성도는 $\text{F} > \text{Be}$ 이므로 BeF_2 분자에서 결합의 쌍극자 모멘트는 그림과 같다.



따라서 '쌍극자 모멘트'는 ㉠으로 적절하다.

㉡ 쇠리가 움직이지 않는 것은 분자 내에서 전자 밀도가 어느 한 쪽으로 치우치지 않아 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 됨을 의미한다.

㉢ 이 탐구 활동을 통해 결합의 쌍극자 모멘트가 0이 아니더라도 분자의 구조에 따라 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이면 무극성 분자임을 알 수 있다.

11 분자의 성질

H_2O 과 CH_3OH 은 극성 분자이고, CH_4 과 O_2 는 무극성 분자이다.

㉠ (가)의 분자 모양은 굽은 형으로 평면 구조이다.

㉡ (다)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다.

㉢ 분자량이 비슷한 H_2O 과 CH_4 중 극성 물질인 H_2O 의 끓는점이 높고, CH_3OH 과 O_2 중 극성 물질인 CH_3OH 의 끓는점이 높다.

12 물질의 극성

물은 극성 용매이고, 헥세인은 무극성 용매이다. 극성 물질은 극성 용매에 잘 녹고, 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 녹는다. 이온

결합 물질인 CuSO_4 가 잘 녹는 X가 물이고, 무극성 물질인 I_2 이 잘 녹는 Y가 헥세인이다.

ㄹ. X는 물이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

ㄿ. $\text{NaCl}(s)$ 은 이온 결합 물질이므로 극성 용매인 X(물)에 잘 녹는다.

㉠. 극성 용매와 무극성 용매는 서로 잘 섞이지 않고 층을 이룬다.

10 동적 평형

2점 수능 테스트

본문 170~171쪽

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

01 가역 반응

정반응은 반응물이 생성물로 되는 반응이고, 역반응은 정반응의 생성물이 다시 반응물로 되는 반응이다. 화학 반응식에서 오른쪽으로 진행되는 반응을 정반응이라 하고, 왼쪽으로 진행되는 반응을 역반응이라 한다. 가역 반응은 반응 조건(농도, 압력, 온도 등)에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응이다.

- ㉠. 제시된 화학 반응은 가역 반응으로, 가역 반응의 화학 반응식은 '⇌'로 나타낸다.
- ㉡. 제시된 화학 반응식에서 정반응은 $2\text{NOBr}(g) \longrightarrow 2\text{NO}(g) + \text{Br}_2(g)$ 이고, 역반응은 $2\text{NO}(g) + \text{Br}_2(g) \longrightarrow 2\text{NOBr}(g)$ 이다. $\text{NO}(g)$ 와 $\text{Br}_2(g)$ 은 정반응의 생성물이면서 역반응의 반응물이다.
- ㉢. 정반응의 반응물은 $\text{NOBr}(g)$ 이고 생성물은 $\text{NO}(g)$ 와 $\text{Br}_2(g)$ 이며, 반응 계수비가 $\text{NOBr}(g) : \text{NO}(g) : \text{Br}_2(g) = 2 : 2 : 1$ 이므로 정반응이 진행되면 기체 분자 수는 증가한다.

02 가역 반응과 비가역 반응

가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응이고, 비가역 반응은 역반응이 일어나지 않거나 정반응에 비해 무시할 수 있을 만큼 거의 일어나지 않는 반응이다.

- ㉠. (가)의 용기 안에는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 되는 반응과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 되는 반응이 모두 일어나고 있다. 가역 반응의 화학 반응식은 '⇌'로 나타내므로 화학 반응식은 $\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(g)$ 이다.
- ㉡. 연소 반응은 비가역 반응이므로 화학 반응식에서 '→'로 나타낸다. (나)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.
- ㉢. (가)에서 일어나는 상태 변화는 가역 반응이고, (나)에서 일어나는 연소 반응은 비가역 반응이다.

03 용해 평형

일정한 온도에서 충분한 양의 고체 용질이 용매 속에 충분한 시간 동안 들어 있을 때 고체 용질이 용매에 녹는 용해 속도와 용매에 녹아 있던 용질이 다시 고체 용질로 되돌아가는 석출 속도가 같아

져서 변화가 없는 것처럼 보이는 동적 평형 상태에 도달하고, 화학 반응식은 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(s) \rightleftharpoons \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(aq)$ 이다. 초기에는 용해 속도가 석출 속도보다 빠르지만 시간이 지나면서 석출 속도가 점점 빨라져 동적 평형 상태에서는 용해 속도와 석출 속도가 같아진다.

- ㉣. (가)는 동적 평형 상태에 도달하기 전이고, (나)는 동적 평형 상태이므로 석출 속도는 (나) > (가)이다.
- ㉤. 동적 평형 상태인 (나)에서는 용질이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같다.
- ㉥. (나)는 동적 평형 상태에 도달한 포화 용액이고, (가)는 동적 평형 상태에 도달 전인 불포화 용액이므로 수용액의 몰 농도(M)는 (나) > (가)이다.

04 상평형

일정한 온도에서 밀폐된 용기에 들어 있는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 액체 표면에서 기체로 되는 증발 속도와 기체가 액체로 되는 응축 속도가 같아져서 동적 평형 상태에 도달하고, 화학 반응식은 $\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(g)$ 이다. 초기에는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르지만 시간이 지나면서 응축 속도가 점점 빨라져 동적 평형 상태에서는 증발 속도와 응축 속도가 같아진다.

- ㉠. $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 동적 평형 상태인 (나)에서가 초기 상태인 (가)에서보다 빠르다.
- ㉡. $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형 상태인 (나)에서가 초기 상태인 (가)에서보다 많다.
- ㉢. 밀폐된 용기 속에서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 (나)에서가 (가)에서보다 많으므로, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 많다.

05 pH와 pOH

25°C에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이고 (가)~(다)의 pH가 각각 3.0, 4.0, 7.0이므로 (가)~(다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 각각 $1 \times 10^{-3} \text{ M}$, $1 \times 10^{-4} \text{ M}$, $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

- ㉣. $\text{pH} = 7.0$ 인 (다)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 H_3O^+ 이 존재한다.
- ㉤. 25°C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이므로 $\text{pH} = 3.0$ 인 (가)의 $\text{pOH} = 11.0$ 이고, $\text{pH} = 7.0$ 인 (다)의 $\text{pOH} = 7.0$ 이다. 따라서 pOH 는 (가) > (다)이다.
- ㉥. (가)는 $\text{pOH} = 11.0$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이고, (나)는 $\text{pOH} = 10.0$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-10} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{(나)의 } [\text{OH}^-]}{\text{(가)의 } [\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-11}} = 10$ 이다.

06 pH와 $[\text{OH}^-]$

25°C 에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이고 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다. $\text{pH} = 2.0$ 인 (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이고 $\text{pOH} = 12.0$ 이다. $\text{pH} = 3.0$ 인 (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이고 $\text{pOH} = 11.0$ 이다.

㉠ (나)의 $[\text{OH}^-]$ / (가)의 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-11}}{1 \times 10^{-12}} = 10$ 이다.

㉡ (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고 부피가 50 mL 이므로 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-2} \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고 부피가 200 mL 이므로 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-3} \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. 따라서 H_3O^+ 의 양 (mol)은 (가) > (나)이다.

㉢ (가) 수용액에 물을 넣어 부피가 10배가 되면 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1}{10}$ 배가 된다. 따라서 pH 는 1.0 증가하여 (나)와 같아진다.

07 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$

25°C 에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $x \times (1 \times 10^{-9}) = (1 \times 10^{-8}) \times y = 1 \times 10^{-14}$ 이다.

㉠ $x = 1 \times 10^{-5}$, $y = 1 \times 10^{-6}$ 이므로 $\frac{x}{y} = 10$ 이다.

㉡ (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH} = 5.0$ 이고, (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-8} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH} = 8.0$ 이다. 따라서 수용액의 pH 는 (나) > (가)이다.

㉢ (가)는 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이고 (나)는 $[\text{OH}^-] > [\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 수용액의 액성이 (가)는 산성, (나)는 염기성이다.

08 pH와 pOH

25°C 에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다. (가)~(다)의 pH 와 pOH 의 차($\text{pH} - \text{pOH}$)가 각각 $-2, 0, 3$ 이므로 pH 와 pOH 는 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
pH	6.0	7.0	8.5
pOH	8.0	7.0	5.5

㉠ (나)의 $\text{pH} = \text{pOH} = 7.0$ 이므로 액성은 중성이다.

㉡ (다)에서 $\text{pH} = 8.5$, $\text{pOH} = 5.5$ 이므로

$$\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-5.5}}{1 \times 10^{-8.5}} = 1000 \text{이다.}$$

㉢ (다)의 $\text{pH} = 8.5$ 이고, (가)의 $\text{pOH} = 8.0$ 이므로 (다)의 $\text{pH}(8.5) >$ (가)의 $\text{pOH}(8.0)$ 이다.

3점 수능 테스트

본문 172~176쪽

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

01 용해 평형

기체가 액체에 녹는 속도와 액체에서 빠져나오는 속도가 같으면 동적 평형 상태이다.

㉠ 밀폐된 용기에 들어 있는 탄산음료는 $\text{CO}_2(g)$ 가 음료에 녹는 속도와 음료에서 빠져나오는 속도가 같아 음료 속의 $\text{CO}_2(g)$ 의 농도가 일정하게 유지되는 동적 평형 상태이다. 따라서 탄산음료의 뚜껑을 열기 전은 동적 평형 상태이다.

㉡ 뚜껑을 열면 압력이 낮아지고 $\text{CO}_2(g)$ 가 음료에서 빠져나오는 속도가 음료에 녹는 속도보다 빨라져 기포가 발생한다.

㉢ $\text{CO}_2(g)$ 는 음료에 녹기도 하고, 음료에서 빠져나오기도 하므로 $\text{CO}_2(g)$ 가 물에 녹는 반응은 가역 반응이다.

02 동적 평형

일정한 온도에서 밀폐된 용기에 들어 있는 액체의 증발 속도와 기체의 응축 속도가 같아져서 동적 평형 상태에 도달하고, 밀폐된 용기 속 화학 반응에서도 정반응 속도와 역반응 속도가 같아지는 동적 평형 상태에 도달한다.

㉠ (가)와 (나)에서 일어나는 반응은 모두 정반응과 역반응이 일어나는 가역 반응이다.

㉡ 동적 평형 상태에 도달하기 전에는 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르고, 동적 평형 상태에 도달하면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다. 따라서 $\frac{\text{정반응 속도}}{\text{역반응 속도}}$ 는 동적 평형 상태 도달 전

인 반응 초기일 때가 동적 평형 상태일 때보다 크다.

㉢ 동적 평형 상태에서는 반응물이 생성물이 되는 정반응 속도와 생성물이 반응물이 되는 역반응 속도가 같으므로 반응물과 생성물의 양 (mol)은 일정하게 유지된다. 따라서 기체의 분자 수는 일정하다.

03 용해 평형

(가)에서 포화 수용액은 동적 평형 상태이다. (나)에서 $\text{Na}^{37}\text{Cl}(s)$ 을 추가로 넣어 주면 $\text{Na}^{35}\text{Cl}(s) \rightleftharpoons \text{Na}^{35}\text{Cl}(aq)$ 반응과 $\text{Na}^{37}\text{Cl}(s) \rightleftharpoons \text{Na}^{37}\text{Cl}(aq)$ 반응이 동시에 일어나 동적 평형 상태에 도달하고 수용액 II에 $^{37}\text{Cl}^-(aq)$ 이 존재한다.

㉠ I은 포화 용액인데도 $\text{Na}^{37}\text{Cl}(s)$ 을 넣은 II에서 $^{37}\text{Cl}^-(aq)$ 이 존재하는 이유는 $\text{Na}^{37}\text{Cl}(s)$ 의 용해가 일어났기 때문이다. 온도와 용매의 양이 일정할 때 포화 용액의 농도는 일정하므로

$\text{Na}^{37}\text{Cl}(s)$ 의 용해와 $\text{Na}^{35}\text{Cl}(s)$ 의 석출이 일어난다. 따라서 $\text{NaCl}(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 가역 반응이다.

✕. $\text{NaCl}(s)$ 이 물에 녹는 반응은 가역 반응이고, (나)에서 동적 평형 상태에 도달했으므로 (나)에서 $\text{Na}^{35}\text{Cl}(s)$ 의 용해와 석출 및 $\text{Na}^{37}\text{Cl}(s)$ 의 용해와 석출이 모두 일어난다.

✕. I 과 II는 같은 온도이고, 모두 동적 평형 상태이므로 수용액에 녹아 있는 전체 이온의 양(mol)은 일정하다. II에서 $^{37}\text{Cl}^-(aq)$ 이 존재하므로 $^{35}\text{Cl}^-(aq)$ 의 양(mol)은 $I > II$ 이다.

04 상평형

일정한 온도에서 밀폐된 용기에 들어 있는 액체가 액체 표면에서 기체로 되는 증발 속도와 기체가 액체로 되는 응축 속도가 같아져서 동적 평형 상태에 도달한다. 초기에는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르지만 시간이 지나면서 응축 속도가 점점 빨라져 동적 평형 상태에서는 증발 속도와 응축 속도가 같아진다.

㉠. 동적 평형 상태에 도달 전에는 시간이 지날수록 응축 속도가 빨라지므로 $c > b$ 이다.

㉡. 동적 평형 상태에 도달한 t_3 일 때는 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 $x = a$ 이다.

㉢. $X(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형 상태에 도달한 t_3 일 때가 동적 평형 상태에 도달 전인 t_2 일 때보다 크다.

05 동적 평형

(가)에서 적갈색인 $\text{NO}_2(g)$ 의 색이 더 이상 얼어지지 않는 것은 무색인 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성되는 정반응 속도와 무색인 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 다시 적갈색인 $\text{NO}_2(g)$ 로 되는 역반응 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달하여 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지되기 때문이다. (나)에서 무색인 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 색이 더 이상 색이 진해지지 않는 것은 적갈색인 $\text{NO}_2(g)$ 가 생성되는 정반응 속도와 적갈색인 $\text{NO}_2(g)$ 가 다시 무색인 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 로 되는 역반응 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달하여 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지되기 때문이다.

㉠. 적갈색인 $\text{NO}_2(g)$ 가 무색인 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 되는 반응과 무색인 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 적갈색인 $\text{NO}_2(g)$ 가 되는 반응이 모두 일어나는 것을 실험에서 혼합 기체의 색 변화로 확인할 수 있으므로 제시된 가설은 적절하다.

✕. (가)와 (나)에서 색이 더 이상 변하지 않는 이유는 동적 평형 상태에 도달했기 때문이다. 동적 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 겉으로 보기에는 더 이상 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만, 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

㉡. 동적 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지된다. 따라서 (가)와 (나)의 동적 평형 상태에서는 기체 분자 수가 일정하게 유지된다.

06 pH와 OH^- 의 양(mol)

(나)에서 OH^- 의 양은 0.02 mol인데 수용액의 부피가 200 mL

이므로 (나)의 $[\text{OH}^-] = \frac{0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다. 25°C 에서

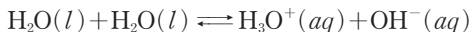
$K_w = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ 이므로 (나)의 $\text{pOH} = 1.0$, $\text{pH} = 13.0$ 이다. 따라서 $a = 12.0$ 이고, (가)의 $\text{pH} = 12.0$, $\text{pOH} = 2.0$ 이다.

(가)의 $\text{pOH} = 2.0$ 이므로 (가)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2} \text{ M} = \frac{b \text{ mol}}{0.5 \text{ L}}$

이다. 따라서 $b = 0.005$ 이고, $a \times b = 12.0 \times 0.005 = 0.06$ 이다.

07 물의 자동 이온화 $[\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{OH}^-]$

물은 대부분 분자로 존재하지만 매우 적은 양의 물이 이온화하여 동적 평형 상태를 이룬다. 물의 자동 이온화 반응에서 생성된 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 곱을 물의 이온화 상수(K_w)라고 한다.



$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

물의 자동 이온화 반응은 가역 반응으로 정반응 속도와 역반응 속도가 같은 동적 평형 상태를 이루므로 일정한 온도에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 일정한 값을 갖고 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 곱인 물의 이온화 상수(K_w)도 일정한 값을 갖는다. 25°C 에서 중성인 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 가 같으므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = c \text{ M}$ 이다.

㉠. 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w) = $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 로 일정하다. 중성인 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 산성인 $\text{HCl}(aq)$ 보다 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 작으므로 $[\text{OH}^-]$ 는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{HCl}(aq)$ 보다 크다. 따라서 $c > b$ 이다.

㉡. 25°C 에서 중성인 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = c \text{ M}$ 이므로 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w) = $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = c^2$ 이다.

㉢. 25°C 에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = c^2$ 으로 일정하므로 $K_w = a \times b = \text{㉠} \times 10a = c^2$ 이고, $\text{㉠} = \frac{b}{10}$ 이다.

08 pH와 $[\text{OH}^-]$

(나)의 $\text{pH} = 13.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이고 25°C 에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 (나)의 $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M}$, 부피가 50 mL이므로 OH^- 의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$ 이다.

㉠. (나)는 (가)에 물만 첨가했으므로 (가)와 (나)에 들어 있는 OH^- 의 양은 0.005 mol로 같다. (가)의 부피가 25 mL이므로

(가)의 물 농도(M) = $\frac{0.005 \text{ mol}}{0.025 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다. 따라서 $a = 0.2$

이다.

✕. (가)는 $[\text{OH}^-]=0.2\text{ M}$ 로 $\text{pOH}=1.0$ 인 (나)보다 $[\text{OH}^-]$ 가 크고, $\text{pOH}=-\log[\text{OH}^-]$ 이므로 (나)보다 $[\text{OH}^-]$ 가 큰 (가)의 $\text{pOH}<1.0$ 이다.

㉔. 25°C 에서 $K_w=1\times 10^{-14}$ 이고 (가)는 $\text{pOH}<1.0$, $\text{pH}>13.0$ 이다. (나)는 $\text{pH}=13.0$ 이므로 pH 는 (가) $>$ (나)이다.

09 pH와 pOH

중성인 (나)는 pH 와 pOH 가 같으므로 25°C 에서 $\text{pH}=\text{pOH}=7.0$ 이고, $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}=1$ 이다. 따라서 $a=\frac{1}{2}$ 이고 (가)와 (다)의 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 는 각각 $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{2}$ 이다. 25°C 에서 $\text{pH}+\text{pOH}=14.0$ 이므로

(가)~(다)의 pH 와 pOH 는 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
pOH	8.0	7.0	10.0
pH	6.0	7.0	4.0

✕. 25°C 에서 (다)의 $\text{pH}=4.0$ 이므로 수용액의 액성은 산성이다.

㉔. (가)의 $\text{pH}=6.0$, $\text{pOH}=8.0$ 이므로 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}=\frac{1\times 10^{-8}}{1\times 10^{-6}}=\frac{1}{100}$ 이다.

✕. pOH 가 (나)는 7.0 , (다)는 10.0 이므로 $\frac{(\text{다})\text{의 } [\text{OH}^-]}{(\text{나})\text{의 } [\text{OH}^-]}=\frac{1\times 10^{-10}}{1\times 10^{-7}}=\frac{1}{1000}$ 이다.

10 pH와 pOH

25°C 에서 $\text{pH}+\text{pOH}=14.0$ 이고, (가)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=6$ 이므로

(가)의 $\text{pH}=12.0$, $\text{pOH}=2.0$ 이다.

㉔. (가)의 $\text{pOH}=2.0$ 이므로 $[\text{OH}^-]=a\text{ M}=0.01\text{ M}$ 이다. (나)와 (다)를 혼합한 용액의 pH 가 (가)의 pOH 인 2.0 과 같으므로 혼

합 용액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{\text{혼합 용액 속 } \text{H}_3\text{O}^+\text{의 양(mol)}}{\text{혼합 용액의 전체 부피(L)}}=$

$$\frac{\left(0.025b + \frac{0.050}{4}b\right)\text{ mol}}{(0.025+0.050)\text{ L}}=0.01\text{ M이다.}$$

따라서 $b=0.02$ 이므로 $\frac{b}{a}=2$ 이다.

✕. $b=0.02$ 이므로 H_3O^+ 의 양은 (나)에서 $0.02\text{ M}\times 0.025\text{ L}=0.0005\text{ mol}$ 이고, (다)에서 $0.005\text{ M}\times 0.05\text{ L}=0.00025\text{ mol}$ 이다. 따라서 H_3O^+ 의 양(mol)은 (나) $>$ (다)이다.

✕. (가)의 OH^- 의 양은 $0.01\text{ M}\times 0.025\text{ L}=0.00025\text{ mol}$ 이고, (다)의 H_3O^+ 의 양은 $0.005\text{ M}\times 0.05\text{ L}=0.00025\text{ mol}$ 이므로 OH^- 의 양(mol)과 H_3O^+ 의 양(mol)이 같다. 따라서 (가)와 (다)를 혼합한 용액의 액성은 중성이다.

11 산 염기와 중화 반응

2점 수능 테스트

본문 186~188쪽

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

01 브뢴스테드·로리 산

브뢴스테드·로리 산은 양성자(H^+)를 주는 물질이다.

㉔. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 을 물에 녹였을 때 H_3O^+ 이 생성되었으므로 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(aq)$ 은 산성 용액이다.

㉔. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(aq)$ 에는 CH_3COO^- 과 H_3O^+ 이 존재하므로 전기 전도성이 있다.

㉔. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 이 물과 반응할 때 물에게 양성자(H^+)를 주므로 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 은 브뢴스테드·로리 산이다.

02 브뢴스테드·로리 산

브뢴스테드·로리 산은 양성자(H^+)를 주는 물질이다.

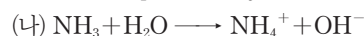
(가)에서 NH_3 를 물(H_2O)에 녹였을 때 수산화 이온(OH^-)이 생성되었으므로 H_2O 이 NH_3 에게 H^+ 를 주었다. 따라서 (가)에서 브뢴스테드·로리 산은 H_2O 이다.

(나)에서 HCl 를 물(H_2O)에 녹였을 때 하이드로늄 이온(H_3O^+)이 생성되었으므로 HCl 가 H_2O 에게 H^+ 를 주었다. 따라서 (나)에서 브뢴스테드·로리 산은 HCl 이다.

물과 반응할 때 NH_3 는 염기, HCl 는 산이므로 (다)에서 NH_3 와 HCl 를 반응시키면 H^+ 는 HCl 에서 NH_3 로 이동한다. 따라서 (다)에서 브뢴스테드·로리 산은 HCl 이다.

03 HCl와 NH_3 의 생성

(가)와 (나)의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



㉔. Y는 NH_3 이다. NH_3 는 물에 녹아 OH^- 을 생성하므로 $\text{NH}_3(aq)$ 은 염기성이다.

㉔. X와 H_2O 이 반응할 때 양성자(H^+)는 X에서 H_2O 로 이동하므로 H_2O 은 브뢴스테드·로리 염기이다.

㉔. X는 산, Y는 염기이므로 X와 Y가 반응할 때 양성자(H^+)는 X에서 Y로 이동한다.

04 중화 적정에 사용되는 실험 기구

㉠은 뷰렛으로 농도를 정확히 알고 있는 산 또는 염기 수용액을 넣어 부피를 측정하는 실험 기구이고, ㉡은 피펫으로 농도를 모르는 산 또는 염기 수용액의 부피를 정확히 취하여 옮길 때 사용하는 실험 기구이다. 또한 ㉢은 스포이트로 정확한 양의 부피를 측정하는 것이 힘들기에, 지시약과 같이 소량의 용액을 넣을 때 사용한다.

Ⓐ ㉠은 뷰렛이다.

Ⓑ ㉠은 농도를 모르는 산 또는 염기 수용액의 부피를 정확히 취하여 삼각 플라스크에 넣을 때 사용한다.

Ⓒ 농도를 아는 산 또는 염기 수용액은 뷰렛에 넣어 적정하기 전과 적정한 후 정확한 부피를 측정해야 한다. C가 설명한 실험 기구는 ㉠이다.

05 중화 반응과 용액 속 전체 이온의 몰 농도

혼합 용액 속에 들어 있는 이온의 종류는 2가지이고 같은 수만큼 존재하므로 HCl(aq) 30 mL와 NaOH(aq) 10 mL를 혼합 용액은 중성 용액이다. HCl(aq) 30 mL에는 H^+ 3N mol, Cl^- 3N mol이 있다고 가정하면 NaOH(aq) 10 mL에는 Na^+ 3N mol, OH^- 3N mol이 들어 있다. HCl(aq) 40 mL에는 H^+ 4N mol과 Cl^- 4N mol이 들어 있고 NaOH(aq) 40 mL에는 Na^+ 12N mol, OH^- 12N mol이 들어 있다. HCl(aq) 40 mL와 NaOH(aq) 40 mL를 혼합하면 이 혼합 용액에는 Cl^- 4N mol, Na^+ 12N mol, OH^- 8N mol이 들어 있다. 따라서 x M HCl(aq) 40 mL와 y M NaOH(aq) 40 mL를 혼합한 용액의 부피는 2배로 증가하고 전체 이온의 양(mol)은 4배로 증가하므로 전체 이온의 몰 농도의 합은

$$\frac{4 \times (x \text{ M} \times 0.04 \text{ L})}{0.08 \text{ L}} = 2x \text{ M이다.}$$

06 중화 적정 실험

중화 적정 실험은 농도를 모르는 산 또는 염기 수용액의 농도를 알아내기 위한 실험이다.

농도를 모르는 산 또는 염기 수용액의 양은 일정량으로 정해져 있고 농도를 알 수 없어 표준 용액의 양이 얼마만큼 필요한지 알 수 없으므로 삼각 플라스크에 x M $CH_3COOH(aq)$ 일정량을 넣고 뷰렛에 표준 용액은 0.1 M NaOH(aq)을 넣은 후 적정한다. 이때 중화점을 알아내기 위해 삼각 플라스크 속 $CH_3COOH(aq)$ 에 지시약인 페놀프탈레인 용액 2~3방울을 넣어 준다. 따라서 ㉠은 x M $CH_3COOH(aq)$, ㉡은 페놀프탈레인 용액, ㉢ 0.1 M NaOH(aq)이 가장 적절하다.

07 중화 적정

ⓧ. 적정에서 사용한 지시약은 페놀프탈레인 용액이므로 혼합 용액의 색깔은 무색에서 붉은색으로 변한다. 따라서 ㉠은 붉은색이다.

Ⓒ. $CH_3COOH(aq)$ 의 몰 농도를 x M라고 할 때, 중화점에서 반응한 이온의 양(mol)은 수소 이온과 수산화 이온이 같으므로 $x \times 10 = 0.05 \times 20$, x 는 0.1이다. 따라서 $CH_3COOH(aq)$ 의 몰 농도는 0.1 M이다.

Ⓓ. 적정 실험에서 NaOH(aq)은 표준 용액이므로 뷰렛에 넣어 사용한다.

08 중화 반응과 이온 수 변화

0.05 M $H_2SO_4(aq)$ 20 mL에 0.1 M NaOH(aq)을 넣으면 H^+ 의 양(mol)은 중화점까지 감소하고 SO_4^{2-} 의 양(mol)은 일정하고, Na^+ 의 양(mol)은 증가하며 OH^- 의 양(mol)은 중화점부터 증가한다. 따라서 A는 Na^+ , B는 SO_4^{2-} 이다. 중화점에서는 Na^+ 과 SO_4^{2-} 이 2 : 1의 몰비로 존재하므로 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 중화점까지 첨가한 부피의 $\frac{1}{2}$ -배일 때 Na^+ 과 SO_4^{2-} 이 1 : 1의 몰비로 존재한다.

Ⓒ. NaOH(aq) 2V를 첨가했을 때가 중화점에 해당되며, $2 \times 0.05 \times 20 = 1 \times 0.1 \times 2V$, $V = 10$ 이다.

Ⓓ. 감소하는 H^+ 의 양(mol)과 증가하는 Na^+ 의 양(mol)이 같으므로 전체 이온의 양(mol)은 ㉠과 ㉡에서 같다.

Ⓒ. Na^+ 의 양은 ㉠에서 0.001 mol, ㉡에서 0.002 mol이고 혼합 용액의 부피는 ㉠에서 30 mL, ㉡에서 40 mL이므로 $[Na^+]$ 의 비는 ㉠ : ㉡ = $\frac{0.001}{30} : \frac{0.002}{40} = 2 : 3$ 이다. 따라서 $[Na^+]$ 는 ㉠에서가 ㉡에서의 $\frac{2}{3}$ -배이다.

09 산과 염기의 중화 반응

용액에서 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량의 합은 0이다. (가)에 존재하는 SO_4^{2-} 수가 2이므로 H^+ 수는 4이고, (나)에 존재하는 OH^- 수가 3이므로 K^+ 수는 3이다.

ⓧ. (가)와 (나)를 혼합하면 반응하지 않고 남은 H^+ 이 존재하므로 혼합 용액은 산성 용액이다.

Ⓒ. 이온의 몰 농도는 이온 수에 비례하므로 $[K^+] : [SO_4^{2-}] = 3 : 2$ 이다.

ⓧ. 혼합 용액은 산성이므로 생성된 물의 양(mol)은 K^+ 의 양(mol)과 같다.

10 산과 염기의 중화 반응

(가), (다)가 모두 산성이라면 전체 이온의 몰비는 1 : 4이고, (가), (다)가 모두 염기성이라면 전체 이온의 몰비는 5 : 2이다. 그런데

제시된 자료에서 전체 이온의 몰비는 (가) : (다) = 1 : 2이므로 (가)는 염기성, (다)는 산성이며 $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양은 모두 0.01 mol, $\text{HCl}(aq)$ 80 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양은 모두 0.02 mol이다.

㉠ 혼합 전 $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL에는 OH^- 0.01 mol이 들어 있으므로 $[\text{OH}^-] = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 pOH는 1이므로 pH는 13이다.

㉡ (나)에서 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 40 mL에 들어 있는 H^+ 의 양은 0.01 mol이고 $\text{NaOH}(aq)$ 80 mL에 들어 있는 OH^- 의 양은 0.008 mol이다. 따라서 (나)는 산성 용액이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

㉢ (가)와 (다)를 혼합하면 $\text{HCl}(aq)$ 100 mL와 $\text{NaOH}(aq)$ 140 mL를 혼합한 것과 같으므로 이 혼합 용액에는 Na^+ 0.014 mol이 들어 있다. 따라서 $[\text{Na}^+] = \frac{0.014 \text{ mol}}{0.24 \text{ L}} = \frac{7}{120} \text{ M}$ 이다.

11 산과 염기의 중화 반응

$x \text{ M HCl}(aq)$ 에 $y \text{ M NaOH}(aq)$ 을 넣었으므로 중화점까지 Cl^- 의 양은 일정하다. 따라서 $\text{NaOH}(aq)$ 50 mL를 넣었을 때 혼합 용액 속 Cl^- 의 양은 0.02 mol이므로 $x = \frac{0.02}{0.1} = 0.2 \text{ M}$ 이다. 또한 혼합 전 H^+ 의 양은 0.02 mol인데 $\text{NaOH}(aq)$ $V \text{ mL}$ 를 넣었을 때 H^+ 의 양은 0.01 mol이므로 반응한 OH^- 의 양은 0.01 mol이다. 또한 $\text{NaOH}(aq)$ 300 mL를 넣었을 때 Na^+ 0.02 mol이 존재하므로 반응한 OH^- 의 양은 0.02 mol이고 이때가 중화점의 부피에 해당되며, $\text{NaOH}(aq)$ $V \text{ mL}$ 를 넣었을 때 반응한 OH^- 의 양은 0.01 mol이 된다. 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 중화점까지 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 부피의 $\frac{1}{2}$ 에 해당하므로 $V = 150$ 이다. $\text{NaOH}(aq)$ 300 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양은 0.02 mol이므로 $y = \frac{0.02}{0.3} = \frac{1}{15} \text{ M}$ 이다. $x = 0.2$ 이므로 $\frac{y}{x} \times V = 50$ 이다.

12 산과 염기의 중화 반응

$\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도를 $n \text{ M}$ 이라고 가정하면 전체 이온의 몰 농도의 합은 $2n \text{ M}$ 이다. $\text{HCl}(aq)$ 20 mL를 넣었을 때 수용액은 염기성 용액이므로 이 수용액에 $\text{HCl}(aq)$ 10 mL와 20 mL를 넣으면 전체 이온의 양(mol)은 같으므로 $2nV = 1 \times (V + 10) = \frac{3}{5} \times (V + 20)$ 이다. 따라서 $V = 5$ 이고 $n = 1.5$ 이다. 1.5 M $\text{NaOH}(aq)$ 5 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양은 모두 $1.5 \times 0.005 = 0.0075 \text{ mol}$ 이고 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 몰 농도를

$z \text{ M}$ 이라고 할 때 10 mL에 들어 있는 H^+ 과 SO_4^{2-} 의 양은 각각 0.02z mol, 0.01z mol이므로 전체 이온의 몰 농도의 합은

$$\frac{(0.0075 + 0.01z + (0.0075 - 0.02z)) \text{ mol}}{0.015 \text{ L}} = \frac{4}{5}, z = \frac{3}{10} \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } x = \frac{(0.0075 + 0.006 + (0.012 - 0.0075)) \text{ mol}}{0.025 \text{ L}} = \frac{0.018}{0.025} = \frac{18}{25} \text{이다.}$$

3점 수능 테스트

본문 189~194쪽

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

01 브뢴스테드·로리 산과 염기

브뢴스테드·로리 산은 양성자(H^+)를 주는 물질, 브뢴스테드·로리 염기는 양성자(H^+)를 받는 물질이다.

㉠ (가)에서 만든 수용액 20 mL의 pH는 1이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이고 (나)에서 만든 수용액 20 mL의 pH는 12이므로 $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이다. 수용액 속 H_3O^+ 의 양(mol)은 OH^- 의 양(mol)보다 크므로 (다)에서 (가)와 (나)를 혼합한 수용액은 산성 용액이다. 따라서 (다)에서 만든 혼합 용액의 $\text{pH} < 7$ 이다.

㉡ HCl 를 물에 녹이면 HCl 는 H_2O 에게 수소 이온을 주고 H_2O 은 HCl 로부터 수소 이온을 받는다. 따라서 ㉠에서 HCl 는 H^+ 을 내놓는다.

㉢ ㉠에서 H_3O^+ 과 OH^- 이 반응할 때 OH^- 은 수소 이온을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

02 브뢴스테드·로리 산과 염기

(가)는 이온 수비가 1 : 1이므로 $\text{HCl}(aq)$ 이고, $\text{CaCl}_2(aq)$ 과 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 에서 이온 수비가 양이온 : 음이온 = 1 : 2이므로 □은 Ca^{2+} 이다. 따라서 ●은 Cl^- 이고 ▲는 OH^- 이며, (나)는 $\text{CaCl}_2(aq)$, (다)는 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 이다.

㉠ ●은 Cl^- 이므로 ㉠은 음이온이다.

㉡ (나)는 중성 용액, (다)는 염기성 용액이므로 수용액의 pH는 (다)가 (나)보다 크다.

㉢ (가)와 (다)를 혼합하면 중화 반응이 일어나므로 ㉠은 수소 이온과 반응하여 물을 생성한다. 따라서 ㉠은 수소 이온을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

03 중화 적정 실험

중화점에서 반응한 H^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)은 같으므로 중화점까지 넣어 준 0.1 M NaOH(aq)의 부피를 측정하여 HA(aq)의 몰 농도를 구할 수 있다.

HA(aq)의 몰 농도를 x M라고 할 때 중화점까지 넣어 준 0.1 M NaOH(aq)의 부피는 15 mL이므로 $x \times 10 = 0.1 \times 15$, $x = 0.15$ 이다. 따라서 HA(aq)의 몰 농도는 0.15 M이다.

04 중화 적정 실험

산 수용액에 들어 있는 H^+ 은 중화점에서 모두 반응하며, 중화점까지 넣어 준 염기 수용액의 몰 농도와 부피를 이용하여 산 수용액의 몰 농도를 구할 수 있다.

㉠. ㉠은 뷰렛으로, 표준 용액을 뷰렛에 넣은 후 산 수용액에 조금씩 떨어뜨린다.

㉡. HCl은 1가 산, H_2SO_4 은 2가 산, NaOH은 1가 염기이다. 제시된 자료를 이용하여 x M HCl(aq)과 y M H_2SO_4 (aq)의 몰 농도를 구하면 다음과 같다.

$$1 \times x \times 10 = 1 \times 0.2 \times 25, x = 0.5$$

$$2 \times y \times 20 = 1 \times 0.2 \times 20, y = 0.1$$

따라서 $x : y = 5 : 1$ 이다.

✕. 실험 I에서 0.5 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양은 $0.5 \times 0.01 = 0.005$ mol이고, 중화점에서 혼합 용액의 부피는

35 mL이므로 Cl^- 의 몰 농도는 $\frac{0.005}{0.035} = \frac{1}{7}$ M이다. 또한 실험

II에서 0.1 M H_2SO_4 (aq) 20 mL에 들어 있는 SO_4^{2-} 의 양은 $0.1 \times 0.02 = 0.002$ mol이고, 중화점에서 혼합 용액의 부피는

40 mL이므로 SO_4^{2-} 의 몰 농도는 $\frac{0.002}{0.04} = \frac{1}{20}$ M이다. 따라서

중화점에서 음이온의 몰 농도비는 실험 I : 실험 II = 20 : 7이다.

05 HCl(aq)과 Ba(OH)₂(aq)의 반응

㉠. Ba(OH)₂(aq)에서 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} = \frac{1}{2}$ 이고, HCl(aq)에서

$\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} = 1$ 이다. Ba(OH)₂(aq)에 HCl(aq)을 넣으면

$\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 는 중화점까지 $\frac{1}{2}$ 이고, HCl(aq)에 Ba(OH)₂(aq)

을 넣으면 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 는 1에서 $\frac{1}{2}$ 로 감소한다.

따라서 A는 Ba(OH)₂이고, B는 HCl이다.

㉡. Ba(OH)₂은 수용액에서 Ba^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되므

로 0.05 M Ba(OH)₂(aq)에 존재하는 모든 이온의 몰 농도의 합은 0.15 M이다.

㉢. 0.05 M Ba(OH)₂ 20 mL에 들어 있는 Ba^{2+} 과 OH^- 의 양은 각각 0.001 mol, 0.002 mol이다. HCl(aq)의 농도는 x M 일 때 x M HCl(aq) 15 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양은 모두 $0.015x$ mol이다. 0.05 M Ba(OH)₂ 20 mL에 x M HCl(aq) 15 mL를 넣은 용액은 산성이므로 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} =$

$$\frac{0.001 + 0.015x - 0.002}{0.015x} = \frac{2}{3}$$

이다. 따라서 $x = 0.2$ 이므로 HCl(aq)의 초기 농도는 0.2 M이다.

06 산 염기 중화 반응

H_2X (aq)에 존재하는 이온 수비가 ● : ○ = 2 : 1이므로 ●은 H^+ , ○은 X^{2-} 이다.

㉠. 과정 I에서 ●(H^+) 수는 1만큼 감소하였고, 과정 II에서 ●(H^+) 수는 3만큼 감소하였으므로 수용액 A 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 1이고, 수용액 B 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 3이므로 [OH^-]는 수용액 B에서가 A에서의 3배이다.

✕. 반응한 ●(H^+) 수는 수용액 B에서가 A에서의 3배이므로 생성된 물의 양(mol)은 II에서가 I에서의 3배이다.

✕. (가)의 부피는 30 mL이고 (나)의 부피는 40 mL이므로 △의 몰 농도비는 (가) : (나) = $\frac{1}{30} : \frac{1}{40} = 4 : 3$ 이다. 따라서 △의 몰 농도는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

07 중화 반응의 양적 관계

HCl(aq)과 Ca(OH)₂(aq)을 혼합했을 때 혼합 용액이 산성 용액이라면 전체 이온의 양(mol)은 Cl^- 의 양(mol)의 2배보다 작고, 염기성 용액이라면 전체 이온의 양(mol)은 Ca^{2+} 의 양(mol)의 3배이다.

(나)는 염기성 용액이므로 Ca(OH)₂(aq) 2V₂ mL에 들어 있는 Ca^{2+} 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 2n mol, 4n mol이다. 만일 (가)가 염기성 용액이라면 전체 이온의 양(mol)은 Ca^{2+} 의 양(mol)의 3배인 3n mol이어야 하는데, 전체 이온의 양은 4n mol이므로 (가)는 산성 용액이다. 따라서 (가)에 넣어 준 HCl(aq) V₁ mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양은 모두 2.5n mol이다. 또한 (나)에서 생성된 물의 양은 2n mol이므로 HCl(aq) V₃ mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양은 모두 2n mol이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL) 및 이온의 종류와 양(mol)				혼합 후 전체 이온의 양(mol)
	HCl(aq)		Ca(OH) ₂ (aq)		
(가)	V ₁	H ⁺ 2.5n Cl ⁻ 2.5n	V ₂	Ca ²⁺ n OH ⁻ 2n	4n
(나)	V ₃	H ⁺ 2n Cl ⁻ 2n	2V ₂	Ca ²⁺ 2n OH ⁻ 4n	6n

㉠ 혼합 전 HCl(aq)의 부피는 이온의 양(mol)에 비례하므로 V₁ : V₃ = 5 : 4이다.

㉡ (가)는 산성 용액이므로 생성된 물의 양(mol)은 넣어 준 OH⁻의 양(mol)과 같다. 따라서 생성된 물의 양은 2n mol이다. ㉢ (가)에는 H⁺ 0.5n mol이 들어 있고, (나)에는 OH⁻ 2n mol이 들어 있으므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액은 염기성 용액이다. 따라서 혼합 용액에 들어 있는 Ca²⁺의 양은 3n mol이므로 전체 음이온의 양은 6n mol이다.

08 중화 반응의 양적 관계

(가)가 산성 용액이라면 혼합 용액에 존재하는 Cl⁻ 수는 5n이다. 이 경우 (나)는 산성 용액이고 (나)에서 HCl(aq) 20 mL에 존재하는 H⁺과 Cl⁻ 수는 모두 10n이고 (나)에 들어 있는 양이온 수는 10n이어야 하므로 제시된 자료에 맞지 않는다. 따라서 (가)는 염기성 용액, (나)는 산성 용액이고 (가)와 (나)에 존재하는 이온의 종류와 수는 다음과 같다.

혼합 용액	이온의 종류와 수	양이온 수
(가)	Na ⁺ 5n, Cl ⁻ 3n, OH ⁻ 2n	5n
(나)	Na ⁺ n, Cl ⁻ 6n, H ⁺ 5n	6n

또한 (가)에서 단위 부피 속에 존재하는 이온의 입자 모형으로부터 ●은 Na⁺, ○은 Cl⁻, ■은 OH⁻임을 알 수 있다.

㉡ HCl(aq) 10 mL에 존재하는 Cl⁻ 수는 3n이고 NaOH(aq) 50 mL에 존재하는 Na⁺ 수는 5n이므로

$$x : y = \frac{3n}{10} : \frac{5n}{50} = 3 : 1 \text{이다.}$$

㉢ (가)에 존재하는 Cl⁻ 수는 3n이고 단위 부피 속에 존재하는 이온의 입자 모형에서 ○ 수는 6이다. (나)의 부피는 30 mL이고, (나)에 존재하는 Cl⁻ 수는 6n이므로 (나)에서 단위 부피 속에 존재하는 ○(Cl⁻)의 수를 x라고 할 때, $\frac{3n}{60} : \frac{6n}{30} = 6 : x$, $x = 24$ 이다. 따라서 (나)의 ㉠에서 ○(Cl⁻) 수는 24이다.

㉣ (가)와 (나)를 혼합한 용액에는 H⁺ 3n이 존재하고, 2y M NaOH(aq) 15 mL 속에는 OH⁻ 3n이 존재하므로 이 용액에서 H⁺, OH⁻은 모두 반응한다. 따라서 이 혼합 용액은 중성이다.

09 중화 적정에서의 양적 관계

HCl(aq)에 염기 수용액을 넣을 때 중화점까지 생성된 물의 양(mol)은 중화점까지 넣어 준 OH⁻의 양(mol)과 같다.

중화점까지 생성된 물의 양은 0.02 mol이므로 NaOH(aq) 20 mL와 Ca(OH)₂(aq) 40 mL에 들어 있는 OH⁻의 양은 모두 0.02 mol이다. 따라서 몰 농도비는 $a : b = \frac{0.02}{20} : \frac{0.02}{40} \times \frac{1}{2} = 4 : 1$ 이다.

HCl(aq)에 넣어 준 Ca(OH)₂(aq)의 부피가 20 mL일 때 이 용액에 존재하는 OH⁻의 양은 0.01 mol이다. NaOH(aq)에 존재하는 OH⁻의 양이 0.01 mol일 때 부피는 V₁ mL이므로 V₁ = 10이다. Ca(OH)₂(aq) 10 mL에 존재하는 OH⁻의 양은 0.005 mol이고 Ca²⁺의 양은 0.0025 mol이다.

(가)에서 Ca(OH)₂(aq) 10 mL를 넣었을 때 혼합 용액에는 Cl⁻ 0.02 mol, H⁺ 0.015 mol, Ca²⁺ 0.0025 mol이 존재하므로 모든 이온의 몰 농도 합은

$$x = \frac{0.02 + 0.015 + 0.0025}{0.02} = \frac{15}{8} \text{ (M)이다.}$$

따라서 $\frac{a}{b} \times x = 4 \times \frac{15}{8} = 7.5$ 이다.

10 중화 반응의 양적 관계

X 이온은 H₂A(aq)에 들어 있는 이온이므로 X 이온은 H⁺ 또는 A²⁻ 중 하나인데, (라) 과정 후 혼합 용액은 중성 용액이므로 X 이온은 A²⁻이다. [A²⁻]는 혼합 전 H₂A(aq)에서 (나) 과정 후 혼합 용액에서의 3배이므로 (나) 과정 후 혼합 용액의 부피는 3V₁ mL이다. 따라서 V₁ = 10이고 H₂A(aq) 10 mL에 들어 있는 A²⁻의 양은 0.03n mol, H⁺의 양은 0.06n mol이다. 한편 Y 이온은 Na⁺이고 (나) 과정 후 혼합 용액에는 0.8n × 0.03 = 0.024n mol이 들어 있으므로 NaOH(aq)의 몰 농도(M)는

$$b = \frac{0.024n}{0.02} = 1.2n \text{이다. 또한 (다)에서 (나)의 혼합 용액의 10 mL를 취하였으므로 10 mL에 들어 있는 A²⁻의 양은 0.01n mol, Na⁺의 양은 0.008n mol이다. 이 혼합 용액에 c M KOH(aq) V₂ mL를 넣었을 때 [Na⁺] = 0.32n M이므로}$$

$$\frac{0.008n}{\frac{10 + V_2}{1000}} = 0.32n, V_2 = 15 \text{이다.}$$

(라) 과정 후 혼합 용액의 부피는 25 mL이고 A²⁻의 양은 0.01n mol이므로 [A²⁻]는 $dn = \frac{0.01n}{0.025} = 0.4n$, $d = 0.4$ 이다.

한편 (다) 과정 후 혼합 용액 속 H⁺의 양은 0.012n mol이 들어 있고, 여기에 c M KOH(aq) 15 mL를 넣었을 때 모두 중화되었으므로 KOH(aq) 15 mL에는 OH⁻ 0.012n mol이 들어 있다.

따라서 c M KOH(aq)의 몰 농도(M)는

$$c = \frac{0.012n}{\frac{15}{1000}} = 0.8n \text{이다. } b = 1.2n, c = 0.8n, d = 0.4 \text{이므로}$$

$$\frac{b}{c} \times d = \frac{1.2n}{0.8n} \times 0.4 = 0.6 \text{이다.}$$

11 염기와 산의 중화 반응

NaOH(aq)과 H₂SO₄(aq)의 중화 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



NaOH(aq)에 H₂SO₄(aq)을 넣으면 OH⁻ 2개가 반응하여 소모될 때 SO₄²⁻ 1개가 증가하므로 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = 1$ 에서

증가하다가 중화점부터 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = 2$ 가 된다.

(다)에서 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = \frac{4}{3}$ 로 중화점 이전이므로 혼합 용액의 액성은 염기성이고, 양이온은 Na⁺, 음이온은 OH⁻, SO₄²⁻이 있다. Na⁺의 양을 $4N$ mol이라고 하면, 전체 음이온의 양은 $3N$ mol이고, 전하량이 같아야 하므로 OH⁻의 양은 $2N$ mol, SO₄²⁻의 양은 N mol이다. 따라서 (다)까지 넣어 준 H₂SO₄(aq)의 부피는 중화점의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

✕. (다)에는 OH⁻이 들어 있으므로 (다)는 염기성 용액이다.

㉠. x M NaOH(aq) 40 mL를 모두 중화시키기 위해 필요한 0.2 M H₂SO₄(aq)의 부피는 40 mL이므로

$$1 \times x \times 40 = 2 \times 0.2 \times 40, x = 0.4 \text{이다.}$$

㉡. (나)에는 Na⁺ $4N$ mol, OH⁻ $3N$ mol, SO₄²⁻ $0.5N$ mol이 들어 있다. 따라서 (나)에서 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = \frac{4N}{3.5N} = \frac{8}{7}$ 이다.

12 중화 반응의 양적 관계

(나)와 (다)에서 $2x$ M NaOH(aq) V mL에 y M H₂SO₄(aq) 10 mL와 x M HCl(aq) 20 mL를 첨가하여 만든 혼합 용액 II는 중성 용액이므로 혼합 용액에 들어 있는 양이온은 Na⁺이고, 양은 0.02 mol이다. 따라서 $2x$ M NaOH(aq) V mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양은 모두 0.02 mol이다. 또한 y M H₂SO₄(aq) 10 mL를 첨가하였을 때 생성된 물의 양은 0.01 mol이므로 y M H₂SO₄(aq) 10 mL에 들어 있는 H⁺의 양은 0.01 mol, SO₄²⁻의 양은 0.005 mol이고 $y = \frac{0.005}{0.01} = 0.5$ 이다.

한편 y M H₂SO₄(aq) 10 mL를 첨가하였을 때 혼합 용액에는 Na⁺ 0.02 mol, OH⁻ 0.01 mol, SO₄²⁻ 0.005 mol이 들어 있는데 여기에 x M HCl(aq) 20 mL를 첨가해도 감소한 OH⁻의 양(mol)과 증가한 Cl⁻의 양(mol)이 같으므로 모든 음이온의 양(mol)은 일정하다. 따라서 $\frac{0.015 \text{ mol}}{\frac{V+30}{1000} \text{ L}} = 0.3 \text{ M}$ 이므로

$V = 20$ 이다. $2x$ M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 Na⁺과 OH⁻의 양은 모두 0.02 mol이므로 $2x = \frac{0.02}{0.02}$, $x = 0.5$ 이고 HCl(aq)의 몰 농도는 0.5 M이다. 0.5 M HCl(aq) 40 mL를 넣어 주면 이 혼합 용액은 산성이므로 모든 음이온의 양은 0.025 mol이다. 혼합 용액에 존재하는 모든 음이온의 몰 농도(M) 합을 구하면 $z = \frac{0.025}{0.07} = \frac{25}{70} = \frac{5}{14}$ 이다.

$$x = \frac{1}{2}, y = \frac{1}{2}, z = \frac{5}{14} \text{이므로 } \frac{x \times y}{z} = \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}{\frac{5}{14}} = 0.7 \text{이다.}$$

12

산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

2점 수능 테스트

본문 208~210쪽

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

01 산화 환원 반응

(가)에서 S의 산화수는 H_2S 에서 -2 , S에서 0 이고, Cl의 산화수는 Cl_2 에서 0 , HCl 에서 -1 이다. (나)에서 Cu의 산화수는 CuO 에서 $+2$, Cu에서 0 이며, H의 산화수는 H_2 에서 0 , H_2O 에서 $+1$ 이다. (다)에서 C의 산화수는 CH_4 에서 -4 , CO_2 에서 $+4$ 이고 O의 산화수는 O_2 에서 0 , CO_2 와 H_2O 에서 모두 -2 이다.

✕. H의 산화수는 (가)에서 변하지 않고, (나)에서 0 에서 $+1$ 로 증가한다.

⊙. CO_2 에서 C의 산화수는 $+4$ 이므로 (가)~(다)의 반응물과 생성물 중 산화수가 가장 큰 원자를 포함하는 것은 CO_2 이다.

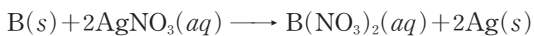
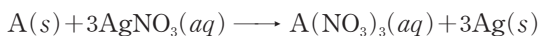
✕. (나)와 (다)에서 산화제는 각각 CuO 와 O_2 이다. (나)에서 CuO 1 mol이 반응할 때 H_2O 1 mol이 생성되고, (다)에서 O_2 1 mol이 반응할 때 H_2O 1 mol이 생성되므로 산화제 1 mol이 반응할 때 생성되는 H_2O 의 양(mol)은 (나)와 (다)에서 같다.

02 금속과 금속 이온의 반응

$\text{HCl}(aq)$ 에 $A(s)$ 를 넣었을 때 $\text{H}_2(g)$ 가 발생하였으므로 A는 산화되고 H^+ 은 환원된다. 또한 $\text{AgNO}_3(aq)$ 에 $A(s)$, $B(s)$ 를 넣었을 때 모두 반응했으므로 A와 B는 산화되고 Ag^+ 은 환원된다.

⊙. (가)와 (나)에서 A는 모두 반응하여 A^{3+} 이 생성되므로 산화수는 모두 증가한다.

✕. A와 B가 AgNO_3 과 각각 반응할 때 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 A와 B 0.1 mol이 각각 반응했을 때 석출되는 $\text{Ag}(s)$ 의 양은 각각 0.3 mol, 0.2 mol이다.

✕. (가)에서 $\text{H}_2(g)$ 가 발생하였으므로 A는 산화되고 H^+ 은 환원된다. 따라서 (가)에서 $\text{HCl}(aq)$ 은 산화제이다. (다)에서 반응이 일어나지 않았으므로 B는 산화되지 않고, H^+ 은 환원되지 않는다. 따라서 (다)에서 $\text{HCl}(aq)$ 은 산화제가 아니다.

03 산화수

산화수는 공유 결합을 이루는 두 원자에서 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 가진다고 가정하여 구한다. (가)에서 X는 H 원자 4 개와 단일 결합을 형성하므로 X는 14 족 원소이고 (나)에서 X는 Y와 2 중 결합을 형성하므로 Y는 16 족 원소이며, (다)에서 X는 Z와 단일 결합을 형성하므로 Z는 17 족 원소이다. X~Z는 모두 2 주기 원소이므로 전기 음성도는 $Z > Y > X$ 이다. (가)에서 전기 음성도가 $X > \text{H}$ 이므로 X의 산화수는 -4 이다. (나)에서 X는 H 원자로부터 전자 2 개를 가져오지만 Y 원자에게 전자 2 개를 주므로 X의 산화수는 0 이다. (다)에서 X와 X 사이의 결합은 무극성 공유 결합이고 X는 Z에게 전자를 1 개 주므로 X의 산화수는 $+1$ 이다. 따라서 X의 산화수는 (가)에서 -4 , (나)에서 0 , (다)에서 $+1$ 이다.

04 산화 환원 반응과 산화수

⊙. (나)에서 NO 와 $\frac{1}{2}\text{O}_2$ 가 반응하여 A가 생성되므로 A는 NO_2 이다.

⊙. NO_2 에서 N의 산화수는 $+4$ 이고 NO 에서 N의 산화수는 $+2$ 이므로 (가)에서 N의 산화수는 감소한다.

✕. (나)에서 N의 산화수는 $+2$ 에서 $+4$ 로 증가하므로 산화되고 O의 산화수는 0 에서 -2 로 감소하므로 환원된다. 따라서 O_2 는 산화제이다.

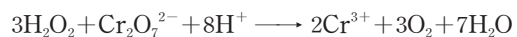
05 산화 환원 반응의 계수 맞추기

공유 결합 물질에서 공유 결합을 이루고 있는 두 원자의 전기 음성도에 따라 산화수가 결정되며, Cl는 전기 음성도가 큰 O와 공유 결합을 이루고 있을 때 양의 산화수를 갖는다.

⊙. KClO_3 에서 K는 1 족 원소이므로 산화수가 $+1$ 이고 O의 산화수는 -2 이므로 Cl의 산화수는 $+5$ 이다.

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 에서 O의 산화수는 -2 이므로 Cr의 산화수는 $+6$ 이다. 따라서 Cl와 Cr의 산화수 차는 1 이다.

⊙. (가)에서 반응 전후 원자 수를 맞추면 $a=2$, $b=3$ 이다. (나)에서 O의 산화수는 -1 에서 0 으로 증가하고 Cr의 산화수는 $+6$ 에서 x 로 감소한다. 또한 $a=2$ 이므로 $c=1$ 이고 $b=3$ 이므로 $6+d=2e$, $6+7=6+e$ 이므로 $e=7$, $d=8$ 이다.



따라서 증가한 총 산화수와 감소한 총 산화수가 같으므로 $x=3$ 이다.

✕. (나)에서 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 은 환원되므로 산화제로 작용한다.

06 산화 환원 반응

⊙. (가)에서 O의 산화수는 0 에서 -2 로 감소하므로 O_2 는 환원된다.

×. (나)에서 Br의 산화수는 -1에서 0으로 증가하고 Cl의 산화수는 0에서 -1로 감소하며 Mg의 산화수는 변하지 않는다. MgBr₂은 환원제이다.

㉔. (가)에서 환원제는 H₂이고 H₂ 1 mol이 반응할 때 생성되는 액체의 양은 1 mol이다. (나)에서 환원제는 MgBr₂이고 MgBr₂ 1 mol이 반응할 때 생성되는 액체의 양은 1 mol이다.

07 산화 환원 반응식 계수 맞추기

화학 반응식에서 Mn의 산화수는 +7에서 +2로 감소하고 H와 O의 산화수는 변하지 않으므로 Co의 산화수는 +2에서 +x로 증가하고 Co²⁺ 1 mol이 반응할 때 H₂O 0.8 mol이 생성되므로 a : d = 5 : 4이다. 산화 환원 반응에서 증가한 산화수와 감소한 산화수는 같으므로 a = 5일 때 d = 4이므로 b = 1, c = 8이고, b = 1 × (7 - 2) = 5 × (x - 2)이므로 x = 3이다.

따라서 $\frac{b}{a} \times x = \frac{3}{5}$ 이다.

08 발열 반응과 흡열 반응

열을 방출하는 반응은 발열 반응이고, 열을 흡수하는 반응은 흡열 반응이다.

- ㉑. X는 물을 전기 분해하여 얻을 수 있는 청정 연료이므로 H₂이다.
- ㉒. 수소와 산소가 반응할 때 열이 발생하므로 ㉑에서 일어나는 과정은 발열 반응이다.
- ㉓. 기화는 액체가 기체로 상태가 변화하는 현상이고, 물질의 에너지는 기체가 액체보다 크므로 기화가 일어날 때 열을 흡수한다. 따라서 ㉑이 일어나는 과정에서 열을 흡수한다.

09 발열 반응과 흡열 반응

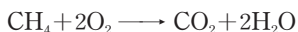
(가) 광합성의 화학 반응식은 다음과 같다.



광합성이 일어날 때 햇빛을 이용하므로 흡열 반응이고, C와 O의 산화수가 변하므로 산화 환원 반응이다.

(나) 물이 얼음으로 응고될 때 열을 방출하므로 발열 반응이지만 상태 변화이므로 산화 환원 반응이 아니다.

(다) CH₄의 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



연소가 일어날 때 열을 방출하므로 발열 반응이고 C와 O의 산화수가 변하므로 산화 환원 반응이다. 따라서 산화 환원 반응이면서 발열 반응인 것은 (다)이다.

10 발열 반응

중화 반응이 일어날 때 열을 방출하므로 중화 반응은 발열 반응이다.

㉑. NaOH(s) 0.4 g은 $\frac{0.4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$ 이고 0.5 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 HCl의 양은 0.5 M × 0.01 L = 0.005 mol이므로 중화 반응에 의해 생성된 물의 양은 0.005 mol이다.

㉒. (가)에서 물에 NaOH(s)을 용해시켰을 때 수용액의 온도는 25°C보다 높으므로 NaOH(s)이 물에 용해될 때 열을 방출한다.

㉓. (나)에서 HCl(aq)과 NaOH(aq)이 반응할 때 열을 방출하고, 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 H⁺(aq) + OH⁻(aq) → H₂O(l)이므로 H⁺(aq) + OH⁻(aq) → H₂O(l)의 반응은 발열 반응이다.

11 발열 반응과 흡열 반응

- ㉑. 얼음이 녹아 물이 될 때 주위로부터 열을 흡수한다.
- ㉒. 공기 중 수증기가 물이 될 때 열을 방출한다.
- ㉓. 뷰테인이 연소할 때 열을 방출하며 뷰테인은 산화되고 산소는 환원된다.
- ㉔. 물이 열을 흡수하여 수증기가 된다.
- ㉕. 산화 환원 반응은 ㉑ 1가지이다.
- ㉖. ㉑과 ㉔은 발열 반응이다.
- ×. 열을 흡수하는 반응은 ㉑과 ㉔이고, ㉓은 열을 방출하는 반응이다.

12 발열 반응과 흡열 반응

HCl(aq)에 NaOH(s)을 넣어 반응시켰을 때 수용액의 온도가 높아졌으므로 발열 반응이고, 물에 NH₄NO₃(s)을 넣어 용해시켰을 때 수용액의 온도가 낮아졌으므로 흡열 반응이다.

×. (가)에서 NaOH(s)과 HCl(aq)이 반응할 때 산화수 변화가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

㉑. (나)에서 NH₄NO₃(s)을 물에 녹였을 때 온도가 낮아졌으므로 (나)에서 반응이 일어날 때 열을 흡수한다.

㉒. (가)와 (나)에서 반응이 일어날 때 수용액의 온도가 높아지거나 낮아지므로 수용액의 온도 변화로 열의 출입을 알 수 있다.

3점 수능 테스트

본문 211~216쪽

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

01 산화 환원 반응

대부분의 화합물에서 산소(O)의 산화수는 -2 이지만 H_2O_2 에서 O의 산화수는 -1 이다. 따라서 (다)에서 O의 산화수는 -1 에서 -2 로 감소하고 Cl의 산화수는 -1 에서 0 으로 증가하므로 H_2O_2 는 산화제, HCl은 환원제이다.

- ㉠ 반응 전후 원자의 종류와 수는 같으므로 ㉠은 Cl_2 이다.
 ✕. (가)에서 H_2O 은 산화되거나 환원되지 않으므로 환원제가 아니다.
 ✕. (나)에서 산화제는 Na^+ 이므로 Na^+ 1 mol이 반응할 때 Na 1 mol과 Cl_2 0.5 mol이 생성된다. (다)에서 산화제는 H_2O_2 이므로 H_2O_2 1 mol이 반응할 때 Cl_2 1 mol과 H_2O 2 mol이 생성된다. 따라서 산화제 1 mol이 반응할 때 생성물의 총 양(mol)은 (다)에서가 (나)에서의 2배이다.

02 철의 산화

- ㉠ 반응이 완결되었을 때 생성된 Fe_2O_x 의 질량은 8 g이므로 Fe_2O_x 에 포함된 Fe의 질량은 5.6 g, O의 질량은 2.4 g이다. 따라서 원자의 몰비는 $Fe : O = \frac{5.6}{56} : \frac{2.4}{16} = 2 : 3$ 이므로 $x=3$ 이다.
 ㉡ Fe_2O_3 에서 Fe의 산화수는 $+3$ 이므로 용기 속에서 Fe이 반응할 때 Fe의 산화수는 증가한다.
 ✕. Fe이 산화되므로 O_2 는 산화제이다. 반응이 완결되었을 때 반응한 O_2 의 질량은 2.4 g이므로 $\frac{2.4 g}{32 g/mol} = \frac{3}{40}$ mol이다.

03 산화 환원 반응식의 계수 맞추기

- 산화 반응과 환원 반응은 동시에 일어나므로 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합은 같다.
 ✕. 제시된 화학 반응식에서 Cu의 산화수는 0에서 $+2$ 로 증가하고 N의 산화수는 $+5$ 에서 $+2$ 로 감소하므로 $x=2$, $y=3$ 이다.
 ㉠ $3Cu + aHNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + bH_2O$ 에서 $a=2b$, $3a=18+2+b$ 이므로 $a=8$, $b=4$ 이다.
 ㉡ 반응 몰비는 $HNO_3 : NO = 4 : 1$ 이므로 HNO_3 1 mol이 반응할 때 NO 0.25 mol이 생성된다.

04 전기 음성도와 산화수

(가)에서 X는 4개의 공유 전자쌍을 갖고 있으므로 14족 원소인 C

이고, (다)에서 X와 Y는 단일 결합을 형성하므로 Y는 17족 원소인 F이다. 또한 (라)에서 X와 Z는 2중 결합을 형성하므로 Z는 16족 원소인 O이다. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도가 증가하므로 전기 음성도는 $Y > Z > X$ 이다.

✕. Y의 전기 음성도가 가장 크므로 (나)에서 Y의 산화수는 -1 이다.

㉠ Z의 산화수는 (나)에서 $+2$, (라)에서 -2 이다.

㉡ 전기 음성도는 $Y > X > H$ 이므로 (가)에서 X의 산화수는 -4 이고, (라)에서 X의 산화수는 $+4$ 이다.

따라서 $XH_4 + 2Z_2 \longrightarrow XZ_2 + 2H_2Z$ 반응이 일어날 때 X의 산화수는 8만큼 증가한다.

05 금속과 금속 이온의 산화 환원 반응

금속과 금속 이온의 반응에서 용액 속 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량은 같으므로 반응이 일어날 때 증가한 총 산화수와 감소한 총 산화수는 같다.

㉠ (가)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 A^{2+} 은 환원되므로 산화제이다.

✕. (나)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



반응이 일어날 때 A의 산화수는 2만큼 감소하고, C의 산화수는 3만큼 증가하지만 A^{2+} 3 mol이 반응할 때 C^{3+} 2 mol이 생성되므로 증가한 총 산화수와 감소한 총 산화수는 같다.

✕. (가)와 (나)의 비커에 들어 있는 A^{2+} 의 양은 모두 0.03x mol이므로, 생성되는 B^+ 의 양은 0.06x mol, C^{3+} 의 양은 0.02x mol이므로 $y=0.06x$, $z=0.02x$ 이다. 따라서 $y+z=0.08x$ 이다.

06 산화 환원 반응과 산화수 변화

㉠ (가)와 (나)에서 Mg과 Zn의 산화수는 모두 증가하였으므로 ㉠으로 '금속의 산화수는 증가한다.'는 적절하다.

㉡ (가)에서 Mg의 산화수는 증가하고 O의 산화수는 감소하므로 $O_2(g)$ 는 산화제이다.

㉢ (나)에서 Zn과 O_2 가 반응할 때 Zn은 전자 2개를 잃고 ZnO으로 산화되므로 ZnO 1 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

07 중화 반응과 발열 반응

$NaOH(s)$ 을 물에 녹였을 때 수용액의 온도가 높아졌으므로 $NaOH(s)$ 용해 반응은 발열 반응이다. 또한 $NaOH(aq)$ 에 $HCl(aq)$ 을 넣었을 때 수용액의 온도가 높아졌으므로 중화 반응은 발열 반응이다.

㉠. (나)에서 $\text{NaOH}(s)$ 을 25°C 의 물에 녹였을 때 수용액의 온도가 27°C 로 높아졌으므로 $\text{NaOH}(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.

㉡. (나) 과정 후 $\text{NaOH}(aq)$ 에 들어 있는 OH^- 은 0.01 mol 이고 $0.2 \text{ M HCl}(aq)$ 100 mL 에는 H^+ 0.02 mol 이 들어 있으므로 (다)에서 $0.2 \text{ M HCl}(aq)$ 100 mL 를 넣었을 때 생성된 H_2O 의 양은 0.01 mol 이다.

㉢. (다)의 열량계에는 H^+ 이 들어 있으므로 $0.2 \text{ M HCl}(aq)$ 50 mL 를 추가로 넣어도 중화 반응은 일어나지 않는다. 따라서 수용액의 온도는 29°C 보다 낮다.

08 액체 질소의 기화

액체 질소가 기화될 때 열을 흡수하므로 공기 중 수증기는 얼음으로 승화되고, 공기 중 산소는 액체로 액화된다.

㉠. ㉠은 액체 질소가 기체 질소로 상태가 변하는 기화이고, ㉡은 기체가 고체로 상태가 변한다.

㉢. ㉠은 상변화이므로 산화 환원 반응이 아니고, ㉡은 연소 반응이므로 산화 환원 반응이다.

㉣. ㉠은 기체가 고체로 되는 현상이므로 열을 방출하는 발열 반응이고, ㉡은 연소 반응이므로 발열 반응이다.

09 발열 반응과 흡열 반응

발열 반응은 열을 방출하는 반응이고, 흡열 반응은 열을 흡수하는 반응이다. 수용액의 열용량이 같으므로 물질을 용해시킬 때 방출 또는 흡수하는 열량은 용액의 온도 변화에 비례한다.

㉠. $Y(s)$ $2w \text{ g}$ 을 물에 녹일 때가 $Y(s)$ $w \text{ g}$ 을 물에 녹일 때보다 열을 더 많이 흡수하므로 수용액의 최종 온도는 (다)에서가 (라)에서보다 높다. 따라서 $t < 22$ 이다.

㉡. $X(s)$ 를 물에 용해시켰을 때 용액의 온도가 높아졌으므로 $X(s)$ 가 물에 녹는 반응은 발열 반응이다.

㉣. 물에 대한 용해 반응이 발열 반응일 때 열량계 내부의 온도가 높아지고, 흡열 반응일 때 열량계 내부의 온도가 낮아지므로 열량계 내부의 온도 변화로 반응에서의 열 출입을 알 수 있다.

10 산화 환원 반응과 발열 및 흡열 반응

$\text{CH}_4(g)$ 의 연소는 산화 환원 반응이면서 발열 반응이고 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 응고는 발열 반응이다. 또한 광합성은 산화 환원 반응이면서 흡열 반응이다. 반응 B는 분류 기준 ㉠에 해당되므로 ㉠은 '흡열 반응이다.'이고 분류 기준 ㉡으로 A와 B가 해당되므로 ㉡은 '산화 환원 반응이다.'이고 A는 $\text{CH}_4(g)$ 의 연소이다. 따라서 ㉣은 '발열 반응이다.'이고 C는 분류 기준 ㉢에 해당되므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 응고이다.

㉠. B는 분류 기준 ㉠과 ㉡에 해당되므로 '광합성'이다.

㉡. 분류 기준 ㉣은 '산화 환원 반응이다.'이다.

㉢. 중화 반응은 발열 반응이므로 분류 기준 ㉢에 해당한다.

11 흡열 반응

물질을 물에 용해시키는 과정이 흡열 반응일 때 물질이 용해되면서 열을 흡수하므로 수용액의 온도는 내려간다.

㉠. (다) 과정에서 녹지 않고 남은 $X(s)$ 가 있으므로 (다) 과정 후 $X(s)$ 와 $X(aq)$ 은 동적 평형을 이루고 있다.

㉡. $X(s)$ 를 물에 용해시킬 때 수용액의 온도가 낮아지므로 $X(s)$ 가 물에 용해되는 과정은 흡열 반응이다.

㉣. (다)에서 $t_1^\circ\text{C}$ $X(s)$ 20 g 을 수용액에 녹이면 일부가 용해되면서 열을 흡수하므로 수용액의 온도는 $t_1^\circ\text{C}$ 보다 낮아진다. 따라서 $t_1 > t_2$ 이다.

12 반응의 분류

I은 물의 기화, II는 물의 분해, III은 탄소의 연소 반응이며, 이 중 II와 III은 산화 환원 반응이다.

분류 기준 (가)의 '예'에 해당하는 반응 II, III은 모두 산화 환원 반응에 해당하므로 분류 기준 (가)로 '산화 환원 반응인가?'는 적절하다. 분류 기준 (나)의 '예'에 해당하는 반응은 I인데 이 반응은 물이 수증기로 상이 변화되는 것이므로 상변화에 해당하며, II, III은 상변화가 아니다. 따라서 분류 기준 (나)로 '상변화인가?'는 적절하다.

또한 II는 흡열 반응, III은 발열 반응이므로 (가)로 '발열 반응인가?'를 사용할 수 없으며, 연소 반응은 III만 해당되므로 (가)로 '연소 반응인가?'를 사용할 수 없다.

01 우리 생활 속의 화학

2점 수능 테스트 본문 13~14쪽

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

3점 수능 테스트 본문 15~19쪽

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

04 원자의 구조

2점 수능 테스트 본문 63~64쪽

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

3점 수능 테스트 본문 65~69쪽

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

02 화학식량과 몰

2점 수능 테스트 본문 29~30쪽

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

3점 수능 테스트 본문 31~36쪽

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

05 현대적 원자 모형과 전자 배치

2점 수능 테스트 본문 79~81쪽

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

3점 수능 테스트 본문 82~87쪽

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

03 화학 반응식과 용액의 농도

2점 수능 테스트 본문 46~48쪽

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

3점 수능 테스트 본문 49~54쪽

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

06 원소의 주기적 성질

2점 수능 테스트 본문 97~99쪽

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

3점 수능 테스트 본문 100~105쪽

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

07 이온 결합

2점 수능 테스트 본문 115~116쪽

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

3점 수능 테스트 본문 117~120쪽

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

10 동적 평형

2점 수능 테스트 본문 170~171쪽

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

3점 수능 테스트 본문 172~176쪽

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

08 공유 결합과 결합의 극성

2점 수능 테스트 본문 131~133쪽

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

3점 수능 테스트 본문 134~140쪽

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

11 산 염기와 중화 반응

2점 수능 테스트 본문 186~188쪽

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

3점 수능 테스트 본문 189~194쪽

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

09 분자의 구조와 성질

2점 수능 테스트 본문 150~152쪽

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

3점 수능 테스트 본문 153~158쪽

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

12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

2점 수능 테스트 본문 208~210쪽

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

3점 수능 테스트 본문 211~216쪽

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

고2~N수 수능 집중 로드맵

과목	수능 입문	기출 / 연습	연계+연계 보완	고난도	모의고사
국어	수능 감(感)잡기		수능연계교재의 국어 어휘	수능연계완성 3/4주 특강 고난도 · 신유형	FINAL 실전모의고사
영어		수능 기출의 미래	수능연계교재의 VOCA 1800 수능연계 기출 Vaccine VOCA		만점마무리 봉투모의고사
수학	수능특강 Light	강의노트 수능개념	연계 수능특강	수능의 7대 함정	만점마무리 봉투모의고사 RED EDITION
한국사 사회		수능특강Q 미니모의고사	수능완성	박봄의 사회 · 문화 표 분석의 패턴	고난도 시크릿X 봉투모의고사
과학					

구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	수능 감(感) 잡기	동일 소재 · 유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	국/영
	수능개념	EBSi 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전영역
기출/연습	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전영역
	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고퀄리티 미니모의고사	●	전영역
연계 + 연계 보완	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문 · 자료 · 문항 분석	●	전영역
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품 · 지문과 연결된 기출문제 학습	●	국/영
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어 · 영어 지문 분석	●	국/영
	수능연계교재의 국어 어휘	수능 지문과 문항 이해에 필요한 어휘 학습서	●	국어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
고난도	수능연계완성 3/4주 특강	단기간에 끝내는 수능 킬러 문항 대비서	●	국/수/영/과
	수능의 7대 함정	아깝게 틀리기 쉬운 영역별 수능 함정 문제 유형 분석	●	국/수/영/사/과
	박봄의 사회 · 문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회 · 문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
모의고사	FINAL 실전모의고사	수능 동일 난도의 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실제 훈련 모의고사	●	전영역
	만점마무리 봉투모의고사 RED EDITION	신규 문항 2회분으로 국어 · 수학 · 영어 논스톱 모의고사	●	국/수/영
	고난도 시크릿X 봉투모의고사	제대로 어려운 고퀄리티 최고난도 모의고사	●	국/수/영

MEMO