수능특강

과학탐구영역

화 학 Ⅰ

정답과 해설

01 우리 생활 속의 화학

수능 2점 테스트

본문 10~11쪽

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

01 식량 문제 해결에 기여한 화학

하버와 보슈는 질소 기체와 수소 기체를 반응시켜 암모니아를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.
㉠. ㉠은 '질소'이다.
㉡. ㉡은 암모니아로 화학식은 NH_3이다.
✗. 액화 천연 가스(LNG)의 주성분은 메테인(CH_4)이다.

02 주거 문제 해결에 기여한 화학

시멘트는 석회석과 점토를 섞어 만들며, 건축과 토목에서 접착제로 사용하고, 콘크리트는 시멘트에 모래, 자갈, 물 등을 섞어 만든다.
㉠. (가)는 시멘트, (나)는 콘크리트이다.
㉡. 콘크리트에 철근을 넣어 만든 철근 콘크리트는 일반 콘크리트보다 강도가 높다.
㉢. 스타이로폼은 가볍고 단열 효과가 뛰어나므로 주로 단열재로 사용된다. 따라서 '가볍고 단열 효과가 뛰어나다.'는 ㉠으로 적절하다.

03 탄소 화합물의 유용성

플라스틱은 탄소 화합물이고, 폴리에스터는 합성 섬유이다.
㉠. ㉠은 탄소 화합물이다.
✗. ㉡은 합성 섬유이다.
㉢. 합성 섬유는 대량 생산이 가능한 장점이 있다.

04 탄소 화합물의 유용성

탄소 화합물은 탄소(C) 원자를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 공유 결합하여 이루어진 물질이다.
㉠. ㉠은 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 수용액은 산성이다.
㉡. ㉠과 ㉡은 모두 탄소 화합물이다.
㉢. ㉠과 ㉡은 모두 완전 연소시켰을 때, CO_2와 H_2O이 생성된다.

05 탄소 화합물의 유용성

LNG의 주성분은 메테인(CH_4)이고, LPG의 주성분은 프로페인(C_3H_8)과 뷰테인(C_4H_{10})이다.
㉠. ㉠은 메테인(CH_4)이다.
✗. ㉡을 완전 연소시켰을 때, 생성되는 $\frac{CO_2\text{ 분자 수}}{H_2O\text{ 분자 수}}=\frac{3}{4}$이므로 1보다 작다.
✗. ㉠과 ㉡은 탄소 화합물이고, ㉢은 탄소 화합물이 아니다.

06 화학의 유용성

나일론은 최초의 합성 섬유이다.
✗. ㉠은 탄소 화합물이 아니다.
㉡. '합성 섬유'는 (가)로 적절하다.
㉢. 플라스틱은 대량 생산이 가능한 장점이 있다.

07 화학의 유용성

X는 아세트산(CH_3COOH)이다.
✗. X는 3가지 원소(H, C, O)로 구성되어 있다.
㉡. X는 아스피린 등 의약품 제조에 사용된다.
✗. X는 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 수용액은 산성이다. 따라서 '산성'은 ㉠으로 적절하다.

08 화학의 유용성

(가)~(다)는 각각 포도당($C_6H_{12}O_6$), 암모니아(NH_3), 에탄올(C_2H_5OH)이다.
㉠. 식물은 광합성을 통해 포도당($C_6H_{12}O_6$)을 생성한다.
㉡. 구성 원소의 가짓수는 (가)와 (나)가 각각 3, 2이다.
㉢. $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$는 NH_3와 C_2H_5OH이 각각 $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$이므로 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$의 비는 (나) : (다)=9 : 8이다.

수능 3점 테스트

본문 12~14쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ② 04 ③ 05 ⑤ 06 ④

01 탄소 화합물의 유용성

탄소 화합물은 탄소(C) 원자를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 공유 결합하여 이루어진 물질이다.
㉠. 메테인(CH_4)은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.
㉡. CH_4은 C 원자와 H 원자로 이루어진 탄소 화합물이다.
㉢. CH_4은 탄소 화합물이므로 완전 연소시키면 CO_2가 생성된다.

02 탄소 화합물의 유용성

(가)~(다)는 각각 에탄올(C_2H_5OH), 아세트산(CH_3COOH), 아세톤(CH_3COCH_3)이다.
㉠. (가)는 에탄올(C_2H_5OH)이다.

㉡. 아세트산(CH_3COOH)은 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 수용액은 산성이다.

㉢. 완전 연소시켰을 때, 생성되는 $\frac{CO_2\text{ 분자 수}}{H_2O\text{ 분자 수}}$는 (나)와 (다)가 1로 같다.

03 탄소 화합물의 유용성

(가)는 에탄올(C_2H_5OH)이고, (나)는 뷰테인(C_4H_{10})이다.

✕. (가)는 에탄올(C_2H_5OH)이다.

㉡. 뷰테인(C_4H_{10})은 휴대용 연료로 이용한다.

✕. (가)와 (나)는 모두 완전 연소시켰을 때, CO_2와 H_2O이 생성된다.

04 탄소 화합물의 유용성

포도당을 발효시켜 얻을 수 있는 X는 에탄올(C_2H_5OH)이다.

㉠. X는 탄소 화합물이다.

㉡. X는 살균 작용이 있어 의료용 소독제로 이용한다.

✕. X 수용액은 중성이다.

05 탄소 화합물의 유용성

㉠. 2가지 화합물의 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$와 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$는 표와 같다.

탄소 화합물	C_2H_5OH	HCHO
$\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$	3	2
$\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$

따라서 (가)와 (나)는 각각 폼알데하이드(HCHO), 에탄올(C_2H_5OH)이다.

㉡. 에탄올(C_2H_5OH)은 살균 작용이 있어 의료용 소독제로 사용된다.

㉢. (가)와 (나)는 모두 완전 연소시켰을 때, CO_2와 H_2O이 생성된다.

06 탄소 화합물의 유용성

3가지 분자의 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$와 완전 연소시켰을 때 생성되는 $\frac{H_2O\text{ 분자 수}}{CO_2\text{ 분자 수}}$는 표와 같다.

분자	CH_4	CH_3COOH	CH_3COCH_3
$\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$
완전 연소시켰을 때 생성되는 $\frac{H_2O\text{ 분자 수}}{CO_2\text{ 분자 수}}$	2	1	1

✕. ㉠은 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$, ㉡은 완전 연소시켰을 때 생성되는 $\frac{H_2O\text{ 분자 수}}{CO_2\text{ 분자 수}}$이다.

㉡. (가)~(다)는 각각 메테인(CH_4), 아세톤(CH_3COCH_3), 아세트산(CH_3COOH)이다.

㉢. 아세트산(CH_3COOH)은 식초의 성분이다.

02 화학식량과 몰

수능 2점 테스트 본문 23~24쪽

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

01 아보가드로 법칙

CO_2의 분자량은 44이므로 (가)의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다.

✗. (가)의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이므로 t℃, 1 atm에서 (가)의 부피는 12 L이다.

㉡. 전체 원자 수가 (나)가 (가)의 2배이므로 (나)의 양은 $\frac{3}{2}$ mol이다. 따라서 x는 36이다.

✗. N_2의 분자량은 28이므로 N_2 $\frac{3}{2}$ mol의 질량은 42 g이다. 따라서 질량은 (나)가 (가)보다 크다.

02 기체의 분자량

t℃, 1 atm에서의 (가)의 밀도 : (나)의 밀도=(가)의 분자량 : (나)의 분자량이므로 (나) 1 mol의 질량(g)은 $4.5w$이다. X~Z의 원자량을 각각 x~z라고 하면, (가)의 분자량 : (다)의 분자량=$x+4y$: $x+2z$=4 : 11이다. (나)가 YZ_2라면 Y의 원자량이 음수가 나오므로 모순이다. 따라서 (나)는 Y_2Z이고, 분자량비는 (가) : (나) : (다)=8 : 9 : 22이므로 x : y : z=12 : 1 : 16이고, $\frac{y}{z}=\frac{1}{16}$이다.

03 기체의 밀도와 분자량

1 g에 들어 있는 분자 수 비는 X_2 : Y_2=8 : 7이므로 분자량비는 X_2 : Y_2=7 : 8이다.

㉠. 기체의 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이므로 기체의 밀도는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

✗. 원자량비는 X : Y=7 : 8이므로 원자량은 X가 Y보다 작다.

㉢. $\frac{XY_2\text{의 분자량}}{X_2Y\text{의 분자량}}=\frac{7+16}{14+8}=\frac{23}{22}$이다.

04 원자량

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

㉠. 원자 1 mol의 질량은 원자량에 g을 붙인 값과 같으므로 ^1H 1 mol의 질량은 1.0078 g이다.

✗. ^{16}O 원자 1개의 질량은 ^{12}C 원자 1개의 질량의 $\frac{15.9949}{12}$배이다.

㉢. $\frac{^1H\text{ 원자 16개의 질량}}{^{16}O\text{ 원자 1개의 질량}}=\frac{16\times1.0078}{15.9949}>1$이다.

05 아보가드로 법칙

기체의 온도와 압력이 같을 때 같은 부피 속에는 같은 수의 분자가 들어 있다.

㉠. 기체의 부피비가 (가) : (나)=3 : 2이므로 기체의 분자 수 비도 (가) : (나)=3 : 2이다.

㉡. 기체의 분자 수 비는 (가) : (나)=3 : 2이고, 분자당 원자 수 비가 CO : CO_2=2 : 3이므로 실린더에 들어 있는 전체 원자 수는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

㉢. 분자량이 CO_2가 CO보다 크므로 기체 1 g에 들어 있는 분자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 기체 1 g에 들어 있는 C 원자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

06 몰과 질량

XY_3와 X_2Y_4의 분자량이 각각 17, 32이므로 X의 원자량은 14, Y의 원자량은 1이다. t℃, 1 atm에서 $X_2(g)$ 1 mol의 부피가 24 L이므로 t℃, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.

㉠. X와 Y의 원자량이 각각 14, 1이므로 $\frac{\text{Y의 원자량}}{\text{X의 원자량}}=\frac{1}{14}$이다.

㉡. t℃, 1 atm에서 $X_2Y_4(g)$ 12 L의 양은 0.5 mol이므로 질량은 16 g이다.

✗. t℃, 1 atm에서 $Y_2(g)$ 2 g의 양은 1 mol이므로 부피는 24 L이다.

07 몰과 질량

O_2 1 mol의 질량은 32 g이므로 H_2O x mol의 질량도 32 g이고, H_2O의 분자량이 18이므로 $x=\frac{32}{18}=\frac{16}{9}$이다.

㉠. O_2 1 mol에 들어 있는 O 원자의 양은 2 mol이므로 원자 수는 $2N_A$이다.

✗. $x>1$이므로 H_2O x mol에 들어 있는 H 원자의 질량은 2 g보다 크다.

✗. O_2 1 mol에 들어 있는 O 원자 수는 $2N_A$이고, H_2O x mol에 들어 있는 O 원자 수는 $2N_A$보다 작으므로 $\frac{H_2O\ x\text{ mol에 들어 있는 O 원자 수}}{O_2\text{ 1 mol에 들어 있는 O 원자 수}}<1$이다.

08 아보가드로 법칙

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

㉠. 기체의 부피비가 (가) : (나)=2 : 1이므로 실린더 속 기체의 분자 수 비는 (가) : (나)=2 : 1이다.

ㄴ. (나)에서 Y_2X의 양을 m mol이라고 하면, (가)에서 $\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Y 원자 수}}=\frac{1}{2}$이므로 X_2의 양은 $\frac{2}{3}m$ mol이고, Y_2의 양은 $\frac{4}{3}m$ mol이다. 따라서 $\frac{\text{(나)에서 Y 원자 수}}{\text{(가)에서 Y 원자 수}}=\frac{2m}{\frac{8}{3}m}=\frac{3}{4}$이다.

ㄷ. $\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Y 원자 수}}$는 (가)와 (나)에서 모두 $\frac{1}{2}$이고, Y 원자 수 비가 (가) : (나)=4 : 3이므로 전체 질량도 (가) : (나)=4 : 3이다. 따라서 ㉠은 $3w$이다.

수능 3점 테스트 본문 25~29쪽

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

01 분자량과 아보가드로 법칙

ㄱ. 분자량이 (가)가 (나)보다 16만큼 크므로 X 또는 Y의 원자량이 16이고, 원자량은 X>Y이므로 X는 16, Y는 14이다. 따라서 (가)의 분자식은 X_2Y이고, 원자량비는 X : Y=8 : 7이다.

ㄴ. (가)는 분자당 구성 원자 수가 3이고, 분자량이 46이다. (가) 23 g$\left(=\frac{1}{2}\text{ mol}\right)$에 들어 있는 원자 수는 $\frac{3}{2}N_A$이다.

ㄷ. 아보가드로 법칙에 의해 같은 온도와 압력에서 (가)와 (나) 각 1 L에는 같은 수의 분자가 들어 있다. 따라서 1 L에 들어 있는 원자 수 비는 (가) : (나)=3 : 2이므로 (가)>(나)이다.

02 분자량

ㄱ. (가)에서 1 g에 들어 있는 C의 양(mol)은 $\frac{x}{12x+6}=\frac{1}{15}$이므로 $x=2$이다.

ㄴ. (나)의 분자량이 28이므로 $12y+2y=28$에서 $y=2$이고, (나)의 분자식은 C_2H_4이다. 따라서 ㉠은 $\frac{2}{28}=\frac{1}{14}$이다.

ㄷ. 원소의 질량비는 (가)에서 C : H=4 : 1이고, (나)에서 C : H=6 : 1이므로 $\frac{\text{(나)에 들어 있는 C의 질량(g)}}{\text{(가)에 들어 있는 C의 질량(g)}}=\frac{70\times\frac{6}{7}}{60\times\frac{4}{5}}=\frac{5}{4}$이다.

03 아보가드로 법칙

부피비가 (가) : (나)=4 : 5이므로 (가)에서 X_2의 양(mol)을 $4m$이라고 하면 (나)에서 Y_2의 양(mol)은 $5m$이다.

ㄱ. 분자량비는 기체의 밀도비와 같으므로 $X_2 : Y_2=\frac{7}{4} : \frac{10}{5}$=7 : 8이고, 원자량비는 X : Y=7 : 8이다.

ㄴ. (다)에 들어 있는 X_2Y의 양(mol)은 $8m$이므로 X 원자의 양(mol)은 $16m$, Y 원자의 양(mol)은 $8m$이다. (가)에서 X 원자 $8m$ mol의 질량이 7 g이고, (나)에서 Y 원자 $10m$ mol의 질량이 10 g이므로 $w=14+8=22$이다.

ㄷ. 기체 1 g에 들어 있는 X 원자 수 비는 (가) : (다)=$\frac{8m}{7}$: $\frac{16m}{22}$=11 : 7이므로 기체 1 g에 들어 있는 X 원자 수는 (가)>(다)이다.

04 아보가드로 법칙

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

ㄱ. $V_2>2V_1$이므로 X(g) w g의 양(mol)은 Y(g) w g의 양(mol)보다 많다. 따라서 분자량은 Y>X이다.

ㄴ. (가)에서와 (나)에서 기체의 부피가 V_1 L로 같으므로 들어 있는 기체의 양(mol)은 같고, 분자량은 Y>X이므로 기체의 밀도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

따라서 $\frac{\text{(나)에서 실린더에 들어 있는 기체의 밀도}}{\text{(가)에서 실린더에 들어 있는 기체의 밀도}}>1$이다.

ㄷ. Y(g) V_1 L의 질량이 w g이므로 X(g) V_1 L의 질량은 w g보다 작다. 따라서 (다)에서 실린더에 들어 있는 기체의 질량은 $2w$ g보다 작다.

05 분자량과 원자량

X의 원자량을 x, Y의 원자량을 y라고 하고, t℃, 1 atm에서 2.4 L에 들어 있는 기체의 양(mol)을 N이라고 하면, X_aY_{2a}와 X_bY_3의 분자량은 각각 $ax+2ay=\frac{10.4}{N}$, $bx+3y=\frac{7.1}{N}$이다.

ㄱ. (가)에서 $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}=\frac{2aNy}{aNx}$이고, (나)에서 $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}=\frac{6Ny}{2bNx}$이다. $\frac{2aNy}{aNx} : \frac{3Ny}{bNx}=2 : 3$이므로 $b=1$이다.

ㄴ. (가)에서 $ax+2ay=\frac{10.4}{N}$(…①)이고, (나)에서 $x+3y=\frac{7.1}{N}$(…②)이다. $a=1$이라면 $x+2y>x+3y$가 되므로 모순이다. 따라서 $a\neq1$이다. (다)에서 X_2Y_2의 양(mol)을 kN이라고 하면, $2x+2y=\frac{19.8}{kN}$(…③)이다. ①~③을 연립하면

$y=\frac{7.1}{N}-\frac{10.4}{aN}$(②−①)$=\frac{10.4}{aN}-\frac{9.9}{kN}$(①$-\frac{1}{2}$③)이므로,

$\frac{20.8}{a}=7.1+\frac{9.9}{k}$이다. $a\geq3$이면 k가 음수가 되어 모순이다. 따라서 $a=2$이고, $k=3$이며, $V=7.2$이다.

✗. $a=2$이므로 (가)의 분자식은 X_2Y_4이다.

06 기체의 부피와 질량

✗. 기체 1 g의 부피비는 (가) : (나)$=\frac{y}{2w}:\frac{2}{3w}=3y:4$이다. ㉠이 (가)라면 $3y:4=5:6$에서 $y=\frac{10}{9}<\frac{3}{2}$이므로 모순이다. 따라서 ㉠은 (나)이고, $3y:4=6:5$에서 $y=1.6$이다.

㉡. $\frac{\text{Y의 분자량}}{\text{X의 분자량}}=\frac{5}{3}$이므로 $\frac{\frac{w}{1.6-x}}{\frac{w}{x}}=\frac{5}{3}$이고, $x=1$이다.

㉢. Y w g의 부피는 $0.6V$ L이고, Z w g의 부피는 $0.4V$ L이므로 분자량비는 Y : Z$=\frac{w}{0.6}:\frac{w}{0.4}=2:3$이다.

07 화학식량과 원자량

(가)의 양(mol)은 0.5이고, (가)에 들어 있는 X의 양(mol)은 1.5이다. (나)와 (다)에서 $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$이 같으므로 $\frac{a}{1}=\frac{4}{a}$이고, $a=2$이다. 따라서 (나)는 XY_2Z이고, (다)는 X_2Y_4Z이다. X~Z의 원자량을 각각 x~z라고 하면 (가)에서 $3x+6y=42$이고, (다)에서 $2x+4y+z=44$이므로 $z=16$, $x+2y=14$이다. (가)~(다)에 들어 있는 X의 양(mol)이 같으므로 (나)에서 XY_2Z의 양(mol)은 1.5이다. XY_2Z의 화학식량 $m=30$이므로 $w=45$이다. 따라서 $\frac{a}{w}\times\frac{m}{\text{Z의 원자량}}=\frac{2}{45}\times\frac{30}{16}=\frac{1}{12}$이다.

08 기체의 질량과 분자량

X의 원자량을 x, Y의 원자량을 y라고 하면 (가)에서 $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}=\frac{m\times y}{1\times x}$이고, (나)에서 $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}=\frac{3\times y}{n\times x}$이다.

✗. $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$의 비는 (가) : (나)$=\frac{m}{1}:\frac{3}{n}=4:3$이므로 $m\times n=4$이다.

㉡. $\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$의 비는 (가) : (나)$=\frac{m}{1+m}:\frac{3}{3+n}=10:9$이고 $m\times n=4$를 만족해야 하므로 $m=n=2$이다. 따라서 (가)의 분자식은 XY_2이다.

㉢. XY_2의 분자량을 $M_{(가)}$, X_2Y_3의 분자량을 $M_{(나)}$라고 하면 1 g에 들어 있는 X 원자 수 비는 (가) : (나)$=\frac{1}{M_{(가)}}:\frac{2}{M_{(나)}}=19:22$이므로 $M_{(가)}:M_{(나)}=11:19$이다.

09 혼합 기체에서의 아보가드로 법칙

C_3H_6의 분자량은 42이고, C_4H_8의 분자량은 56이므로 (가)에서 C_3H_6 n mol의 질량을 $3a$ g이라고 하면 (나)에서 C_4H_8 n mol의 질량은 $4a$ g이다.

㉠. (가)와 (나)에 들어 있는 전체 기체의 질량이 같으므로 $16w+3a=15w+4a$이고 $a=w$이다. 따라서 (가)에서 C_3H_6의 질량은 $3w$ g이다.

㉡. (가)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 $\frac{16w}{28}+\frac{3w}{42}$이고, (나)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 $\frac{15w}{30}+\frac{4w}{56}$이므로 전체 기체의 몰비는 (가) : (나)$=9:8$이다.

㉢. (가)와 (나)의 전체 질량이 같으므로 전체 기체 1 g에 들어 있는 C 원자 수 비는 전체 기체에 들어 있는 C 원자 수 비와 같고 (가) : (나)$=\frac{16\times2}{28}+\frac{3\times3}{42}:\frac{15\times2}{30}+\frac{4\times4}{56}=19:18$이다.

10 아보가드로수

(나)의 분자식을 X_nY_n이라고 하고, X의 원자량을 x, Y의 원자량을 y라고 하자.

㉠. (나) 1 g에 들어 있는 X 원자의 양(mol)은 $\frac{n}{nx+ny}=\frac{1}{15}$이므로 $x+y=15$이다.

㉡. (가)는 1 mol의 질량이 17 g이므로 (가)의 분자량은 17이다. (가)의 분자식을 X_aY_b라고 하면, $ax+by=17$이고 (가) 1 mol에 들어 있는 Y 원자의 질량이 3 g이므로 $by=3$이고, $ax=14$이다. $x+y=\frac{14}{a}+\frac{3}{b}=15$이고, 이를 만족하는 자연수는 $a=1$, $b=3$이다. 따라서 (가)의 분자식은 XY_3이다.

㉢. $x+y=15$이고 $x+3y=17$이므로 $x=14$, $y=1$이다. (나)의 분자량은 $15n$이므로 (나) $15n$ g에 들어 있는 Y의 질량은 n g이다. 따라서 (나) 30 g에 들어 있는 Y의 질량은 2 g이다.

03 화학 반응식과 용액의 농도

수능 2점 테스트 본문 38~40쪽

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

01 화학 반응의 양적 관계

$CH_4(g)$과 $H_2O(g)$가 반응하여 $CO_2(g)$와 $H_2(g)$가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$CH_4(g)+2H_2O(g) \longrightarrow CO_2(g)+4H_2(g)$

이 반응에서 $CH_4(g)$과 $H_2(g)$의 반응 계수는 각각 1과 4이고, 분자량은 각각 16과 2이므로 반응 질량비는 $CH_4(g) : H_2(g)=16 : 4\times2=2 : 1$이다. 따라서 $CH_4(g)$ w g이 모두 반응하여 생성되는 $H_2(g)$의 질량(g) $x=\frac{w}{2}$이다.

02 연소 반응에서의 양적 관계

CH_4과 C_2H_4의 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

(가) $CH_4+2O_2 \longrightarrow CO_2+2H_2O$

(나) $C_2H_4+3O_2 \longrightarrow 2CO_2+2H_2O$

㉠. $a=d=2$, $b=1$, $c=3$이므로 $a+d=b+c=4$이다.

✗. 화학 반응식에서 반응 계수비는 반응 몰비와 같다. (가)는 반응물과 생성물의 계수 합이 각각 3으로 같고, (나)는 반응물과 생성물의 계수 합이 각각 4로 같으므로 $\frac{\text{반응 전 전체 물질의 양(mol)}}{\text{반응 후 전체 물질의 양(mol)}}$은 (가)와 (나)가 모두 1로 같다.

㉢. CH_4과 C_2H_4의 분자량은 각각 16과 28이다. CH_4과 C_2H_4 1 mol이 완전 연소할 때 각각 2 mol과 3 mol의 O_2가 반응하므로 CH_4과 C_2H_4 1 g을 모두 연소시키기 위해 필요한 O_2의 최소 질량(g)은 각각 $\frac{1}{16}\times2\times32=4$, $\frac{1}{28}\times3\times32=\frac{24}{7}$로 $CH_4>C_2H_4$이다.

03 화학 반응식 완성하기

AB와 B_2가 반응하여 A_2B_3가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$4AB+B_2 \longrightarrow 2A_2B_3$

따라서 $a=4$, $b=1$, $c=2$이다. 반응 계수비는 반응 몰비와 같으므로 AB 2 mol과 B_2 2 mol을 넣고 반응을 완결시키면 AB 2 mol과 B_2 0.5 mol이 반응하여 A_2B_3 1 mol이 생성되고, B_2 1.5 mol이 남는다.

따라서 $\frac{\text{남은 반응물의 양(mol)}}{\text{생성된 } A_2B_3\text{의 양(mol)}}=\frac{1.5}{1}=\frac{3}{2}$이다.

04 기체 반응의 양적 관계

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

㉠. 반응 전과 후 온도와 압력이 일정하므로 단위 부피당 전체 기체의 양(mol)은 같다.

✗. 반응 전과 후 전체 기체의 양이 각각 6 mol과 4 mol이므로 부피는 반응 전이 반응 후보다 크다. 화학 반응 전과 후 전체 질량은 일정하게 유지될 때 기체의 밀도는 부피에 반비례하므로 전체 기체의 밀도는 반응 후가 반응 전보다 크다.

㉢. $A(g)$ 3 mol과 $B(g)$ 1 mol이 반응하여 $C(g)$ 2 mol이 생성되는 반응이므로 $A(g)$ 3 mol과 $B(g)$ 3 mol을 실린더에 넣고 반응을 완결시키면 $C(g)$ 2 mol이 생성되고, $B(g)$ 2 mol이 남는다. 따라서 반응 전 $\frac{B(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{3}{6}=\frac{1}{2}$이고, 반응 후 $\frac{B(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$이다.

05 기체 반응의 양적 관계

화학 반응에서 반응 전과 후 전체 질량은 같으므로 Ⅰ과 Ⅱ에서 생성된 $C(g)$의 질량은 각각 5 g과 10 g이다. 따라서 Ⅰ에서는 $A(g)$ 4 g과 $B(g)$ 1 g이, Ⅱ에서는 $A(g)$ 8 g과 $B(g)$ 2 g이 반응한다.

㉠. Ⅰ에서 $B(g)$ 1 g이 반응하고 $B(g)$ 3 g이 남는다.

㉡. 반응 계수비는 반응 몰비와 같으므로 반응 계수에 분자량을 곱하면 반응 질량비와 같다. 따라서 분자량비는 반응 질량비를 각각의 반응 계수로 나눈 값과 같다. $B(g)$ 1 g이 반응하여 $C(g)$ 5 g이 생성되었으므로 분자량비는 $B : C=\frac{1}{1} : \frac{5}{2}=2 : 5$이다.

㉢. 분자량비가 $A : B=2 : 1$이므로 Ⅱ에서 $A(g)$와 $B(g)$의 양을 각각 $5n$ mol, $2n$ mol이라고 하면 반응 후 $A(g)$ n mol이 남고, $C(g)$ $4n$ mol이 생성되므로 $\frac{C(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{4n}{n+4n}=\frac{4}{5}$이다.

06 용액의 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 퍼센트 농도(%)는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}}\times100$이다.

㉠. 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)에 용액의 부피(L)를 곱한 값과 같다. (가)는 a M NaOH(aq) 100 mL이므로 수용액에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $\frac{a}{10}$이다. NaOH의 화학식량이 40이므로 (가)에 들어 있는 NaOH의 질량은 $4a$ g이다.

ㄴ. (나)는 $10a\%$ NaOH(aq) 100 g이므로 (나)에 들어 있는 NaOH의 질량은 $10a$ g이고, 양(mol)은 $\frac{10a}{40}=\frac{a}{4}$이다. (나)의 밀도가 1 g/mL이므로 (나) 100 g의 부피는 100 mL이다. 따라서 (나)의 몰 농도(M)는 $\frac{\frac{a}{4}}{0.1}=2.5a$이다.

✗. (가)와 (나)를 혼합한 수용액의 전체 부피는 200 mL이고, NaOH의 전체 양(mol)은 $\frac{a}{10}+\frac{a}{4}=\frac{7a}{20}$이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합한 수용액의 몰 농도(M)는 $\frac{\frac{7a}{20}}{0.2}=\frac{7a}{4}>1.5a$이다.

07 화학 반응의 양적 관계

A 2 mol과 B 1 mol이 반응하여 C 2 mol이 생성되는 반응이고, 반응 후 A와 C의 양(mol)이 같으므로 생성된 C의 양이 $2n$ mol이라면 반응 전 A와 B의 양은 각각 $4n$ mol, n mol이다.

ㄱ. 반응 전 질량비는 A : B=3 : 2이고, 몰비는 A : B=4 : 1이다. 따라서 화학식량의 비는 A : B=$\frac{3}{4}$: $\frac{2}{1}$=3 : 8이다.

ㄴ. 반응 전 A와 B의 질량을 각각 $3k$ g, $2k$ g이라고 하면 반응 후 A는 반응 전의 $\frac{1}{2}$배인 $1.5k$ g이 남으므로 생성된 C의 질량은 $3.5k$ g이다. 따라서 (나)에서 질량비는 A : C=$1.5k$: $3.5k$=3 : 7이다.

✗. (가)에서는 A $4n$ mol과 B n mol이 있고, (나)에서는 A $2n$ mol과 C $2n$ mol이 있으므로 (가)와 (나)에서 $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{전체 물질의 양(mol)}}$은 각각 $\frac{4}{5}$와 $\frac{1}{2}$이다.

08 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다. (가)에서 만든 NaOH(aq)은 0.1 M 200 mL이므로 이 수용액에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.1\times0.2=0.02$이다. 따라서 (가)에서 만든 NaOH(aq)에 들어 있는 NaOH의 질량(g) $x=0.02\times40=0.8$이다. (나)에서 만든 NaOH(aq)은 0.2 M 100 mL이므로 이 수용액에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.2\times0.1=0.02$이다. 따라서 (나)에 들어 있는 NaOH의 질량도 0.8 g이다. 이때 (나)는 (가)의 수용액 50 mL에 NaOH y g을 추가한 것으로 (가)의 수용액 50 mL에 들어 있는 NaOH의 질량(g)은 $0.8\times\frac{50}{200}=0.2$이다. 따라서 $0.2+y=0.8$이므로 $y=0.6$이고, $\frac{x}{y}=\frac{0.8}{0.6}=\frac{4}{3}$이다.

09 기체 반응의 양적 관계

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 일정량의 A(g)가 들어 있는 실린더에 B(g)를 넣어 반응을 완결시킬 때, 넣어 준 B(g)의 질량에 따른 전체 기체의 부피 변화 그래프에서 기울기가 변하는 지점에서 반응물이 모두 반응하고 생성물만 존재한다. 이때 기체 반응에서 반응이 완결될 때까지 전체 기체의 부피가 일정하다는 것은 A와 C의 반응 계수가 같다는 것을 의미한다. 따라서 $c=2$이다. 또한 분자량비는 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 값과 같은데 A(g) 15 g과 B(g) 7 g이 반응하여 C(g) 22 g이 생성되고, B와 C의 반응 계수가 각각 1과 2이므로 분자량비는 B : C=$\frac{7}{1}$: $\frac{22}{2}$=7 : 11이다. 따라서 $c\times\frac{\text{B의 분자량}}{\text{C의 분자량}}=2\times\frac{7}{11}=\frac{14}{11}$이다.

10 화학식량과 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

ㄱ. 0.3 M A(aq) 100 mL에 들어 있는 A의 양(mol)은 $0.3\times0.1=0.03$이다.

ㄴ. B(aq)의 몰 농도는 x M이고, 부피가 50 mL이므로 수용액에 들어 있는 B의 양은 $0.05x$ mol이다. 0.3 M A(aq) 100 mL에 들어 있는 A의 양(mol)은 $0.3\times0.1=0.03$이고, 두 수용액에 들어 있는 용질의 질량이 같다. 화학식량비는 A : B=2 : 3이므로 $0.03\times2=0.05x\times3$이고, $x=0.4$이다.

✗. A(aq)과 B(aq)의 밀도가 같으므로 밀도를 d g/mL라고 하면 두 수용액의 질량은 각각 $100d$ g, $50d$ g이다. 이때 두 수용액에 들어 있는 용질의 질량이 같으므로 용질의 질량을 w g이라고 하면 A(aq)과 B(aq)의 물의 질량은 각각 $(100d-w)$ g과 $(50d-w)$ g으로 A(aq)이 B(aq)의 2배보다 크다.

11 화학 반응의 양적 관계

화학 반응에서 반응 전과 후 전체 질량은 같다. Ⅰ과 Ⅱ에서 반응 후 남은 반응물의 종류가 다르므로 Ⅰ에서는 A(g) 0.5 g이 남고, Ⅱ에서는 B(g) 1 g이 남으며 반응 질량비는 A : B : C=7 : 4 : 11이다.

ㄱ. 반응 질량비가 A : B : C=7 : 4 : 11이므로 Ⅱ에서 A(g) 7 g과 B(g) 4 g이 반응하여 C(g) 11 g이 생성되므로 $x=11$이다. 또한 Ⅲ에서 생성된 C(g)의 질량이 11 g이고, A(g)가 10 g이므로 B(g)의 질량(g) $y=4$이다. 따라서 $x+y=15$이다.

✗. 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 값은 분자량비와 같다. 따라서 분자량비 B : C=$\frac{4}{1}$: $\frac{11}{2}$=8 : 11이다.

✗. Ⅱ에서 반응 후 B(g) 1 g이 남고, Ⅲ에서 반응 후 A(g) 3 g이 남는다. 반응 질량비는 A : B=7 : 4이므로 Ⅱ와 Ⅲ에서 반응

후 남은 반응물을 혼합하여 반응을 완결시키면 A(g)가 남는다.

12 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다. (가)는 0.2 M A(aq) 50 mL이므로 수용액에 들어 있는 A의 양(mol)은 $0.2\times0.05=0.01$이다. (나)는 2% A(aq) 90 g이므로 수용액에 들어 있는 A의 질량은 1.8 g이다. A의 화학식량이 60이므로 (나)에 들어 있는 A의 양(mol)은 $\frac{1.8}{60}=0.03$이다. 따라서 (다)의 몰 농도(M)는 $\frac{0.04}{0.2}=0.2$이다.

수능 3점 테스트 본문 41~48쪽

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

01 화학 반응의 양적 관계와 화학식량 구하기

화학 반응식에서 반응 계수비는 반응 몰비와 같다. t℃, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 24 L이므로 실험 결과 생성된 H_2(g)의 양(mol)은 $\frac{0.72}{24}=0.03$이다.

㉠. M(s)과 H_2(g)의 반응 계수가 각각 2와 3이고, 생성된 H_2(g)의 양이 0.03 mol이므로 반응한 M(s)의 양은 0.02 mol이다. 따라서 M의 원자량은 $\frac{a}{0.02}=50a$이다.

✗. 생성된 H_2(g)는 물에 용해되지 않고 날아가므로 반응 전 전체 질량과 반응 후 전체 질량의 차는 생성된 H_2(g)의 질량과 같다. 생성된 H_2(g) 0.03 mol의 질량은 0.06 g이고, 반응 전 전체 질량은 (w_1+a) g이며, 반응 후 전체 질량이 w_2 g이므로 $w_1-w_2+a=0.06$이다.

㉢. 금속 M(s) 0.02 mol이 모두 반응하기 위해 필요한 HCl의 최소량은 0.06 mol이다. 이 실험에서 사용한 HCl(aq)의 부피가 100 mL이므로 HCl(aq)의 몰 농도(M)는 $\frac{0.06}{0.1}=0.6$ 이상이다.

02 기체 반응의 양적 관계

B_2H_6(g)과 O_2(g)가 반응하여 B_2O_3(s)과 H_2(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$2B_2H_6(g)+3O_2(g)\longrightarrow 2B_2O_3(s)+6H_2(g)$

반응 전과 후 실린더 속 물질의 종류를 볼 때 반응물이 모두 반응하였음을 알 수 있다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하고, 기체의 반응 계수를 비교하면 반응 전과 후 부피비는 $V_1:V_2=5:6$이다. B_2H_6과 H_2의 분자량은 각각 28, 2이고 반응 계수가 각각 2, 6이므로 반응 질량비는 $B_2H_6:H_2=x:y=28\times2:2\times6=14:3$이다.

따라서 $\frac{y}{x}\times\frac{V_1}{V_2}=\frac{3}{14}\times\frac{5}{6}=\frac{5}{28}$이다.

03 분자 모형과 화학 반응식 완성하기

A_2(g)와 B_2(g)가 반응하여 AB_2(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$A_2(g)+2B_2(g)\longrightarrow 2AB_2(g)$

✗. A_2(g)와 B_2(g)의 반응 계수가 각각 1, 2이고, 반응 후 A_2(g)와 AB_2(g)의 몰비가 1 : 2이므로 반응 전 A_2(g)와 B_2(g)의 몰비는 1 : 1이다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 반응 전 실린더 속 10 mL에 들어 있는 전체 기체의 양은 $3n$ mol이고, A_2(g)와 B_2(g)의 양이 같으므로 A_2(g)의 양은 $1.5n$ mol이다.

㉡. 반응 전 A_2(g)와 B_2(g)의 양(mol)이 같으므로 실린더에 들어 있는 A_2(g)와 B_2(g)의 양을 각각 $2m$ mol이라고 하면 반응 후 A_2(g)와 AB_2(g)의 양은 각각 m mol, $2m$ mol이므로 $\frac{\text{반응 후 } AB_2(g)\text{의 양(mol)}}{\text{반응 전 } B_2(g)\text{의 양(mol)}}=\frac{2m}{2m}=1$이다.

㉢. 반응 전과 후 전체 기체의 양은 각각 $4m$ mol, $3m$ mol이므로 부피비는 반응 전 : 반응 후$=4:3$이다. 반응 전과 후 실린더 속 전체 기체의 질량은 일정하므로 전체 기체의 밀도는 부피에 반비례하여 밀도비는 반응 전 : 반응 후$=3:4$이다.

04 기체 반응의 양적 관계

기체 반응에서 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하고, 화학 반응에서 반응 전과 후의 전체 질량은 변하지 않고 일정하다.

㉠. 반응 전 전체 질량이 $15a$ g이고, 반응 후 전체 질량이 $3b$ g이므로 질량 보존 법칙에 따라 $15a=3b$이고, $5a=b$이다.

㉡. 화학 반응식에서 분자량비는 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 것과 같다. A(g) $8a$ g과 B(g) $7a$ g이 반응하여 C(g) $10a(=2b)$ g이 생성되고, B(g) $5a(=b)$ g이 남았으므로 반응 질량비는 A : B : C$=8a:2a:10a=4:1:5$이다. 따라서 분자량비는 A : B : C$=\frac{4}{2}:\frac{1}{1}:\frac{5}{2}=4:2:5$이다.

㉢. 분자량비가 A : B : C$=4:2:5$이므로 A(g) $4a$ g과 B(g) $2a$ g을 각각 n mol이라고 하면 이 반응의 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	+	$B(g)$	⟶	$2C(g)$
반응 전(mol)	$2n$		$3.5n$		0
반응(mol)	$-2n$		$-n$		$+2n$
반응 후(mol)	0		$2.5n$		$2n$

온도와 압력이 일정하므로 실린더 속 전체 기체의 부피는 전체 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 $V_1 : V_2 = 5.5n : 4.5n = 11 : 9$이다.

05 기체 반응의 양적 관계

Ⅰ과 Ⅱ에서 반응 후 남은 반응물의 종류가 다르므로 Ⅰ에서는 $A(g)$가 남고, Ⅱ에서는 $B(g)$가 남는다. $A(g)$ 10 g을 m mol이라고 하면 Ⅰ에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	+	$4B(g)$	⟶	$2C(g)$	+	$3D(g)$
반응 전(mol)	$4m$		$4n$		0		0
반응(mol)	$-n$		$-4n$		$+2n$		$+3n$
반응 후(mol)	$4m-n$		0		$2n$		$3n$

이때 반응 후 $\frac{D(g)의\ 양(mol)}{전체\ 기체의\ 양(mol)} = \frac{3n}{4m+4n} = \frac{1}{2}$이므로 $2m = n$이다. 따라서 $A(g)$는 $2n$ mol의 $\frac{1}{2}$배인 n mol이 반응하고 n mol이 남았으므로 $5w = 20$이고, $w = 4$이다.

Ⅱ에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	+	$4B(g)$	⟶	$2C(g)$	+	$3D(g)$
반응 전(mol)	$0.5n$		$6n$		0		0
반응(mol)	$-0.5n$		$-2n$		$+n$		$+1.5n$
반응 후(mol)	0		$4n$		n		$1.5n$

따라서 반응 후 $\frac{D(g)의\ 양(mol)}{전체\ 기체의\ 양(mol)} = x = \frac{1.5n}{6.5n} = \frac{3}{13}$이다. 이때 반응 후 남은 $B(g)$ $4n$ mol의 질량(g)은 $16w = 64$이다. 따라서 Ⅱ에서 $A(g)$ 10 g과 $B(g)$ 32 g이 모두 반응하여 $D(g)$ $\frac{33}{4}w$ g $= 33$ g이 생성되었으므로 생성된 $C(g)$의 질량은 9 g이다. 화학 반응식에서 분자량비는 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 것과 같다. 따라서 분자량비는 $A : C = \frac{10}{1} : \frac{9}{2} = 20 : 9$이고, $x \times \frac{A의\ 분자량}{C의\ 분자량} = \frac{3}{13} \times \frac{20}{9} = \frac{20}{39}$이다.

06 기체 반응과 질량 관계

화학 반응에서 반응 전과 후의 전체 질량은 같고, 화학 반응식에서 분자량비에 반응 계수를 곱하면 반응 질량비와 같다. $\frac{A의\ 분자량}{C의\ 분자량} = \frac{7}{11}$이고, A와 C의 반응 계수가 2로 같으므로 반응 질량비는 $A : B : C = 7 : 4 : 11$이다. 따라서 분자량비는 $A : B : C = 7 : 8 : 11$이다. $A(g)$ $7w$ g과 $B(g)$ $8w$ g을 각각 n mol이라고 하면 반응이 완결될 때 이 반응에서의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	+	$B(g)$	⟶	$2C(g)$
반응 전(mol)	n		n		0
반응(mol)	$-n$		$-0.5n$		$+n$
반응 후(mol)	0		$0.5n$		n

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 실린더 속 전체 기체의 부피비가 (가) : (나) = 4 : 7이고, (가)와 (다)에 들어 있는 전체 기체의 양이 각각 n mol, $1.5n$ mol이므로 (가)의 부피를 $4V$라고 하면 (나)의 부피는 $7V$이고, (다)의 부피는 $6V$이다. 따라서 (나)에 들어 있는 전체 기체의 양은 $\frac{7}{4}n$ mol이다. (가)와 (다)의 밀도는 각각 $d = \frac{7w}{4V}$, $xd = \frac{15w}{6V}$이므로 $x = \frac{10}{7}$이다. (나)에서 전체 기체의 양이 $\frac{7}{4}n$ mol이 되기 위해서는 $B(g)$가 $\frac{1}{4}n$ mol 반응하고, $\frac{3}{4}n$ mol이 남고, $A(g)$는 $\frac{1}{2}n$ mol 반응하고, $\frac{1}{2}n$ mol이 남아야 한다. 따라서 (나)의 실린더 속 $A(g)$의 질량은 $\frac{7}{2}w$ g이고, (다)의 실린더 속 $B(g)$의 질량은 $4w$ g이다. 따라서

$x \times \frac{(나)의\ 실린더\ 속\ A(g)의\ 질량(g)}{(다)의\ 실린더\ 속\ B(g)의\ 질량(g)} = \frac{10}{7} \times \frac{\frac{7}{2}w}{4w} = \frac{5}{4}$이다.

07 기체 반응의 양적 관계

일정량의 $A(g)$가 들어 있는 강철 용기에 $B(g)$를 넣어 반응을 완결시킬 때 넣어 준 $B(g)$의 질량이 $24w$ g일 때와 같이 그래프가 꺾이는 지점에서 반응물이 모두 반응하고 생성물만 존재한다. 이때 $\frac{㉠의\ 양(mol)}{전체\ 기체의\ 양(mol)} = \frac{1}{2}$이므로 $d = 2$이고, ㉠은 $C(g)$와 $D(g)$ 중 어떤 것이어도 상관없다.

㉠. $A(g)$ $7w$ g의 양을 n mol이라고 할 때, (가)에서 $B(g)$ $8w$ g이 모두 반응하였으므로 $A(g)$는 $\frac{1}{3}n$ mol만 반응하고, $\frac{2}{3}n$ mol이 남고, $C(g)$와 $D(g)$는 각각 $\frac{2}{3}n$ mol씩 생성된다. 따라서 (가)에서 A와 C의 양(mol)은 같다.

✕. $B(g)$가 $40w$ g일 때 $24w$ g은 모두 반응하여 $C(g)$와 $D(g)$가 각각 $2n$ mol씩 생성되고, $B(g)$ $16w$ g이 남는다. 이때 $B(g)$ $16w$ g의 양이 x mol이라고 할 때 $\frac{㉠의\ 양(mol)}{전체\ 기체의\ 양(mol)} = \frac{2n}{x+4n} = \frac{1}{3}$이므로 $x = 2n$이다. 따라서 $B(g)$ $24w$ g의 양은 $3n$ mol이므로 $b = 3$이고, $b + d = 5$이다.

㉢. (가)에서 반응한 $A(g)$와 $B(g)$의 질량은 각각 $\frac{7}{3}w$ g, $8w$ g이고, 생성된 $D(g)$의 질량이 $3w$ g이므로 질량 보존 법칙에 따라 생성된 $C(g)$의 질량은 $\frac{22}{3}w$ g이고, $\frac{2}{3}n$ mol이다. 따라서 분자

량비는 A : C=$\frac{7w}{n}$: $\frac{\frac{22}{3}w}{\frac{2}{3}n}$=7 : 11이다.

08 화학 반응의 양적 관계

실험 Ⅱ에서 반응 후 $\frac{\text{C}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$=1이므로 A($g$)와 B($g$)가 모두 반응하고, C($g$)만 존재한다. 따라서 A($g$) $4w$ g을 an mol, B(g) $3w$ g을 n mol이라고 하면 Ⅰ에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	aA(g)	+ B(g)	⟶ 2C(g)
반응 전(mol)	an	$\frac{n}{3}$	0
반응(mol)	$-\frac{an}{3}$	$-\frac{n}{3}$	$+\frac{2n}{3}$
반응 후(mol)	$\frac{2an}{3}$	0	$\frac{2n}{3}$

이때 $\frac{\text{C}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$=$\frac{\frac{2n}{3}}{\frac{2an+2n}{3}}$=$\frac{1}{a+1}$=$\frac{1}{3}$이므로 a=2이다. 따라서 Ⅲ에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	2A(g)	+ B(g)	⟶ 2C(g)
반응 전(mol)	$2n$	$\frac{4n}{3}$	0
반응(mol)	$-2n$	$-n$	$+2n$
반응 후(mol)	0	$\frac{n}{3}$	$2n$

또한 x=$\frac{2n}{\frac{n}{3}+2n}$=$\frac{6}{7}$이다. 반응 질량비는 A : C=4 : 7이고, A와 C의 반응 계수가 같으므로 분자량비도 A : C=4 : 7이다. 따라서 $x\times\frac{\text{C의 분자량}}{\text{A의 분자량}}$=$\frac{6}{7}\times\frac{7}{4}$=$\frac{3}{2}$이다.

09 기체 반응의 양적 관계

Ⅲ에서 A(g) $2n$ mol과 B(g) $3w$ g이 모두 반응하므로 생성된 C(g)의 양은 $4n$ mol이다. 따라서 Ⅰ에서는 A(g)가 $\frac{n}{3}$ mol 남고, Ⅱ에서는 B(g)가 $\frac{w}{2}$ g 남는다. 이때 C(g) $4n$ mol의 부피가 $12V$ L이고, Ⅱ에서 C(g) $2n$ mol과 B(g) $\frac{w}{2}$ g의 부피가 $9V$ L이므로 B(g) $\frac{w}{2}$ g의 부피는 $3V$ L이다. 따라서 B(g) $\frac{w}{2}$ g의 양은 n mol이고, Ⅱ에서 A(g) n mol과 B(g) $\frac{3}{2}w$ g이 반응하므로 b=3이다. 또한 Ⅰ에서 반응 후 남은 A(g) $\frac{n}{3}$ mol의 질량을 x g이라고 하면 Ⅰ과 Ⅱ에서 x : $\frac{w}{2}$=13 : 3이므로 x=$\frac{13}{6}w$이다. 따라서 A(g) $2n$ mol과 B(g) $3w$ g이 모두 반응하여 C(g) $4n$ mol이 생성되므로 반응 질량비는 A : B : C=13 : 3 : 16이고, 분자량비는 A : B : C=$\frac{13}{1}$: $\frac{3}{3}$: $\frac{16}{2}$=13 : 1 : 8이며, $\frac{\text{C의 분자량}}{\text{A의 분자량}}$=$\frac{8}{13}$이다.

10 화학 반응의 양적 관계

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. A(g), B(g), C(g)의 반응 계수가 각각 4, 3, 6이고, 반응이 완결된 (다)에서 B(g)와 C(g)의 양이 각각 n mol, $6n$ mol이므로 반응 전 (가)에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $4n$ mol, $4n$ mol이다. $\frac{\text{B의 화학식량}}{\text{A의 화학식량}}$=$\frac{8}{17}$이므로 (가)에서 A($g$)와 B($g$)의 질량은 각각 $\frac{17}{25}w$ g, $\frac{8}{25}w$ g이다. 실린더 속 전체 기체의 부피비가 (나) : (다)=15 : 14이고 (나)에 들어 있는 전체 기체의 양은 $7.5n$ mol이므로 A(g), B(g), C(g)의 양은 각각 $2n$ mol, $2.5n$ mol, $3n$ mol이다. 따라서 (나)에서 B(g) $2.5n$ mol의 질량(g) x=$\frac{8}{25}w\times\frac{2.5n}{4n}$=$\frac{w}{5}$이다. 또한 (다)에서 B($g$) n mol의 질량은 $\frac{2}{25}w$ g이고, D(s) $2n$ mol의 질량은 $\frac{7}{20}w$ g이므로 C(g) $6n$ mol의 질량(g)은 $w-\frac{2}{25}w-\frac{7}{20}w$=$\frac{57}{100}w$이다. 따라서 화학식량비는 C : D=$\frac{\frac{57}{100}w}{6n}$: $\frac{\frac{7}{20}w}{2n}$=19 : 35이므로 $x\times\frac{\text{D의 화학식량}}{\text{C의 화학식량}}$=$\frac{w}{5}\times\frac{35}{19}$=$\frac{7}{19}w$이다.

11 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

(가)에서 만든 A(aq)의 40 mL에 들어 있는 A의 질량은 4 g이고, A의 화학식량을 M_{A}라고 하면 (나)에서 만든 a M A(aq) 200 mL에 들어 있는 A의 양은 $0.2a$ mol이고, $0.2aM_{\text{A}}$ g이다. 따라서 $0.2aM_{\text{A}}$=4이므로 aM_{A}=20이다.

(다)에서 만든 $1.5a$ M A(aq) 500 mL에 들어 있는 A의 양(mol)은 $1.5a\times0.5$=$0.75a$이고, 질량(g)은 $0.75aM_{\text{A}}$=15이다. 따라서 (나)에서 만든 A(aq) w g에 들어 있는 A의 질량(g)은 15−12=3이다. 이때 a M A(aq)의 밀도가 d g/mL이므로 a M A(aq) 200 mL의 질량은 $200d$ g이므로 w : $200d$=3 : 4이고, w=$150d$이다.

12 수용액의 희석과 몰 농도

수용액에 물을 넣어 희석할 때 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 수용액의 몰 농도(M)는 수용액의 부피에 반비례한다.

㉠. A(aq) x mL의 초기 몰 농도는 0.3 M이고, 물 100 mL를 추가하였을 때의 몰 농도가 0.1 M로 몰 농도(M)가 $\frac{1}{3}$배로 감소하였으므로 수용액의 전체 부피는 3배로 증가하여 $x+100=3x$이다. 따라서 $x=50$이다.

✕. 0.3 M A(aq) 50 mL에 들어 있는 A의 양(mol)은 $0.3\times0.05=0.015$이고, 0.2 M B(aq) 200 mL에 들어 있는 B의 양(mol)은 $0.2\times0.2=0.04$이다. 이때 화학식량비가 A : B = 3 : 2이므로 용질의 질량비는 A : B = $0.015\times3 : 0.04\times2 = 9 : 16$이다.

㉢. 물 V mL를 추가할 때 A(aq)과 B(aq)의 몰 농도가 m M로 같으므로 $0.3\times\frac{50}{50+V}=0.2\times\frac{200}{200+V}$이고, $\frac{3}{50+V}=\frac{8}{200+V}$이다. 따라서 $V=40$이고, $m=0.3\times\frac{50}{50+40}=\frac{1}{6}$이므로 $m\times V=\frac{1}{6}\times40=\frac{20}{3}$이다.

13 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

(가)와 (나)에서 A(aq)의 몰 농도가 각각 $5a$ M, $3a$ M이므로 용액의 부피가 1000 mL라고 하면 용액의 질량은 각각 1100 g, 1050 g이고, 용질의 질량은 각각 $200a$ g, $120a$ g이다. 따라서 (가)와 (나)의 용매의 질량은 각각 $(1100-200a)$ g, $(1050-120a)$ g이다. 이때 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 양(mol)}}$의 비가 (가) : (나) = 2 : 1이므로 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용매의 질량(g)}}$의 비도 (가) : (나) = 2 : 1이다. 따라서 $\frac{200a}{1100-200a} : \frac{120a}{1050-120a}=2:1$이고,

$\frac{6}{105-12a}=\frac{5}{110-20a}$이므로 $660-120a=525-60a$이며, $a=\frac{135}{60}=\frac{9}{4}$이다.

14 혼합 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다. 용액을 희석할 때 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 용액의 몰 농도(M)는 용액의 부피에 반비례한다. 또한 두 용액을 혼합할 경우 혼합 전 각 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)의 합은 혼합 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)과 같다.

✕. ㉠이 물이고, ㉡이 0.5 M NaOH(aq)이라면 물을 추가하기 전과 후 NaOH의 양(mol)은 변하지 않으므로 $1\times x=\frac{2}{3}\times(x+200)$으로 $x=400$이다. 이때 0.5 M NaOH(aq) 200 mL까지 모두 추가할 경우 전체 수용액의 부피는 800 mL이고, NaOH(aq)의 몰 농도는 0.5 M보다 커야 하므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 ㉠은 0.5 M NaOH(aq)이다.

✕. ㉠이 0.5 M NaOH(aq)이므로 수용액을 모두 추가했을 때 혼합 수용액의 부피는 $(x+200)$ mL이고, 몰 농도가 $\frac{2}{3}$ M이므로 $1\times x+0.5\times200=\frac{2}{3}\times(x+200)$이다. 따라서 $x=100$이다.

㉢. $x=100$이므로 1 M NaOH(aq) 100 mL와 0.5 M NaOH(aq) 100 mL를 혼합한 (가)에서 NaOH(aq)의 몰 농도를 y M라고 하면 $1\times100+0.5\times100=y\times200$이므로 $y=\frac{150}{200}=0.75$이다.

15 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

학생 A가 만든 X(aq) Ⅰ은 $0.5a$ M X(aq) 100 mL와 0.3 M X(aq) 100 mL를 혼합하여 만든 것으로, 이 수용액의 몰 농도(M)를 x라고 하면 용질의 양(mol)은 $0.5a\times100+0.3\times100=x\times200$이다. 따라서 $x=0.25a+0.15$이다.

학생 B가 만든 X(aq) Ⅱ는 a M X(aq) 200 mL, 0.3 M X(aq) 50 mL, 물을 추가하여 만든 수용액 500 mL이므로 이 수용액의 몰 농도(M)를 y라고 하면 용질의 양(mol)은 $a\times200+0.3\times50=y\times500$이다. 따라서 $y=0.4a+0.03$이다.

이때 수용액의 몰 농도(M)비가 Ⅰ : Ⅱ = $x : y = 0.25a+0.15 : 0.4a+0.03 = 20 : 11$이므로 $8a+\frac{3}{5}=\frac{11}{4}a+\frac{33}{20}$이고, $\frac{21}{4}a=\frac{21}{20}$이므로 $a=\frac{1}{5}$이다. 또한 $0.25a+0.15=20k$이므로 $0.05+0.15=20k$이고, $k=\frac{1}{100}$이다. 따라서 $\frac{k}{a}=\frac{\frac{1}{100}}{\frac{1}{5}}=\frac{1}{20}$이다.

16 혼합 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

(가)와 (나)에서 용질의 질량비가 (가) : (나) = 3 : 2이므로 $0.2\times V_1 : 0.4\times V_2 = 3 : 2$이고, $V_1=3V_2$이다. 따라서 (가)와 (다)를 혼합한 수용액의 전체 부피는 $5V_2$ L이고, 몰 농도(M)를 x라고 하면 $0.2\times3V_2+0.3\times2V_2=x\times5V_2$이다. 따라서 $x=\frac{0.6+0.6}{5}=\frac{6}{25}$이다.

04 원자의 구조

수능 2점 테스트 본문 54~55쪽

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

01 원자의 구조

원자는 양성자수와 전자 수가 같고, 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이다.

✗. α 입자 산란 실험으로 발견한 것은 원자핵이다.

ⓑ. 동위 원소는 양성자수가 같고, 중성자수가 달라 질량수가 다르다.

✗. ^{1}H 원자는 질량수와 전자 수가 1로 같다.

02 원자와 이온의 모형

원자는 양성자수와 전자 수가 같다. ●는 전자이다. ◑가 중성자, ◐가 양성자이면 (가)~(다)는 모두 원자이므로 ◑가 양성자이며, ○은 중성자이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 ^{2}H, $^{3}He^{+}$, ^{4}He이다.

ⓐ. ◑는 양성자이다.

ⓑ. (가)~(다)의 질량수는 각각 2, 3, 4이므로 (다)가 가장 크다.

ⓒ. ^{9}Be 원자와 ^{10}B 원자의 중성자수는 모두 5이므로 ○의 수가 같다.

03 물질의 구성 입자

^{19}F 원자와 ^{35}Cl 원자에 들어 있는 중성자수는 각각 10, 18이므로 $^{35}Cl^{19}F$ 분자 1 mol에 들어 있는 전체 중성자의 양(mol)은 28이고, $n=28$이다. $^{a}O^{19}F_2$에 들어 있는 전체 중성자수는 $(a-8)+20=28$이므로 $a=16$이다.

ⓐ. $\frac{a}{n}=\frac{16}{28}=\frac{4}{7}$이다.

✗. ^{a}O 원자에 들어 있는 중성자수와 양성자수는 8로 같으므로 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}=1$이다.

✗. 전체 양성자수는 $^{a}O^{19}F_2$ 분자와 $^{35}Cl^{19}F$ 분자가 26으로 같고, 분자량은 $^{a}O^{19}F_2$과 $^{35}Cl^{19}F$이 54로 같으므로 분자 1 g에 들어 있는 전체 양성자수는 $^{a}O^{19}F_2$와 $^{35}Cl^{19}F$이 같다.

04 원자의 구성 입자

원자는 양성자수와 전자 수가 같고, 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이다.

ⓐ. (가)는 전자 수가 11이므로 양성자수가 11이고, 질량수가 23이므로 중성자수는 12이다. 따라서 $x=12$이다.

ⓑ. (나)는 중성자수가 12이고, 질량수가 24이므로 양성자수는 12이다. (다)는 전자 수가 12이므로 양성자수는 12이고, 질량수가 26이므로 중성자수는 14이다. 따라서 (나)와 (다)는 양성자수가 같고, 질량수가 다른 동위 원소이다.

ⓒ. (라)는 중성자수가 $x+2=14$이고, 질량수가 27이므로 양성자수는 13이다. 원자 번호는 (가)~(라)가 각각 11, 12, 12, 13이므로 원자 번호가 가장 큰 것은 (라)이다.

05 물질의 구성 입자와 동위 원소

$^{1}H^{37}Cl$ 분자 1개에 들어 있는 중성자수는 20이므로 (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 전체 중성자의 양은 40 mol로 같다.

ⓐ. (가)에 들어 있는 기체의 전체 중성자의 양은 40 mol이므로 $2\times(a-17)=40$이고, $a=37$이다.

ⓑ. 용기 속에 들어 있는 기체의 전체 양성자의 양은 (나)에서와 (다)에서가 36 mol로 같다.

✗. 용기 속에 들어 있는 기체의 질량은 (나)와 (다)가 각각 76 g, 74 g이므로 (나)>(다)이다.

06 물질의 구성 입자

원자는 양성자수와 전자 수가 같다. ^{4}X의 전자 수가 2이므로 ^{4}X의 양성자수는 2이고, 중성자수는 2이다. ^{4}X 1 g에 들어 있는 중성자의 양은 $\frac{1}{4}$ mol$\times 2=\frac{1}{2}$ mol이므로 ^{12}Y 1 g에 들어 있는 중성자의 양도 $\frac{1}{2}$ mol이다. ^{12}Y의 양성자수를 y라고 하면 중성자수는 $12-y$이고, ^{12}Y 1 g의 양은 $\frac{1}{12}$ mol이므로 ^{12}Y 1 g에 들어 있는 중성자의 양은 $\frac{1}{12}$ mol$\times(12-y)=\frac{1}{2}$ mol이며, $y=6$이다. 따라서 $\frac{^{4}X\text{의 양성자수}}{^{12}Y\text{의 양성자수}}=\frac{2}{6}=\frac{1}{3}$이다.

07 동위 원소의 존재 비율과 평균 원자량

자연계에서 Y는 ^{a}Y와 ^{a+2}Y로만 존재하므로 자연계에는 분자량이 $2a$, $2a+2$, $2a+4$인 Y_2만 존재한다.

ⓐ. $\frac{\text{분자량이 } 2a+2\text{인 } Y_2\text{의 존재 비율(\%)}}{\text{분자량이 } 2a\text{인 } Y_2\text{의 존재 비율(\%)}}=2$이므로 자연계에서 원소의 존재 비율은 ^{a}Y와 ^{a+2}Y가 각각 50%, 50%이고, $\frac{^{a+2}Y\text{의 존재 비율(\%)}}{^{a}Y\text{의 존재 비율(\%)}}=1$이다.

ⓑ. 자연계에서 $\frac{^{a+2}Y\text{의 존재 비율(\%)}}{^{a}Y\text{의 존재 비율(\%)}}=1$이므로 Y의 평균 원자량은 $a+1$이다. XY의 화학식량은 $23+a+1=103$이므로 $a=79$이다.

ⓒ. $a=79$이므로 자연계에는 분자량이 158, 160, 162인 Y_2가 존재한다.

08 원자와 이온의 구성 입자

Li 원자는 양성자수와 전자 수가 같고, O^{2-}은 전자 수가 양성자수보다 2만큼 크다. Li 원자와 O^{2-}의 양성자수와 전자 수는 표와 같다.

원자 또는 이온	Li	O^{2-}
양성자수	3	8
전자 수	3	10

✕. Li 원자에서 구성 입자 수의 비는 ㉠ : ㉡ : ㉢=3 : 3 : 4이므로 ㉢은 중성자이다. O^{2-}에서 구성 입자 수 비는 ㉠ : ㉡=5 : 4이므로 ㉠은 전자, ㉡은 양성자이다.

✕. O^{2-}에서 구성 입자 수 비는 ㉡ : ㉢=4 : 5이고, ㉡의 수는 8이므로 O^{2-}의 질량수는 18이다.

㉢. $^{19}F^-$은 ㉠과 ㉢의 수가 10으로 같다.

수능 3점 테스트 본문 56~60쪽

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

01 원자와 이온의 구성 입자

^{19}Y의 양성자수를 y라고 하면, 전자 수는 y이고, 중성자수는 $19-y$이다. ^{19}Y의 중성자수−전자 수=$(19-y)-y=19-2y=1$이므로 $y=9$이다. $^{23}Z^+$의 양성자수를 z라고 하면, 전자 수는 $z-1$이고, 중성자수는 $23-z$이다. $^{23}Z^+$의 중성자수−전자 수=$(23-z)-(z-1)=24-2z=2$이므로 $z=11$이다.

㉠. 양성자수는 ^{19}Y, $^{23}Z^+$이 각각 9, 11이므로 $^{23}Z^+$이 ^{19}Y보다 2만큼 크다.

㉡. 전자 수는 $^{16}X^{2-}$과 $^{23}Z^+$이 같으므로 $^{16}X^{2-}$의 전자 수는 $z-1=10$이고, 양성자수는 8, 중성자수는 8이다. 따라서 $^{16}X^{2-}$은 양성자수와 중성자수가 같다.

㉢. $^{16}X^{2-}$의 중성자수−전자 수=a이므로 $8-10=a$이고, $a=-2$이다.

02 원자와 이온의 구성 입자

$^{17}O^{2-}$의 양성자수, 중성자수, 전자 수는 각각 8, 9, 10이므로 ㉠은 양성자수이다.

㉠. 전자 수 비는 $^{12}C : {}^{17}O^{2-}=6 : 10$, 중성자수 비는 $^{12}C : {}^{17}O^{2-}=6 : 9$이므로, ㉡은 전자 수, ㉢은 중성자수이다.

㉡. $a=2$, $b=3$이므로 $\frac{b}{a}=\frac{3}{2}$이다.

✕. (가)는 양성자수와 전자 수가 각각 12, 10이므로 전하가 +2인 이온이다.

03 물질의 구성 입자

^aX는 ^bY보다 양성자수와 중성자수가 각각 2만큼 크므로 $a=b+4$이고, $^aX^bY$의 화학식량은 $a+b=42$이므로 $a=23$, $b=19$이다.

^bY는 중성자수가 전자 수보다 1만큼 크므로 중성자수는 10, 양성자수는 9이고, ^aX는 ^bY보다 중성자수가 2만큼 크므로 ^aX의 중성자수는 12이다. 따라서 $\frac{b}{^aX\text{의 중성자수}}=\frac{19}{12}$이다.

04 물질의 구성 입자와 동위 원소

^{36}Y는 양성자수와 중성자수가 같으므로 ^{36}Y의 양성자수와 중성자수는 각각 18, 18이고, 양성자수는 ^{40}Y가 ^{20}X보다 8만큼 크므로 ^{20}X의 양성자수는 10, 중성자수는 10이며, ^{40}Y의 중성자수는 22이다. ^{40}Y 1 g과 ^{20}X 1 g의 양이 각각 $\frac{1}{40}$ mol, $\frac{1}{20}$ mol이므로 $\frac{1\text{ g의 }{}^{20}X\text{에 들어 있는 중성자수}}{1\text{ g의 }{}^{40}Y\text{에 들어 있는 중성자수}}=\frac{\frac{1}{20}\times 10}{\frac{1}{40}\times 22}=\frac{10}{11}$이다.

05 물질의 구성 입자와 동위 원소

실린더에 들어 있는 기체의 부피비는 (가) : (나)=7 : 9이므로 기체의 몰비는 (가) : (나)=$\frac{4}{3}$: $(x+1)$=7 : 9이고, $x=\frac{5}{7}$이다.

✕. (가)에 들어 있는 기체의 질량은 60 g이고, (나)에 들어 있는 기체의 질량(g) 합은 $(a+19)\times\frac{5}{7}+45$이다. (가)에 들어 있는 기체의 질량은 (나)에 들어 있는 기체의 질량 합과 같으므로 $(a+19)\times\frac{5}{7}+45=60$이고, $a=2$이다. 따라서 $\frac{a}{x}=\frac{2}{\frac{5}{7}}=\frac{14}{5}$이다.

㉡. $^{13}C^{16}O_2$ 분자에 들어 있는 중성자수는 23이고, $^aH^{19}F$ 분자에 들어 있는 중성자수는 11이므로

$\frac{1\text{ mol의 }{}^{13}C^{16}O_2\text{에 들어 있는 중성자수}}{1\text{ mol의 }{}^aH^{19}F\text{에 들어 있는 중성자수}}=\frac{23}{11}$이다.

㉢. (나)에서 $\frac{^aH^{19}F(g)\text{의 질량}}{^{13}C^{16}O_2(g)\text{의 질량}}=\frac{15}{45}=\frac{1}{3}$이다.

06 물질의 구성 입자와 동위 원소

$^{14}N^aO$ 분자에 들어 있는 중성자수는 $7+(a-8)=a-1$이고, $^{35}Cl_2{}^{16}O$ 분자에 들어 있는 중성자수는 $18\times 2+8=44$이다.

$^{14}N^aO(g)$ 62 g의 양은 $\frac{62}{14+a}$ mol이므로

$\frac{(나)\text{에 들어 있는 기체의 전체 중성자수}}{(가)\text{에 들어 있는 기체의 전체 중성자수}}=\frac{44}{\frac{62}{(14+a)}\times(a-1)}$

$=\frac{11}{8}$이고, $a=17$이다. $^{14}N^{a}O$ 1 mol에 들어 있는 양성자의 양은 15 mol이고, $^{14}N^{a}O$의 분자량은 31이므로 (가)에 들어 있는 $^{14}N^{a}O$의 양은 2 mol이며, (가)에 들어 있는 기체의 전체 양성자의 양은 30 mol이다. 따라서

$\frac{a}{\text{(가)에 들어 있는 기체의 전체 양성자의 양(mol)}}=\frac{17}{30}$이다.

07 동위 원소의 구성 입자와 평균 원자량

원자는 양성자수와 전자 수가 같다. ^{a}X 원자에 들어 있는 전자 수가 5이므로 ^{a}X의 양성자수는 5이다.

^{b}X 원자에 들어 있는 중성자수는 $\frac{a}{2}+1$이므로 $b=\left(\frac{a}{2}+1\right)+5=\frac{a}{2}+6$이다.

㉠. X의 평균 원자량은 $\frac{a\times20+b\times80}{100}=\frac{a\times20+\left(\frac{a}{2}+6\right)\times80}{100}=10.8$이므로 $a=10$, $b=11$이다.

Ⅹ. ^{a}X 원자에 들어 있는 양성자수가 5이고 $a=10$이므로 ^{a}X 원자에 들어 있는 중성자수는 5이다.

㉢. $\frac{\text{1 g의 }^{a}X\text{에 들어 있는 중성자수}}{\text{1 g의 }^{b}X\text{에 들어 있는 중성자수}}=\frac{\frac{1}{10}\times5}{\frac{1}{11}\times6}=\frac{11}{12}$이다.

08 원자의 구성 입자와 동위 원소, 평균 원자량

자연계에서 존재 비율이 $^{a}X : {}^{b}X=70 : 30$인데, X의 평균 원자량이 $a+0.6$이므로 $\frac{70\times a+30\times b}{100}=a+0.6$이고, $b=a+2$이다. 중성자수는 ^{a}X와 ^{b}X가 각각 34, 36이므로 $a=63$, $b=65$이다. 자연계에서 존재 비율이 $^{c}Y : {}^{c+2}Y=50 : 50$인데, Y의 평균 원자량이 80이므로 $c=79$이고, ^{c+2}Y의 질량수와 중성자수는 각각 81, 46이므로 ^{c+2}Y의 양성자수는 35이고 $n=35$이다. 따라서

$\frac{b}{n}=\frac{65}{35}=\frac{13}{7}$이다.

09 물질의 구성 입자

실린더에 들어 있는 기체의 부피비는 (가) : (나)$=x$: 3이고, 질량비는 (가) : (나)$=44x$: $(16+14n\times2)$이므로 밀도비는 (가) : (나)$=\frac{44x}{x}$: $\frac{(16+28n)}{3}=11$: 6이고, $n=2$이다. CO_2 분자에 들어 있는 전체 양성자수는 22이고 CH_4 분자와 C_2H_4 분자에 들어 있는 전체 양성자수는 각각 10, 16이므로 실린더에 들어 있는 기체의 전체 양성자수의 비는 (가) : (나)$=22x$: $(10+16\times2)=22$: 21이고, $x=2$이다. 따라서 $\frac{x}{n}=1$이다.

10 물질의 구성 입자

$^{12}C^{1}H_4(g)$ 8 g의 부피가 $2V$ L이므로 t℃, 1 atm에서 기체 $\frac{1}{4}$ mol의 부피는 V L이다. (나)에서 $^{12}C_2{}^{1}H_n(g)$ $3w$ g의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이므로 분자량은 $12w=24+n$이고, $^{a}H_2{}^{16}O(g)$ $4w$ g의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이므로 분자량은 $8w=2a+16$이다. $^{12}C^{1}H_4$, $^{12}C_2{}^{1}H_n$, $^{a}H_2{}^{16}O$ 분자에 들어 있는 중성자수는 각각 6, 12, $2(a-1)+8=2a+6$이므로 $^{12}C^{1}H_4(g)$ 8 g, $^{12}C_2{}^{1}H_n(g)$ $3w$ g, $^{a}H_2{}^{16}O(g)$ $4w$ g에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 각각 3, 3, $a+3$이다. (다)의 실린더에 들어 있는 기체의 전체 중성자의 양(mol)은 $3+3+(a+3)=11$이므로 $a=2$이고, $8w=2a+16$이므로 $w=\frac{5}{2}$이다. $^{12}C_2{}^{1}H_n$ 분자량은 $12w=24+n$이므로 $n=6$이다.

따라서 $w\times\frac{n}{a}=\frac{5}{2}\times\frac{6}{2}=\frac{15}{2}$이다.

05 현대적 원자 모형과 전자 배치

수능 2점 테스트 본문 69~71쪽

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

01 원자의 전자 배치

파울리 배타 원리에 따르면 1개의 오비탈에 서로 다른 스핀 자기 양자수를 갖는 전자가 최대 2개까지 채워진다. 따라서 '파울리 배타 원리'와 '스핀 자기 양자수'는 각각 (가)와 (나)로 적절하다.

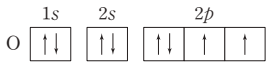
02 바닥상태 원자의 전자 배치와 양자수

원자 번호가 8~12인 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n+m_l=2$인 것은 $2s$와 $m_l=0$인 $2p$이고, $n+m_l=3$인 것은 $m_l=+1$인 $2p$와 $3s$이다. 원자 번호가 8~12인 원자는 바닥상태 전자 배치에서 모두 $2s$ 오비탈에 전자 2개가 들어 있으므로 바닥상태 원자 X의 전자 배치에서

$\frac{n+m_l=3\text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{n+m_l=2\text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}=\frac{3}{4}$인 경우는 $2s$ 오비탈과 $m_l=0$인 $2p$ 오비탈에 각각 전자가 2개씩 들어 있고, $m_l=+1$인 $2p$ 오비탈에 전자 2개, $3s$ 오비탈에 전자가 1개 들어 있는 전자 배치이다. 따라서 바닥상태 원자 X의 전자 배치로 적절한 것은 ④이다.

03 바닥상태 원자의 전자 배치와 양자수

바닥상태 O 원자의 전자 배치는 다음과 같다.



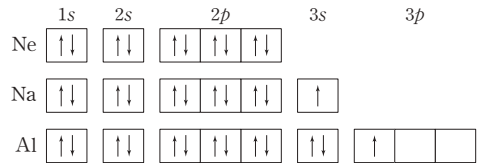
㉠. 홀전자 수는 Li과 O가 각각 1, 2이므로 홀전자 수는 바닥상태 O 원자의 전자 배치에서가 바닥상태 Li 원자의 전자 배치에서의 2배이다.

✗. $n-l$는 $1s$, $2s$, $2p$ 오비탈이 각각 1, 2, 1이고, ㉠의 $n-l=2$이므로 바닥상태 O 원자의 전자 배치에서 ㉠보다 $n-l$가 큰 전자는 존재하지 않는다.

㉢. $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4이므로 파울리 배타 원리에 의해 ㉠과 m_s가 서로 다른 전자가 들어 있다.

04 바닥상태 원자의 전자 배치와 스핀 자기 양자수

3가지 원자의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.



㉠. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Ne, Na, Al이 각각 6, 6, 7이므로 X는 Al이다.

㉡. Ne과 Na의 홀전자 수는 각각 0, 1이므로 $|㉠-㉡|$은 Ne, Na이 각각 0, 1이다. 따라서 Y는 Na, Z는 Ne이고, Z는 홀전자 수가 0이다.

✗. $\frac{p\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$는 Y(Na), Z(Ne)가 각각 $\frac{6}{5}$, $\frac{6}{4}$이므로 Z>Y이다.

05 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

3가지 원자의 전자 배치는 다음과 같다.

B : $1s^2 2s^2 2p^1$ C : $1s^2 2s^2 2p^2$ N : $1s^2 2s^2 2p^3$

m_l는 $1s$, $2s$ 오비탈이 모두 0이고, $2p$ 오비탈은 -1, 0, $+1$이다. 전자가 들어 있는 오비탈의 m_l 합은 B, C, N가 모두 a로 같은데, 바닥상태 N 원자의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈의 m_l 합은 0이므로 $a=0$이고, B 원자는 $m_l=0$인 $2p$ 오비탈에 전자가 1개 들어 있으며, C 원자는 $m_l=-1$인 $2p$ 오비탈과 $m_l=+1$인 $2p$ 오비탈에 전자가 각각 1개씩 들어 있다. C에서 $n+m_l=2$인 오비탈은 $2s$와 $m_l=0$인 $2p$이므로 $b=2$이다. 따라서 $a+b=2$이다.

06 바닥상태 원자의 전자 배치

바닥상태에서 $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$는 Be, O, Ne이 각각 0, $\frac{2}{5}$, 0이므로 X와 Y는 각각 Be과 Ne 중 하나이다. Be, O, Ne의 양성자수는 각각 4, 8, 10이고, $\frac{\text{Z의 양성자수}}{\text{X의 양성자수}}=2$이므로 X가 Be, Y는 Ne, Z는 O이다.

㉠. 원자 번호는 Y(Ne)가 가장 크다.

✗. 바닥상태 X(Be)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2$이므로 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 2이다.

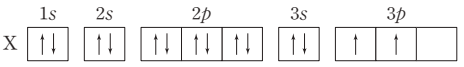
✗. Z(O)의 홀전자 수는 2이다.

07 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

3주기 바닥상태 원자에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈의 $\frac{n+l}{n-l}$는 표와 같다.

오비탈	$1s$	$2s$	$2p$	$3s$	$3p$
$\frac{n+l}{n-l}$	1	1	3	1	2

$\frac{n+l}{n-l}>1$인 오비탈은 $2p$와 $3p$이고, $\frac{n+l}{n-l}>1$인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 8이므로 바닥상태 X 원자의 전자 배치는 다음과 같다.



따라서 X의 양성자수는 14, $a=8$이므로 $\frac{a}{\text{X의 양성자수}}=\frac{4}{7}$이다.

08 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

바닥상태 2, 3주기 원자에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈 중 $n-l=2$인 오비탈은 $2s$와 $3p$이고, 제시된 원자들의 전자 배치에서 $\frac{㉠}{\text{양성자수}}$은 표와 같다.

원자	O	Ne	Mg	Si	P
$\frac{㉠}{\text{양성자수}}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{4}{14}$	$\frac{5}{15}$

$\frac{㉠}{\text{양성자수}}$의 비는 X : Y : Z=2 : 3 : 4이므로 X~Z는 각각 Mg, O, P이다.

✗. ㉠은 X~Z가 각각 2, 2, 5이다.

㉡. 원자가 전자 수는 X~Z가 각각 2, 6, 5이므로 Y(O)가 가장 크다.

✗. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 X(Mg)와 Z(P)가 6으로 같다.

09 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

제시된 원자의 p 오비탈과 s 오비탈에 각각 들어 있는 전자 수는 표와 같다.

원자	B	C	N	O	Ne
p 오비탈에 들어 있는 전자 수	1	2	3	4	6
s 오비탈에 들어 있는 전자 수	4	4	4	4	4

$\frac{p\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$의 비는 X : Y : Z=1 : 2 : 3이므로 X~Z는 각각 B, C, N 또는 C, O, Ne 중 하나이다. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 Z>X이므로 X~Z는 각각 C, O, Ne이다.

㉠. 바닥상태 Z(Ne) 원자의 전자 배치에서 홀전자는 존재하지 않고, 모든 전자들이 쌍을 이루고 있으므로 모든 전자의 m_s 합은 0이다.

㉡. 홀전자 수는 X(C)와 Y(O)가 2로 같다.

㉢. 2주기 원자의 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈 중 $n+l=3$인 오비탈은 $2p$이므로 $n+l=3$인 오비탈에 들어 있는 전자 수 비는 Y(O) : Z(Ne)=2 : 3이다.

10 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

m_l는 s 오비탈이 0, p 오비탈은 −1, 0, +1인데 m_l가 (가)>(나)>(다)이므로 (가)~(다)의 m_l는 각각 +1, 0, −1이다. $n-l$는 $2s$, $2p$, $3s$, $3p$ 오비탈이 각각 2, 1, 3, 2이므로 (가)는 $m_l=+1$인 $2p$, (나)는 $2s$, (다)는 $m_l=-1$인 $3p$이다.

㉠. 에너지 준위는 (가)>(나)이다.

㉡. $l+m_l$는 (나)와 (다)가 0으로 같다.

✗. 바닥상태 Al 원자의 전자 배치에서 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수는 1이다.

11 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

3주기 바닥상태 원자의 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈의 $n+l$과 $n-l$는 표와 같다.

오비탈	$1s$	$2s$	$2p$	$3s$	$3p$
$n+l$	1	2	3	3	4
$n-l$	1	2	1	3	2

$n-l=2$인 오비탈은 $2s$, $3p$이므로 들어 있는 전자 수가 3인 X는 Al이다. $n+l=4$인 오비탈은 $3p$이므로 X(Al)에서 $n+l=4$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 1이며, $x=1$이다. $n+l=4$인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 3인 Y는 P이고, Y(P)에서 $n-l=2$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 5이므로 $y=5$이다. 따라서 $\frac{y}{x}=5$이다.

12 이온과 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

$l=1$인 오비탈은 p이다. X는 ㉠−㉡=1이므로 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 원자일 때가 이온일 때보다 1만큼 크다. Z는 ㉠−㉡=−2이므로 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 원자일 때가 이온일 때보다 2만큼 적다. 따라서 X와 Z는 각각 Al, O이고, 홀전자 수가 0인 Y는 Mg이다.

✗. X(Al)의 홀전자 수는 1이므로 $x=1$이고, Y(Mg)는 ㉠−㉡=0이므로 $y=0$이다. 따라서 $x+y=1$이다.

㉡. X(Al)와 Y(Mg)는 모두 3주기 원소이다.

✗. $l=0$인 오비탈은 s 오비탈이므로 $l=0$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X(Al)가 6, Z(O)가 4이다.

수능 3점 테스트

본문 72~77쪽

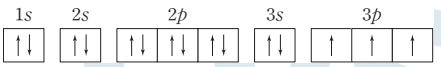
01 ③	02 ③	03 ①	04 ⑤	05 ⑤	06 ①
07 ②	08 ⑤	09 ⑤	10 ③	11 ①	12 ③

01 바닥상태 원자의 전자 배치

쌓음 원리에 따르면 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 순서대로 전자가 채워져야 하고, 파울리 배타 원리에 따르면 1개의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 자기 양자수를 갖는다. 훈트 규칙에 따르면 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 쌍을 이루지 않는 전자(홀전자) 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다. ③은 쌓음 원리와 파울리 배타 원리는 만족하지만 에너지 준위가 같은 $2p$ 오비탈에 홀전자 수가 최대가 되도록 배치되지 않았으므로 훈트 규칙은 만족하지 않는다. 따라서 (가)로 가장 적절한 것은 ③이다.

02 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

바닥상태 P 원자의 전자 배치는 다음과 같다.



바닥상태 P 원자의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n+l+m_l=3$인 오비탈은 $m_l=0$인 $2p$, $3s$, $m_l=-1$인 $3p$이고, $n+l+m_l=5$인 오비탈은 $m_l=+1$인 $3p$이다. 따라서 (라)는 $m_l=+1$인 $3p$이고, $b=1$이며, (다)는 $m_l=-1$인 $3p$이다. 에너지 준위는 (가)>(나)이므로 (가)는 $3s$, (나)는 $m_l=0$인 $2p$이고, $a=2$이다.

㉠. $a=2$, $b=1$이므로 $a>b$이다.

✗. n는 (나)가 2, (라)가 3이므로 (라)>(나)이다.

㉢. m_l는 (가)가 0, (다)가 -1이므로 (가)>(다)이다.

03 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

4가지 원자의 $\frac{\text{전자가 1개 들어 있는 오비탈 수}}{\text{전자가 2개 들어 있는 오비탈 수}}$는 B, F, Na, Al이 각각 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$이므로 B>F>Na>Al이고, 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $\frac{l}{n}$는 각각 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, 0, $\frac{1}{3}$이므로 B=F>Al>Na이다. 따라서 W~Z는 각각 B, F, Al, Na이다.

㉠. 홀전자 수는 W~Z가 모두 1로 같다.

✗. W(B)는 2주기 원소이다.

✗. $n+l=3$인 오비탈은 $2p$와 $3s$이다. $n+l=3$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 W(B)와 X(F)가 각각 1, 5이므로 X가 W의 5배이다.

04 바닥상태 원자의 전자 배치

Li, Be, B, C 원자의 $\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$와 홀전자 수는 표와 같다.

원자	Li	Be	B	C
$\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1
홀전자 수	1	0	1	2

따라서 X~Z는 각각 Li, B, Be이다.

㉠. 원자 번호는 Y(B)가 가장 크다.

㉡. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 X(Li)와 Z(Be)가 2로 같다.

㉢. p 오비탈에 전자가 들어 있는 원자는 Y(B) 1가지이다.

05 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

제시된 원자들의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n-l=1$인 오비탈은 $1s$, $2p$, $n-l=2$인 오비탈은 $2s$, $n-l=3$인 오비탈은 $3s$이다. $\frac{\text{X의 홀전자 수}}{\text{Y의 홀전자 수}}=2$이므로 X는 홀전자 수가 2인 O이고, Y는 홀전자 수가 1인 B와 F 중 하나이다.

㉠. 제시된 원자들은 모두 $2s$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 같고, $3s$ 오비탈에 전자가 들어 있는 것은 Mg뿐이므로 $a=1$이고, $n-l=1$인 오비탈($1s$, $2p$)에 들어 있는 전자 수는 B, F, Mg이 각각 3, 7, 8이므로 Y는 B, Z는 Mg이다.

㉡. X(O)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$로 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수가 3이다.

㉢. $n+l=3$인 오비탈은 $2p$, $3s$이므로 Z(Mg)의 전자 배치에서 $n+l=3$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 8이다.

06 바닥상태 원자의 전자 배치

바닥상태 원자의 전자 배치에서 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수는 N, O, Al이 각각 2, 2, 3이고, 전자가 1개 들어 있는 p 오비탈 수는 N, O, Al이 각각 3, 2, 1이다.

㉠. ㉠은 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수, ㉡은 전자가 1개 들어 있는 p 오비탈 수이다.

✗. X~Z는 각각 Al, O, N이다.

✗. 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수는 Y(O)와 Z(N)가 각각 1, 0이므로 Y>Z이다.

07 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

Li, Be, C, Mg 원자의 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n-l>1$인 것은 $2s$, $3s$이다.

$\frac{\text{원자가 전자 수}}{n-l>1\text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$를 (가)라고 하면, 바닥상태 Li, Be, C, Mg 원자의 전자 배치에서 (가)와 홀전자 수는 표와 같다.

원자	Li	Be	C	Mg
(가)	1	1	2	$\frac{1}{2}$
홀전자 수	1	0	2	0

따라서 X~Z는 각각 Mg, Li, C이다.

✕. X(Mg)와 Y(Li)는 다른 주기 원소이다.

ㄴ. Y(Li)는 2s 오비탈에 홀전자가 들어 있으므로 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $n-l=2$로 1보다 크다.

✕. $l=0$인 오비탈은 s 오비탈이고, $l=1$인 오비탈은 p 오비탈이다. 바닥상태 Z(C) 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$이므로 $\frac{l=1\text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{l=0\text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}=\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$이다.

08 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

바닥상태 X~Z의 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈의 l, m_l, $l+m_l$는 표와 같다.

오비탈	1s	2s	2p			3s	3p		
l	0	0	1			0	1		
m_l	0	0	−1	0	+1	0	−1	0	+1
$l+m_l$	0	0	0	1	2	0	0	1	2

$l+m_l=1$인 오비탈은 $m_l=0$인 2p와 $m_l=0$인 3p이다.

ㄱ. $l+m_l=1$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Z>Y>X인데, X~Z가 모두 3주기 원소이므로 $m_l=0$인 2p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 모두 2로 같고, $m_l=0$인 3p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X~Z가 각각 0, 1, 2이다. Al, Si, S 중 $m_l=0$인 3p 오비탈에 전자가 2개 들어갈 수 있는 원자는 S이므로 Z는 $m_l=0$인 3p 오비탈에 전자가 2개 들어 있는 S이다. 원자 번호는 X>Y이므로 X는 $m_l=0$인 3p 오비탈에 전자가 들어 있지 않은 Si이고, Y는 $m_l=0$인 3p 오비탈에 전자가 1개 들어 있는 Al이다.

ㄴ. Y(Al)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 7이다.

ㄷ. $n+m_l=1$인 오비탈은 1s와 $m_l=-1$인 2p이므로 3주기 원자인 Y(Al)와 Z(S)에서 $n+m_l=1$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4로 같다.

09 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

$n+l=3$인 오비탈은 2p, 3s이므로 $n+l=3$인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 6인 X는 Ne이다. 바닥상태 Ne 원자의 전자 배치에서 $\frac{p\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}=\frac{3}{2}$이고,

$\frac{p\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$의 비가 X : Y : Z=9 : 10 : 6이므로 $\frac{p\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s\text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$는 Y가 $\frac{5}{3}$, Z가 1이다. 따라서 Y는 S, Z는 Mg이다.

✕. s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X(Ne)와 Z(Mg)가 각각 4, 6으로 Z>X이다.

ㄴ. 홀전자 수는 X(Ne)와 Y(S)가 각각 0, 2이므로 Y>X이다.

ㄷ. $n+l=4$인 오비탈은 3p와 4s이므로 $n+l=4$인 오비탈에 전자가 들어 있는 원자는 Y(S) 1가지이다.

10 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

제시된 원자 번호의 원자들의 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈은 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s이므로 가능한 $n+l$는 1, 2, 3, 4이고, $a=2$ 또는 3이다. $a=2$일 때 X에서 $n+l=a-1=1$인 오비탈에 들어 있는 전자 수와 $n+l=a=2$인 오비탈에 들어 있는 전자 수 비가 1 : 3인데, $n+l=1$인 오비탈과 $n+l=2$인 오비탈은 각각 1s, 2s이므로 들어 있는 전자 수 비가 1 : 3이 될 수 없다. 따라서 $a=3$이다.

ㄱ. $n+l=a-1=2$인 오비탈은 2s이고, X에서 $n+l=2$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $x=2$이므로 $n+l=3$인 2p와 3s에 들어 있는 전자 수는 $3x=6$이고, X는 Ne이다. Y는 $n+l=a+1=4$인 3p와 4s에 들어 있는 전자 수가 $3x=6$이므로 Y는 Ar이다. Z는 $n+l=3$인 오비탈인 2p와 3s에 들어 있는 전자 수와 $n+l=4$인 오비탈인 3p와 4s에 들어 있는 전자 수가 z로 같으므로 Z는 Ca이고, $z=8$이다. 따라서 X(Ne)와 Y(Ar)는 같은 족 원소이다.

✕. $a\times\frac{z}{x}=3\times\frac{8}{2}=12$이다.

ㄷ. X와 Z의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$이므로 $\frac{\text{X에서 전자가 들어 있는 오비탈 수}}{\text{Z에서 전자가 들어 있는 오비탈 수}}=\frac{5}{10}=\frac{1}{2}$이다.

11 오비탈의 양자수

2s, 2p, 3p 오비탈의 n, l, m_l과 $n+m_l$, $l+m_l$는 표와 같다.

오비탈	2s	2p			3p		
n	2	2			3		
l	0	1			1		
m_l	0	−1	0	+1	−1	0	+1
$n+m_l$	2	1	2	3	2	3	4
$l+m_l$	0	0	1	2	0	1	2

$n+m_l$는 (가)=(나)>(다)이므로 가능한 $n+m_l$의 조합은 (가)~(다)가 각각 (3, 3, 2), (3, 3, 1), (2, 2, 1) 3가지인데, (가)~(다) 중 $n+m_l=2$인 2s가 포함되어 있으므로 $n+m_l$의 조합은 (가)~(다)가 각각 (3, 3, 2), (2, 2, 1) 중 1가지이다.

i) (가)~(다)의 $n+m_l$가 (2, 2, 1)인 경우

$n+m_l=2$인 것은 2s 오비탈과 $m_l=-1$인 3p 오비탈이고, $n+m_l=1$인 것은 $m_l=-1$인 2p 오비탈이다. (가)와 (나)는 각각 2s 오비탈과 $m_l=-1$인 3p 오비탈 중 하나인데, 두 오비탈은 모두 $l+m_l=0$이므로 $l+m_l$는 (나)>(가)라는 조건에 모순된다.

ii) (가)~(다)의 $n+m_l$가 (3, 3, 2)인 경우

$n+m_l=3$인 것은 $m_l=0$인 $3p$ 오비탈과 $m_l=+1$인 $2p$ 오비탈인데, (가)~(다)가 $2s$, $2p$, $3p$를 순서 없이 나타낸 것이므로 (다)는 $n+m_l=2$인 $2s$이고, (가)와 (나)는 각각 $m_l=0$인 $3p$와 $m_l=+1$인 $2p$ 중 하나이다. $l+m_l$는 $m_l=0$인 $3p$ 오비탈이 1, $m_l=+1$인 $2p$ 오비탈이 2이고, $l+m_l$는 (나)>(가)이므로 (가)는 $m_l=0$인 $3p$, (나)는 $m_l=+1$인 $2p$이다.

㉠. m_l는 (나)와 (다)가 각각 +1, 0이므로 (나)>(다)이다.

✗. 에너지 준위는 $3p>2p$이므로 (가)>(나)이다.

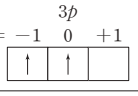
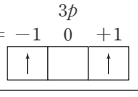
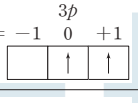
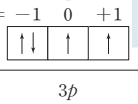
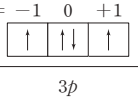
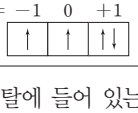
✗. (나)는 $m_l=+1$인 $2p$이므로 $\frac{n+l}{n+m_l}=\frac{2+1}{2+1}=1$이다.

12 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

W~Z에서 전자가 들어 있는 오비탈의 n, m_l, $n+m_l$는 표와 같다.

오비탈	$1s$	$2s$	$2p$			$3s$	$3p$		
n	1	2	2			3	3		
m_l	0	0	−1	0	+1	0	−1	0	+1
$n+m_l$	1	2	1	2	3	3	2	3	4

$n+m_l=2$인 오비탈은 $2s$, $m_l=0$인 $2p$, $m_l=-1$인 $3p$이다. 바닥상태 3주기 원자는 $2s$와 $m_l=0$인 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 모두 같으므로 $m_l=-1$인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 W>X=Y>Z이다. Mg과 P은 각각 $m_l=-1$인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 0, 1이고, Si와 S은 $3p$ 오비탈의 전자 배치에 따라 다음과 같은 경우가 존재한다.

원자	$3p$ 오비탈의 전자 배치	$m_l=-1$인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수
Si		1
		1
		0
S		2
		1
		1

$m_l=-1$인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 W>X=Y>Z이므로 W와 Z는 각각 $m_l=-1$인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 2인 S과 0인 Mg이고, X와 Y는 각각 $m_l=-1$인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 1인 Si와 P 중 하나이다. $n+m_l=3$인 오비탈은 $m_l=+1$인 $2p$, $3s$, $m_l=0$인 $3p$이고, $n+m_l=3$인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 X>Y이므로 X는 P, Y는 $m_l=0$인 $3p$ 오비탈에 전자가 들어 있지 않은 Si이다.

㉠. W는 S이다.

✗. Y(Si)는 $m_l=0$인 $3p$ 오비탈에 전자가 들어 있지 않다.

㉢. $n+m_l=3$인 오비탈은 $m_l=+1$인 $2p$, $3s$, $m_l=0$인 $3p$이므로 $n+m_l=3$인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 W(S)와 Z(Mg)가 각각 5, 4이다.

06 원소의 주기적 성질

수능 2점 테스트 본문 86~88쪽

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

01 원자 모형과 주기적 성질

X~Z는 각각 Li, Na, O이다.

✗. 3주기 원소는 Y(Na) 1가지이다.

㉡. X와 Y는 각각 Li과 Na으로 같은 족 원소이다.

㉢. Y(Na)와 Z(O)의 홀전자 수는 각각 1과 2이다.

02 전자 배치와 주기적 성질

전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수가 1인 2주기 원소 X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$로 O이고, O와 홀전자 수가 같은 2주기 원소 Y는 C이다.

㉠. 원자 번호는 X(O)>Y(C)이다.

✗. Y는 C로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$이다. 따라서 $\frac{p\text{ 오비탈의 전자 수}}{s\text{ 오비탈의 전자 수}}=\frac{1}{2}$이다.

㉢. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 원자 반지름은 Y(C)>X(O)이다.

03 2, 3주기 원소의 주기적 성질

W~Z는 각각 Li, Na, F, Cl이다.

✗. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Y>W이다.

㉡. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 W~Z 중에서 원자 반지름이 가장 큰 것은 Na인 X이다.

✗. 1족 원소는 원자가 전자가 1개이므로 제2 이온화 에너지가 제1 이온화 에너지에 비해 매우 크다. 따라서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$는 W(Li)>Z(Cl)이다.

04 유효 핵전하와 주기적 성질

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. 빗금 친 부분에 해당하는 원소는 각각 Li, N, Na, S 중 하나이다. 원자 반지름이 가장 큰 Z는 Na이고, 홀전자 수가 가장 큰 Y는 N이다. W와 X는 각각 Li, S 중 하나인데, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 W>Z이므로 W는 S이고, X는 Li이다.

㉠. X와 Z는 각각 Li과 Na으로 같은 족 원소이다.

㉡. W와 Y는 각각 S과 N이고, 제1 이온화 에너지는 N>O>S이므로 Y>W이다.

㉢. Y와 Z는 각각 N, Na이다. 1족 원소인 Na의 제2 이온화 에너지는 Ne보다 더 크므로 Z>Y이다.

05 원자 반지름과 이온화 에너지의 주기적 성질

㉠~㉤은 각각 Li, N, O, Na, Mg이다. 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수가 V=W>0이므로 V와 W는 각각 Na과 Mg 중 하나이다. 제2 이온화 에너지는 Li>Na>O>N>Mg이므로 조건을 만족하는 V~Z는 각각 Mg, Na, N, Li, O이다. 따라서 주기율표에서 X(N)에 해당하는 것은 ㉡이다.

06 순차 이온화 에너지

원자가 전자 수가 n일 때 $E_{n+1} \gg E_n$이다.

㉠. X는 $E_2 \gg E_1$이므로 원자가 전자 수가 1로 1족 원소이고, E_4가 존재하므로 Na이다.

✗. Y는 $E_3 \gg E_2$이므로 2족 원소인 Be과 Mg 중 하나이고, Z는 $E_4 \gg E_3$이므로 13족 원소인 B와 Al 중 하나이다. 제1 이온화 에너지는 Be>B, Be>Mg>Al이고, Z>Y이므로 Y와 Z는 각각 Mg과 B이다.

㉢. X와 Z는 각각 Na과 B이므로 원자 반지름은 X>Z이다.

07 원자 반지름과 이온 반지름의 주기적 성질

금속은 원자 반지름이 이온 반지름보다 크고, 비금속은 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다. 따라서 W와 X는 각각 Mg과 Al 중 하나이고, Y와 Z는 각각 O와 F 중 하나이다. 이때 O, F, Mg, Al의 $\frac{s\text{ 오비탈의 전자 수}}{p\text{ 오비탈의 전자 수}}$는 각각 1, $\frac{4}{5}$, 1, $\frac{6}{7}$이므로 조건을 만족하는 W~Z는 각각 Mg, Al, F, O이다.

㉠. X는 Al이므로 $b=\frac{6}{7}$이고, $a=1$이므로 $a>b$이다.

✗. W와 X는 각각 Mg과 Al으로 제2 이온화 에너지는 X>W이다.

㉢. Y와 Z는 각각 F과 O이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Y>Z이다.

08 원자 반지름과 제1 이온화 에너지

원자 반지름은 Na>Mg>N>O이고, 이온 반지름은 N>O>Na>Mg이다. 원자가 전자 수는 O>N>Mg>Na이고, 제1 이온화 에너지는 N>O>Mg>Na이다. 따라서 제시된 조건에 맞는 기준 ㉠과 ㉡으로 가장 적절한 것은 각각 제1 이온화 에너지와 원자 반지름이다.

09 유효 핵전하와 제2 이온화 에너지

같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자 번호는 Z>Y>X이다. 18족을 제외한 2주기 원자의 제2 이온화 에너지는 Li>O>F>N>B>C>Be이다. 따라서 조건을 만족하는 원자 번호가 연속인 X~Z는 각각 Li, Be, B이고, 제1 이온화 에너지는 Y(Be)>Z(B)>X(Li)이다.

10 전자 배치와 주기적 성질

$\frac{\text{㉠ 오비탈의 전자 수}}{\text{㉡ 오비탈의 전자 수}}$에서 ㉠과 ㉡이 s와 p에 관계없이 1인 Y와 Z는 각각 O와 Mg 중 하나이다.

㉠. ㉠이 s이면 $\frac{\text{㉠ 오비탈의 전자 수}}{\text{㉡ 오비탈의 전자 수}}$가 $\frac{3}{4}$인 X는 Si이다. 이때 O, Mg, Si의 전자가 들어 있는 오비탈 수는 각각 5, 6, 8로 조건을 만족하지 않는다. ㉠이 p이면 $\frac{\text{㉠ 오비탈의 전자 수}}{\text{㉡ 오비탈의 전자 수}}$가 $\frac{3}{4}$인 X는 N이다. 이때 N, O, Mg의 전자가 들어 있는 오비탈 수는 각각 5, 5, 6이므로 X~Z는 각각 N, Mg, O이다. 따라서 ㉠은 p이다.

✗. X와 Y는 각각 N와 Mg이므로 원자 반지름은 Y>X이다.

㉢. X와 Z는 각각 N와 O이므로 제1 이온화 에너지는 X>Z이다.

11 유효 핵전하와 주기적 성질

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. V와 W는 각각 Li, B, F 중 하나이고, X와 Y는 각각 C와 O 중 하나이며 Z는 N이다. 이때 V와 W의 원자가 전자 수 합이 X와 Y의 원자가 전자 수 합보다 작으므로 V~Z는 각각 F, Li, O, C, N이다.

㉠. V와 Y는 각각 F과 C이므로 원자 반지름은 Y>V이다.

㉡. X와 Z는 각각 O와 N이므로 제1이온화 에너지는 Z>X이다.

㉢. V와 W는 각각 F과 Li이므로 제2 이온화 에너지는 W>V이다.

12 이온화 에너지와 주기적 성질

W와 X는 원자 번호가 연속인 이웃한 원소이고, Y와 Z도 원자 번호가 연속인 이웃한 원소이다. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 크고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 작다. X보다 원자 번호가 3만큼 큰 Y가 W와 X보다 이온화 에너지가 작으므로 W와 X는 2주기, Y와 Z는 3주기 원소이다. 또한 2, 3주기 원자 중 이웃한 원자에서 원자 번호가 큰 원자의 제1 이온화 에너지가 작은 것은 2족과 13족, 15족과 16족 원소에 해당하므로 W~Z는 각각 O, F, Mg, Al이다.

㉠. W가 O이므로 W의 원자 번호 $a=8$이다.

✗. W~Z는 각각 O, F, Mg, Al이므로 원자 반지름은 Mg>Al>O>F으로 가장 큰 것은 Mg인 Y이다.

✗. Y와 Z는 각각 Mg과 Al이다. E_1(제1 이온화 에너지)는 Mg>Al이지만 E_2(제2 이온화 에너지)는 Al>Mg이므로 $\frac{E_2}{E_1}$는 Z>Y이다.

수능 3점 테스트 본문 89~94쪽

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

01 원자 반지름과 주기적 성질

O, F, Na, Al의 홀전자 수는 각각 2, 1, 1, 1이고, Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 전하는 각각 −2, −1, +1, +3이다. 또한 원자 반지름은 Na>Al>O>F이고, 이온 반지름은 O>F>Na>Al이다. 원자 반지름은 O가 F의 2배보다 작으므로 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{홀전자 수}}$은 Na>Al>F>O이고, $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$이 가장 작은 것은 Al이다.

✗. (가)가 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{홀전자 수}}$이라면 W~Z는 각각 O, F, Al, Na이다. 이때 $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$은 Al인 Y가 가장 작으므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 (가)는 $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$이고, (나)는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{홀전자 수}}$이고, W~Z는 각각 Al, O, Na, F이다.

✗. W와 Y는 각각 Al과 Na이다. Na의 제2 이온화 에너지는 2주기 Ne보다 크므로 제2 이온화 에너지는 Y>W이다.

㉢. X와 Z는 각각 O와 F이다. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 Z>X이다.

02 원자 반지름과 이온화 에너지

원자 반지름은 Na>Mg>O이고 이온 반지름은 O>Na>Mg이다. O, Na, Mg 중 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$은 O가 가장 작고, 제1 이온화 에너지는 O>Mg>Na이며, 제2 이온화 에너지는 Na>O>Mg이다. X와 Y가 각각 Na과 Mg 중 하나라고 하면 Z가 O이고, 제1 이온화 에너지는 O인 Z가 가장 크므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 조건을 만족하는 X~Z는 각각 Mg, O, Na이다.

㉠. X는 Mg이다.

✗. X와 Z는 각각 Mg과 Na이다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 X > Z이다.
ㄷ. Y와 Z는 각각 O과 Na이므로 이온 반지름은 Y > Z이다.

03 제1 이온화 에너지와 주기적 성질

원자 번호가 7~13 중 하나인 W~Z는 각각 N, O, F, Ne, Na, Mg, Al 중 하나이다. 이들 원자의 제1 이온화 에너지는 Ne > F > N > O > Mg > Al > Na이고, 제2 이온화 에너지는 Na > Ne > O > F > N > Al > Mg이다. 홀전자 수가 같은 X와 Y가 각각 Mg과 Ne이라면 제2 이온화 에너지는 Mg이 가장 작으므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 X와 Y는 각각 F, Na, Al 중 하나이고, Z는 N이다. 이때 N보다 제1 이온화 에너지가 큰 Y는 F이고, N보다 제2 이온화 에너지가 큰 X는 Na이다. 또한 제2 이온화 에너지가 N보다 작고 홀전자 수가 1이 아닌 W는 Mg이다.
ㄱ. X와 Y가 각각 Na과 F이므로 홀전자 수 $b=1$이다.
ㄴ. W와 X는 각각 Mg과 Na이므로 원자 반지름은 X > W이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자 번호는 Y(F)가 Z(N)보다 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Y > Z이다.

04 제2 이온화 에너지와 주기적 성질

N, O, Na, Mg, Al의 제2 이온화 에너지는 Na > O > N > Al > Mg이므로 V~Z는 각각 Mg, Al, N, O, Na이다.
ㄱ. 제1 이온화 에너지는 N > O > Mg > Al > Na이므로 가장 큰 것은 N인 X이다.
✗. Y와 Z는 각각 O와 Na이므로 원자 반지름은 Z > Y이다.
ㄷ. V와 W는 각각 Mg과 Al이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 W > V이다.

05 순차 이온화 에너지와 주기적 성질

n이 원자가 전자 수일 때 $\frac{E_{n+1}}{E_n}$가 최댓값을 갖는다. 따라서 W는 2족 원소로 Be, Mg 중 하나이고, X는 13족 원소로 B, Al 중 하나이고, Y는 15족 원소로 N, P 중 하나이며, Z는 16족 원소로 O, S 중 하나이다. 이때 같은 주기에서 제1 이온화 에너지는 2족이 13족보다 크고 15족이 16족보다 큰데, 자료에서 제1 이온화 에너지가 X > W이므로 W와 X는 각각 Mg과 B이고, Z > Y이므로 Y와 Z는 각각 P과 O이다.
ㄱ. W는 $\frac{E_{n+1}}{E_n}$가 최대인 n이 2이므로 원자가 전자 수가 2이다.
ㄴ. Y와 Z는 각각 P과 O이다. 따라서 원자 반지름은 Y > Z이다.
✗. W와 X는 각각 Mg과 B이다. 따라서 E_2는 X > W이다.

06 원소의 주기적 성질

O, F, Na, Mg 중 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$는 1족 원소인 Na이 가장 크다. 따라서 W는 Na이고, Na을 제외한 원자 반지름은 Mg > O > F이고, 이온 반지름은 O > F > Mg이므로 $\frac{\text{원자 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$은 O가 가장 작고, $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$은 F > O > Mg이다.
ㄱ. (가)에서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 상대적으로 매우 큰 W는 Na이다.
ㄴ. ㉠이 $\frac{\text{원자 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$이라고 하면 Y가 O이고 X는 F과 Mg 중 하나인데 홀전자 수 X > Y의 조건을 만족하지 않는다. 따라서 ㉠은 $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$이고, 조건을 만족하는 X~Z는 각각 O, Mg, F이다.
ㄷ. X와 Z는 각각 O와 F이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z > X이다.

07 원자 반지름과 이온 반지름의 주기적 성질

X의 원자가 전자 수와 Z의 홀전자 수가 같고, 금속과 비금속 중 하나이므로 (X, Z) 조합은 (Mg, O), (Al, N) 중 하나이다. 제2 이온화 에너지는 Na > O > N > Al > Mg이다.
ㄱ. X는 금속 원소이다. 금속 원소는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크므로 ㉠은 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$이다. 또한 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}<1$인 Y도 금속이다.
✗. Z는 N와 O 중 하나이다. Z가 N이면 X는 Al이고, 제2 이온화 에너지 크기 조건을 만족하는 Y가 존재하지 않는다. Z가 O이면 X는 Mg이고, 제2 이온화 에너지 크기의 조건을 만족하는 Y는 Al이다. 따라서 Z는 O이다.
ㄷ. X와 Y는 각각 Mg과 Al이므로 제1 이온화 에너지는 X > Y이다.

08 원자가 전자 수와 원자 반지름

같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름은 작다. W와 X는 원자가 전자 수가 각각 $a-2$, $a-1$로 같은 주기라면 원자 번호가 연속이다. 그러나 원자 반지름은 X > W이므로 W는 2주기, X는 3주기 원소이다. 마찬가지로 Y는 2주기, Z는 3주기 원소이다. 1~17족 원소의 홀전자 수는 각각 1, 0, 1, 2, 3, 2, 1이고, 홀전자 수가 Y > Z > X이므로 이를 만족하는 W~Z는 각각 Be, Al, N, S이다.
ㄱ. W와 Y는 각각 Be과 N로 2주기 원소이다.
ㄴ. W와 X는 각각 Be과 Al이다. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 2족이 13족보다 크고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 제1 이온화 에너지는 Be > Mg > Al이므로 W > X이다.

ㄷ. X와 Z는 각각 Al과 S이다. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z>X이다.

09 홀전자 수와 제1 이온화 에너지

Z가 N이면 X와 Y 중 하나는 O이다. 이때 원자 반지름은 N>O이고, X~Z 중 원자 반지름은 Z가 가장 작다는 조건을 만족하지 않는다. 따라서 조건을 만족하는 Z는 O이고, X와 Y는 각각 Na과 Al 중 하나이다. 제1 이온화 에너지는 O>Al>Na이고, Na과 Al은 홀전자 수가 1로 같고, $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{홀전자 수}}$는 Y>X이므로 X와 Y는 각각 Na과 Al이다.

ㄱ. Z는 O이다.

ㄴ. X와 Z는 각각 Na과 O이다. Na의 제2 이온화 에너지는 Ne보다 크므로 제2 이온화 에너지는 X>Z이다.

ㄷ. Y와 Z는 각각 Al과 O이다. 금속 원소는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크고, 비금속 원소는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크므로 Y는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$>1이고, Z는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$<1이다.

10 전자 배치와 주기적 성질

$\frac{p\text{ 오비탈의 전자 수}}{s\text{ 오비탈의 전자 수}}$가 같은 X와 Y는 각각 O와 Mg 중 하나이다. W와 Z의 $\frac{p\text{ 오비탈의 전자 수}}{s\text{ 오비탈의 전자 수}}$는 각각 $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$이다. 따라서 W는 C이고, Z는 P이다. 이때 전자가 들어 있는 오비탈 수는 W(C)가 4이고, Z(P)가 9이므로 $a=4$, $b=5$이다. 따라서 조건을 만족하는 X와 Y는 각각 Mg과 O이다.

ㄱ. W와 X는 각각 C와 Mg이다. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 크고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 제1 이온화 에너지는 C>Be>Mg이므로 W>X이다.

ㄴ. X와 Y는 각각 Mg과 O이므로 원자가 전자 수는 Y>X이다.

ㄷ. Y와 Z는 각각 O와 P이다. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자 반지름은 P>N>O이므로 Z>Y이다.

11 순차 이온화 에너지와 주기적 성질

1족 원소는 원자가 전자 수가 1이므로 제2 이온화 에너지가 제1 이온화 에너지보다 매우 크다. 따라서 $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$가 가장 작은 W는 1족 원소인 Na이다. 2족 원소는 원자가 전자 수가 2이므로 제3 이온화 에너지가 제2 이온화 에너지보다 매우 크므로 $\frac{\text{제3 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$가 큰 값을 갖는다. 따라서 Y와 Z는 각각 Be과 Mg 중 하나이고, X는 B이다. 또한 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 2족이 13족보다 크므로 2주기 13족인 B(X)보다 제1 이온화 에너지가 작은 2족 Y는 Mg이다. 따라서 W~Z는 각각 Na, B, Mg, Be이다. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자 반지름은 W(Na)>Y(Mg)>Z(Be)>X(B)이다.

12 홀전자 수와 이온화 에너지

Ne을 제외한 W~Z의 홀전자 수 합이 4이므로 가능한 홀전자 수 조합은 0, 1, 1, 2이다. 따라서 홀전자 수가 0인 Be이 포함된다. 2주기 원소 중 제2 이온화 에너지가 가장 작은 것은 Be이므로 자료에서 제2 이온화 에너지가 가장 작은 W는 Be이다. 또한 제1 이온화 에너지가 W>Y>X이므로 X와 Y는 각각 Li과 B이다. 따라서 Z는 C와 O 중 하나인데, 제2 이온화 에너지는 O>B>C이므로 Z는 C이다.

ㄱ. W는 Be이다.

ㄴ. X와 Y는 각각 Li과 B이다. 따라서 홀전자 수는 모두 1로 같다.

ㄷ. Y와 Z는 각각 B와 C이다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z>Y이다.

07 이온 결합

수능 2점 테스트 본문 101~102쪽

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

01 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

A는 3주기 1족 원소이고, B는 2주기 17족 원소이다.
✗. A는 3주기, B는 2주기 원소이다.
ㄴ. A의 원자가 전자 수는 1이다.
ㄷ. AB는 이온 결합 물질이므로 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다.

02 이온의 전자 배치

X^{2+}의 전자 배치가 Ne과 같으므로 X는 3주기 2족 원소이다.
Y_2O에서 $n=1$이므로 Y는 4주기 1족 원소이다.
ㄱ. X^{2+}과 O^{2-}은 1 : 1로 결합하므로 $a=1$이다.
ㄴ. $n=1$이다.
✗. Y는 3주기 1족 원소보다 원자 반지름이 크고, X는 3주기 1족 원소보다 원자 반지름이 작으므로 원자 반지름은 Y > X이다.

03 물의 전기 분해

물(H_2O)을 전기 분해하면 (−)극에서 수소(H_2) 기체가, (+)극에서 산소(O_2) 기체가 2 : 1의 부피비로 생성된다.
ㄱ. A의 부피가 B보다 크므로 A는 수소(H_2)이다.
ㄴ. B는 산소(O_2)이므로 ㉠은 (+)극이다.
ㄷ. 물에 전류를 흘려주면 H_2와 O_2로 분해되므로 물 분자를 이루는 화학 결합에는 전자가 관여함을 알 수 있다.

04 이온 결합 물질

물질 1 mol에 들어 있는 양이온의 양(mol)이 (가)=(나)=n이고, (가)에서 $\frac{\text{음이온의 전자 수}}{\text{양이온의 전자 수}}=\frac{18}{10}$이므로 (나)에서 $\frac{\text{음이온의 전자 수}}{\text{양이온의 전자 수}}=\frac{18}{2}$이다. 따라서 X는 2주기 1족 원소인 리튬(Li)이다.

ㄱ. X는 2주기 원소이다.
ㄴ. (다)에서 Na과 Y는 2 : 1로 결합하므로 Y는 16족 원소이다.
ㄷ. X와 Y는 2 : 1로 결합하여 X_2Y를 형성한다.

05 이온 결합 물질의 녹는점

물질 1 mol에 들어 있는 전자의 양(mol)이 (나) > (가)이므로 X는 F, Y는 Cl이다.
ㄱ. X는 F이다.
ㄴ. 이온 반지름이 $Y^- > X^-$이므로 이온 사이의 거리는 (나) > (가)이다. 따라서 ㉠ > 231이다.
✗. 이온의 전하량이 같을 때 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점이 높으므로 ㉡ > 801이다.

06 이온 결합 물질의 녹는점

이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 가까울수록 이온 사이의 정전기적 인력이 커진다.
ㄱ. WX의 녹는점이 YZ보다 높으므로 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력은 WX > YZ이다.
✗. 이온 사이의 거리가 WX > YZ임에도 불구하고 녹는점이 WX > YZ이므로 WX를 이루는 이온의 전하량이 YZ를 이루는 이온의 전하량보다 크다. 따라서 $n>m$이므로 (가)는 YZ, (나)는 WX의 결합 모형이다.
✗. X는 2주기, Y는 3주기 원소이다.

07 이온 결합

Ⓐ. 이온 결합은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된다.
✗. 이온 결합 물질은 대부분 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.
Ⓒ. NaCl 수용액은 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

08 이온 결합

(나)의 전자 배치가 Ar의 전자 배치와 같으므로 (나)는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)와 4주기 1족 원소인 칼륨(K) 중 하나이다. (가)에 X의 양이온과 Y의 음이온이 2 : 1의 개수비로 들어 있으므로 $a=2$이고, (나)는 X의 양이온이며 전하는 +1이다.
✗. X는 칼륨(K)이므로 4주기 원소이다.
ㄴ. X_aY에서 $a=2$이므로 ●는 X의 양이온이다.
ㄷ. X는 K이므로 바닥상태에서 홀전자 수는 1이다.

수능 3점 테스트 본문 103~106쪽

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

01 이온 결합 모형

이온 결합 물질에서 양이온과 음이온의 전하의 크기가 같을 때 1 : 1로 결합한다.

ㄱ. (가)에서 음이온의 전하가 −2이므로 양이온의 전하가 +2이다. 따라서 $m=2$이다.
ㄴ. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
✗. (가)의 음이온은 2주기 16족 원소이다.

02 이온 결합 물질과 전자 배치

$X(s)$ 1 mol이 충분한 양의 $HCl(aq)$과 반응할 때 1 mol의 $H_2(g)$가 생성되므로 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.
$X(s)+2HCl(aq) \longrightarrow XCl_2(aq)+H_2(g)$
X^{m+}의 전자 배치가 Ne과 같으므로 X는 3주기 2족 원소인 Mg이고 $m=2$이다. Y는 2주기 16족 원소인 O이고 O의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$이므로 전자가 2개 들어 있는 오비탈의 수가 3이다. 따라서 Z의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$이고 Z는 Cl이다.
✗. $m=2$이다.
✗. X는 3주기, Y는 2주기 원소이다.
ㄷ. X와 Z는 1 : 2로 결합하여 $MgCl_2$을 형성한다.

03 이온의 전하량과 녹는점

ㄱ. NaF과 CaO, NaCl과 BaO은 이온 사이의 거리가 비슷한데 녹는점은 BaO과 CaO이 더 높다. 따라서 '이온의 전하량이 클수록'은 ㉠으로 적절하다.
ㄴ. $\frac{\text{CaO 1 mol에 들어 있는 음이온 수}}{\text{NaCl 1 mol에 들어 있는 양이온 수}}=\frac{1\text{ mol}}{1\text{ mol}}=1$이다.
ㄷ. NaF, NaCl, CaO, BaO 중 이온 사이의 정전기적 인력은 녹는점이 가장 높은 CaO이 가장 크다.

04 이온 결합 물질과 이온 사이의 거리

이온 결합 물질에서 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점이 높다.
ㄱ. 녹는점이 Y>X이므로 이온 사이의 정전기적 인력은 Y>X이다.
ㄴ. Y는 X보다 이온 사이의 거리가 멀지만($b>a$), 녹는점이 높으므로 화합물을 이루는 이온의 전하량은 Y>X이다. 따라서 $m>n$이다.
ㄷ. Y와 Z에서 이온의 전하량이 같은데 녹는점은 Z>Y이므로 이온 사이의 거리는 Y>Z이다. 따라서 $b>c$이다.

05 이온 결합 물질

A는 수소(H), B는 리튬(Li), C는 플루오린(F), D는 마그네슘(Mg), E는 염소(Cl)이다.
✗. A(H)와 C(F)는 공유 결합을 한다.
ㄴ. BC(LiF)가 BE(LiCl)보다 이온 사이의 거리가 가까우므로 녹는점은 BC가 BE보다 높다.
✗. C(F)와 D(Mg)는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

06 이온 결합 물질

B는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}<1$이므로 금속 Mg과 K 중 하나이다. B가 K이라면 C와 D는 2 : 1로 결합하여 안정한 이온 결합 화합물을 형성하므로 C는 Cl, D는 Mg이고 A는 O인데, 홀전자 수가 A>C이므로 문제의 조건과 맞지 않다. 따라서 A는 Cl, B는 Mg이고, C는 K, D는 O이다.
✗. A는 Cl이므로 3주기 원소이다.
ㄴ. A는 Cl이고, B는 Mg이므로 A와 B는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
ㄷ. D는 비금속 원소이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}>1$이다.

07 이온 결합 물질의 녹는점

녹는점이 NaA<NaB이므로 이온 사이의 거리는 NaA>NaB이다. 따라서 이온 반지름이 A^->B^-이므로 A는 Cl, B는 F이고, 이온 사이의 거리는 DE>CE이므로 C~E는 각각 Mg, Ca, O이다.
ㄱ. A와 D는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
ㄴ. 이온 사이의 거리가 DE>CE이므로 녹는점은 CE>DE이다. 따라서 ㉠>2572이다.
✗. A는 Cl, B는 F이므로 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 A>B이다.

08 이온의 전자 배치와 이온 결합

ㄱ. A^{m+}과 B^{n+}은 Ne의 전자 배치를 가지므로 A와 B는 같은 3주기 금속 원소인데, 이온 반지름이 B^{n+}>A^{m+}이므로 원자 번호는 A>B이다. 따라서 $m=2$이고, $n=1$이다.
ㄴ. 이온 사이의 거리는 A와 D의 화합물이 B와 C의 화합물보다 가깝고, 이온의 전하량은 A와 D의 화합물이 더 크므로 A와 D의 화합물은 B와 C의 화합물보다 녹는점이 높다.
ㄷ. A와 D의 화합물은 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

08 공유 결합과 결합의 극성

수능 2점 테스트 본문 116~118쪽

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

01 금속 결합과 공유 결합

철(Fe)은 금속 결합 물질이고, 물(H_2O)은 공유 결합 물질이다.

㉠. 철은 금속 결합 물질이므로 (가)에는 자유 전자가 존재한다.

✗. 물에 있는 공유 결합은 모두 O와 H 사이의 공유 결합이므로 (나)에 있는 결합은 모두 극성 공유 결합이다.

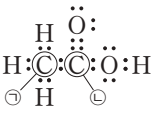
✗. 철은 자유 전자가 있는 금속 결합 물질이고, 물은 공유 결합 물질이므로 고체 상태에서 전기 전도성은 (가)>(나)이다.

02 루이스 전자점식과 결합의 극성

㉠. 아세트산의 공유 전자쌍 수는 8이고, 비공유 전자쌍 수는 4이므로 공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수의 2배이다.

㉡. O 원자가 참여한 결합은 C와 O 사이의 결합과 O와 H 사이의 결합이며, 이 결합은 모두 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 결합이므로 극성 공유 결합이다.

✗. 전기 음성도가 C>H이므로 ㉠ C는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기 음성도가 O>C이므로 ㉡ C는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.



03 공유 결합과 결합의 극성

X_2는 옥텟 규칙을 만족하고 2중 결합이 있으므로 O_2이다. 따라서 YX_2는 CO_2이고, Y_2Z_4는 C_2F_4이다.

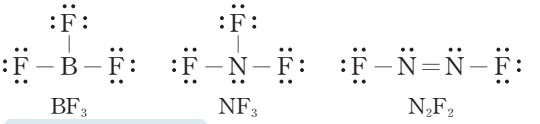
㉠. X~Z는 각각 O, C, F이고, 전기 음성도는 Z(F)>X(O)>Y(C)이다.

㉡. 비공유 전자쌍 수는 (나)와 (다)가 각각 4와 12이므로 비공유 전자쌍 수 비는 (나) : (다)=1 : 3이다.

㉢. (가)~(다) 중 같은 원소 사이의 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (가), (다) 2가지이다.

04 루이스 전자점식과 공유 결합

X~Z는 각각 B, N, F이다. 따라서 분자 XZ_3, YZ_3, Y_2Z_2는 각각 BF_3, NF_3, N_2F_2이다.



㉠. BF_3에서 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않고, NF_3, N_2F_2의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

㉡. N_2F_2에서 N와 N 사이의 결합은 무극성 공유 결합이고, BF_3, NF_3의 모든 결합은 극성 공유 결합이다.

✗. BF_3, NF_3는 모두 단일 결합으로, N_2F_2는 단일 결합과 2중 결합으로 이루어진 분자이다.

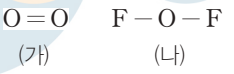
05 공유 결합과 결합의 극성

옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소는 C, N, O, F이다. C, N, O, F 중 1가지 원소로 구성되고 이원자 분자인 (가)는 비공유 전자쌍 수가 4이므로 O_2이고, X는 O이다. C, N, O, F 중 2가지 원소로 구성되고 삼원자 분자인 (나)는 O를 포함하고 비공유 전자쌍 수가 8이므로 OF_2이고, Y는 F이다.

✗. Y는 F이다.

㉡. 전기 음성도는 F>O이므로 (나)에서 X(O)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

✗. (가)와 (나)의 구조식은 다음과 같다.



따라서 (가)에는 2중 결합이 있고, (나)에는 2중 결합이 없다.

06 화학 결합과 물질의 성질

(나)는 고체 상태에서 전성(펴짐성)이 있으므로 금속 결합 물질인 Na이다. 공유 결합 물질인 H_2O은 액체 상태에서 전기 전도성이 없고, 이온 결합 물질인 Na_2O은 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 (가)는 Na_2O, (다)는 H_2O이다.

㉠. (다)(H_2O)에는 공유 결합이 있다.

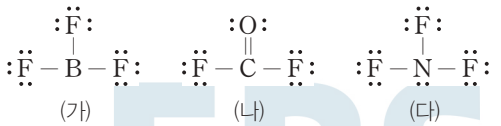
✗. (가)(Na_2O)는 이온 결합 물질로서 액체 상태에서 전기 전도성이 있고, (나)(Na)는 금속 결합 물질로서 액체 상태에서 전기 전도성이 있으나 (다)(H_2O)는 공유 결합 물질로서 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

㉢. (나)(Na)는 Na^+과 자유 전자 사이의 결합으로 이루어져 있으므로 (나)에는 자유 전자가 있다.

07 공유 결합 물질의 구조식

(가)와 (다)는 각각 BF_3와 NF_3 중 하나이고, W는 F이다. (가)~(다) 중 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 것은 2가지인데, BF_3와 NF_3 중 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 것

은 NF_3 1가지이므로 (나)에서 X와 Y가 모두 옥텟 규칙을 만족하려면 (나)는 COF_2이어야 한다. 따라서 X는 C이고, Y는 O이며, COF_2의 비공유 전자쌍 수($a-1$)는 8이므로 $a=9$이다. BF_3의 비공유 전자쌍 수가 9이므로 (가)는 BF_3이고, V는 B이며, (다)는 NF_3이고, Z는 N이다.



(가) (나) (다)

㉠. 원자 번호는 Z(N)>X(C)>V(B)이다.
㉡. $a=9$이고, (다)의 비공유 전자쌍 수는 10이므로 $x=a+1$이다.
㉢. (나)에는 C와 O 사이에 2중 결합이 있다.

08 공유 결합 물질의 구조식과 결합의 극성

C, N, O, F 중 3가지 원소로 구성되고, 분자에서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하며, 중심 원자에 서로 다른 원소의 두 원자가 결합한 분자는 FCN과 FNO인데 이 두 분자의 공통 원소인 F과 N 중 하나가 중심 원자로 참여하는 분자는 FNO이다. WXY와 WYZ의 공통 원소인 W와 Y 중 하나가 중심 원자로 참여하는 분자는 WYZ이므로 (나) WYZ는 FNO이고, (가) WXY는 FCN이다. 따라서 W~Z는 각각 F, C, N, O이다.

(가) (나)

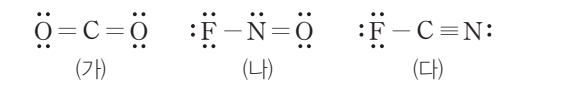
✕. X는 C이다.
㉡. 공유 전자쌍 수는 (가)(=4)>(나)(=3)이다.
✕. 전기 음성도는 F>O>N>C이므로 (가)에서 Y(N)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, (나)에서 Y(N)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

09 화학 결합 모형과 물질의 성질

X^{2+}은 Mg^{2+}이고 YZ^-은 OH^-이다. X는 Mg이고, 원자가 전자 수는 X가 2이고 X>Z이므로 Z는 H이고, Y는 O이다.
✕. X~Z 중 2주기 원소는 Y(O) 1가지이다.
㉡. $Y_2(O_2)$에는 O와 O 사이에 2중 결합이 있다.
㉢. XY(MgO)는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

10 공유 결합 물질과 결합의 극성

옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소는 C, N, O, F이다. C, N, O, F 중 3가지 원소로 구성된 삼원자 분자 (나)와 (다)는 각각 FCN과 FNO 중 하나이다. FCN과 FNO의 비공유 전자쌍 수는 각각 4, 6이므로 (나)는 FNO이고, (다)는 FCN이다. (가)는 (나)와 (다)에 공통으로 포함된 F과 N를 제외한 C와 O로 구성된 삼원자 분자이고 비공유 전자쌍 수가 4이므로 (가)는 CO_2이다.



(가) (나) (다)

✕. Y는 (나)와 (다)에 공통으로 포함된 원소이므로 F과 N 중 하나이다.
㉡. 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자는 (나)에서 N이고, (다)에서 C이므로 서로 다른 원소이다.
㉢. (가)~(다)의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 3, 4이므로 $x+y+z=11$이다.

11 공유 결합

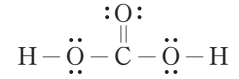
a는 1 또는 2이고, (가)의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)는 OF_2이거나 O_2F_2이다. c는 1 또는 2이고, (나)의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 (나)는 NF_3이거나 N_2F_2이거나 N_2F_4이다. 표는 OF_2, O_2F_2, NF_3, N_2F_2, N_2F_4의 구성 원자 수와 비공유 전자쌍 수이다.

분자	(가)		(나)		
	OF_2	O_2F_2	NF_3	N_2F_2	N_2F_4
구성 원자 수	3	4	4	4	6
비공유 전자쌍 수	8	10	10	8	14

비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같으므로 (가)가 OF_2이고 (나)가 N_2F_2이거나, (가)가 O_2F_2이고 (나)가 NF_3이다. 구성 원자 수는 (나)>(가)이므로 (가)는 OF_2이고, (나)는 N_2F_2이다.
✕. (가)는 OF_2이므로 O_aF_b에서 $a=1$이다.
㉡. (나)에는 N와 N 사이에 무극성 공유 결합이 있다.
㉢. (가)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{8}{2}=4$이다.

12 공유 결합

H_2XY_3에서 옥텟 규칙을 만족하는 2주기 원자 X와 Y는 각각 C와 O이다. 따라서 H_2XY_3는 H_2CO_3이고, H_2CO_3의 구조식은 다음과 같다.



✕. H_2CO_3에 같은 원소 사이의 결합이 없으므로 무극성 공유 결합이 없다.
㉡. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{6}{6}=1$이다.
✕. 전기 음성도는 O>C이므로 X(C)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

수능 3점 테스트

본문 119~124쪽

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

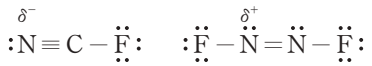
01 공유 결합 물질의 구조식과 결합의 극성

옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소는 C, N, O, F이고, 전기 음성도는 F>O>N>C이므로 (가)와 (나)에서 전하의 부호가 반대인 X는 N 또는 O이다.

X가 O인 경우에 가능한 (가)와 (나)는 다음과 같고, 비공유 전자쌍 수는 (나)가 10, (가)가 6이므로 (나)가 (가)의 2배가 아니다.

(가) (나)

X가 N인 경우에 가능한 (가)와 (나)는 다음과 같고, 비공유 전자쌍 수는 (나)가 8, (가)가 4이므로 (나)가 (가)의 2배이다.



(가) (나)

따라서 (가)는 FCN, (나)는 N_2F_2이다.

✕. X는 N이다.

㉡. 전기 음성도는 F>N>C이므로 (가)에서 Y(C)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉢. (가)에는 3중 결합이, (나)에는 2중 결합이 있으므로 (가)와 (나)에는 모두 다중 결합이 있다.

02 공유 결합

C, N, O, F에서 전기 음성도의 크기 순서와 원자가 전자 수의 크기 순서가 같으므로 X는 N, Y는 C이고, W와 Z는 각각 O, F 중 하나이다. 공유 전자쌍 수는 Z_2>W_2인데 O_2는 2, F_2는 1이므로 Z는 O, W는 F이다.

㉠. WYX(FCN)에는 3중 결합이 있다.

$$F-C\equiv N$$

㉡. $YZ_2(CO_2)$에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{4}{4}=1$이다.

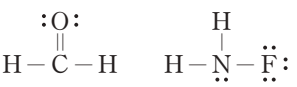
$$\ddot{O}=C=\ddot{O}$$

✕. $X_2W_2(N_2F_2)$에서 무극성 공유 결합은 2중 결합이다.

$$F-N=N-F$$

03 공유 결합

X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소이므로 각각 C, N, O, F 중 하나이다. X와 Y의 원자가 전자 수는 각각 a, $a+2$이므로 X와 Y는 각각 C와 O이거나 각각 N와 F이다. 구성 원자 수는 4이고, X와 Y의 원자 수는 같으므로 X와 Y가 각각 C와 O인 경우와 각각 N와 F인 경우의 (가)는 다음과 같다.



공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수보다 크므로 (가)는 CH_2O이고, X와 Y는 각각 C와 O이다.

㉠. 전기 음성도는 O>C이므로 Y(O)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

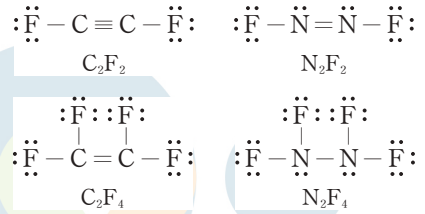
㉡. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$이다.

✕. C와 O 사이와 C와 H 사이의 결합이 모두 극성 공유 결합이므로 무극성 공유 결합은 없다.

04 분자식과 공유 결합

X가 O이면 O 원자 2개가 포함된 F의 화합물은 O_2F_2뿐이므로 (가)와 (나) 2가지가 있을 수 없다. 따라서 X는 C 또는 N이다.

X가 C인 경우에 (가)는 C_2F_2, (나)는 C_2F_4, (다)는 N_2F_4이므로 공유 전자쌍 수는 (나)가 6, (다)가 5이므로 조건에 부합하지 않는다. X가 N인 경우에 (가)는 N_2F_2이고, (나)는 N_2F_4, (다)는 C_2F_4이므로 공유 전자쌍 수는 (다)가 6, (나)가 5이므로 조건에 부합한다.



C_2F_2 N_2F_2

C_2F_4 N_2F_4

㉠. 원자가 전자 수는 X(N)>Y(C)이다.

㉡. (가)와 (다)에는 각각 2중 결합이 있고, (나)에는 다중 결합이 없으므로 (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 것은 2가지이다.

㉢. 비공유 전자쌍 수는 (다)가 12, (가)가 8이므로 (다)가 (가)보다 4만큼 크다.

05 공유 결합과 결합의 극성

(가)에서 W는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기 음성도는 X>W이고, (나)에서 W는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 W>Y이다. 전기 음성도는 X>W인데, (다)에서 W는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 W>Z이다. 따라서 전기 음성도는 X>W>Y이고, X>W>Z이며, W~Z는 C, N, O, F을 순서 없이 나타낸 것이므로 X는 F, W는 O이다. 따라서 (가)는 O_2F_2이다. (다)는 O와 F 원자를 1개씩 포함하는 삼원자 분자이므로 FNO이고, Z는 N이다. 따라서 Y는 C이고, (나)는 CO_2이다.

$$F-O-O-F \quad O=C=O \quad F-N=O$$

(가) (나) (다)

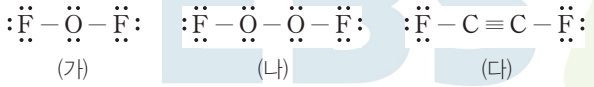
✕. W는 O이다.

㉡. 다중 결합이 있는 것은 (나)와 (다) 2가지이다.

ㄷ. 전기 음성도는 F>O>N이므로 (다)에서 Z(N)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

06 공유 결합

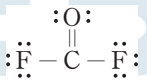
X~Z는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소이므로 각각 C, N, O, F 중 하나이다. (가)(XY_2)는 공유 전자쌍 수가 2이므로 OF_2이고, X는 O, Y는 F이다. (나)(O_2F_2)의 공유 전자쌍 수는 3이므로 $a=3$이다. (다)(Z_2F_2)의 공유 전자쌍 수는 5이므로 (다)는 C_2F_2이고 Z는 C이다.


(가) (나) (다)

ㄱ. X는 O이다.
ㄴ. $a=3$이다.
ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 10, (다)가 6이므로 비공유 전자쌍 수 비는 (나) : (다)=5 : 3이다.

07 공유 결합

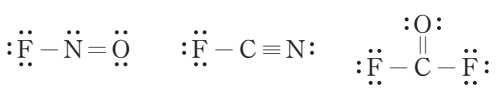
(가)에서 준비된 공은 C 2개, O 1개, F 3개이므로 이 중 4개의 공으로 만들 수 있는 분자 모형 중 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하고 2중 결합이 있는 분자의 모형은 COF_2의 분자 모형이다.



ㄱ. 구성 원소는 C, O, F이므로 가짓수는 3이다.
ㄴ. C와 O 사이와, C와 F 사이의 결합이 모두 극성 공유 결합이므로 무극성 공유 결합이 없다.
ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{8}{4}=2$이다.

08 공유 결합

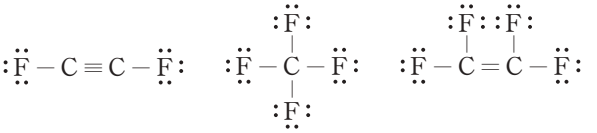
분자에서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하고, 구성 원소가 C, N, O, F 중 3가지인 삼원자 분자는 FCN과 FNO이 있는데, 단일 결합과 2중 결합의 수가 같은 (가)가 FNO이고, 단일 결합과 3중 결합의 수가 같은 (나)가 FCN이다. 따라서 Y는 O, Z는 C이고, W와 X는 각각 F과 N 중 하나이다. (다)는 Z(C) 원자 1개, Y(O) 원자 1개, W 원자 2개로 구성된 분자이고, (가)와 (나)에서 $x=1$이므로 단일 결합이 2개, 2중 결합이 1개인 (다)는 COF_2이고, W는 F, X는 N이다.


(가) (나) (다)

ㄱ. X는 N이다.
ㄴ. (가)~(다) 모두 같은 원소 사이의 결합이 없으므로 (가)~(다) 중 무극성 공유 결합이 있는 분자는 없다.
ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (다)가 8, (나)가 4이므로 (다)가 (나)의 2배이다.

09 공유 결합

X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소이므로 각각 C, N, O, F 중 하나이다. (나)는 무극성 공유 결합이 없으므로 같은 원소 간 결합이 없다. 또한 2중 결합이 없고 구성 원자 수가 5이므로 CF_4이다. 따라서 X와 Y는 각각 C와 F 중 하나이다. (가)는 C와 F으로 구성되어 있고, 무극성 공유 결합이 있으므로 같은 원소 간 결합이 있다. 또한 2중 결합이 없고 구성 원자 수가 4이므로 C_2F_2이다. (다)는 C와 F으로 구성되어 있고, 무극성 공유 결합이 있으므로 같은 원소 간 결합이 있다. 또한 2중 결합이 1개 있고 구성 원자 수가 6이므로 C_2F_4이다.


(가) (나) (다)

ㄱ. X와 Y는 각각 C와 F 중 하나이고, C와 F의 원자가 전자 수는 각각 4, 7이므로 X와 Y의 원자가 전자 수 합은 11이다.
ㄴ. 다중 결합이 있는 분자는 (가)와 (다) 2가지이다.
ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 (나)가 $\frac{12}{4}=3$이고, (다)가 $\frac{12}{6}=2$이므로 (나)가 (다)의 $\frac{3}{2}$배이다.

10 공유 결합

X~Z는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2, 3주기 원소이므로 각각 C, N, O, F, Si, P, S, Cl 중 하나이다. (나)는 구성 원소가 Y, Z 2가지이고, 공유 전자쌍 수가 2인 삼원자 분자이므로 OF_2, Cl_2O, SF_2, SCl_2 중 하나이다. 전기 음성도는 Y>Z인데 원자가 전자 수는 Z>Y이므로 Y와 Z는 같은 주기 원소일 수 없다. 따라서 Y는 2주기 원소이고, Z는 3주기 원소이다. 이를 모두 만족하는 (나)는 Cl_2O이고, Y는 O, Z는 Cl이다. 전기 음성도가 X>Y(O)이므로 X는 F이고, (가)는 X(F)와 Y(O)로 구성된 삼원자 분자이므로 OF_2이다. OF_2의 공유 전자쌍 수(a)는 2이다.

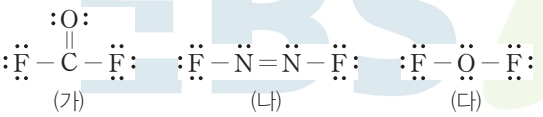
(가) (나)

ㄱ. Y는 O이다.
ㄴ. OF_2의 공유 전자쌍 수는 2이므로 $a=2$이다.
ㄷ. (나)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{8}{2}=4$이다.

11 공유 결합과 비공유 전자쌍 수

(가)~(다)에서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하고 (가)~(다) 모두

비공유 전자쌍이 8이므로 (가)~(다)의 구성 원자 수는 2 이하일 수 없다. 따라서 (가)와 (나)는 각각 사원자 분자이고, (다)는 삼원자 분자이다. (다)는 구성 원자 수가 3이고, 비공유 전자쌍이 8이므로 구성 원자당 비공유 전자쌍 수의 가능한 조합은 (2, 3, 3)뿐이고, 이에 해당하는 분자는 OF_2이다. 원자가 전자 수는 Y>X이고, Z>W이므로 W~Z는 각각 C, O, F, N이다. (가)는 C, O, F으로 구성되고 비공유 전자쌍 수가 8인 사원자 분자이므로 COF_2이고, (나)는 F, N로 구성되고 비공유 전자쌍 수가 8인 사원자 분자이므로 N_2F_2이다.



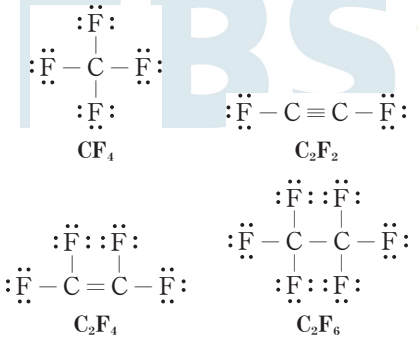
✕. (나)는 N_2F_2이다.

ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4, (다)가 2이므로 (가)가 (다)의 2배이다.

ㄷ. 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (나) 1가지이다.

12 공유 결합

구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하고, C 원자 수가 1 또는 2이면서 C와 F으로 구성된 분자는 CF_4, C_2F_2, C_2F_4, C_2F_6이 있다.



4가지 분자의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	CF_4	C_2F_2	C_2F_4	C_2F_6
공유 전자쌍 수	4	5	6	7
비공유 전자쌍 수	12	6	12	18

비공유 전자쌍 수는 (다)>(나)>(라)이므로 (다)는 C_2F_6, (라)는 C_2F_2이며, (가)와 (나)는 각각 CF_4과 C_2F_4 중 하나이다. 공유 전자쌍 수는 (가)>(나)이므로 (가)는 C_2F_4, (나)는 CF_4이다.

✕. (나)(CF_4)에는 같은 원소 간 결합이 없으므로 무극성 공유 결합이 없다.

ㄴ. (다)(C_2F_6)에 있는 결합은 모두 단일 결합이므로 (다)에는 다중 결합이 없다.

ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 (가)가 $\frac{12}{6}=2$이고, (라)가 $\frac{6}{5}$이므로 (가)가 (라)의 $\frac{5}{3}$배이다.

09 분자의 구조와 성질

수능 2점 테스트 본문 133~135쪽

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

01 결합각과 분자의 쌍극자 모멘트

BeF_2은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 중심 원자에 결합된 원자가 2개인 분자로, 결합각이 180°이며 분자 모양이 직선형이다. H_2O은 중심 원자에 2개의 비공유 전자쌍이 있고 중심 원자에 결합된 원자가 2개인 분자로, 결합각이 104.5°이며 분자 모양이 굽은 형이다.

✕. 결합각은 (가)(180°)>(나)(104.5°)이다.

ㄴ. F은 Be보다 전기 음성도가 크기 때문에 (가)에서 F은 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

✕. (나)는 분자 모양이 굽은 형인 분자로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

02 분자의 구조와 극성

BCl_3는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 분자 모양이 평면 삼각형인 무극성 분자이다. NH_3는 중심 원자에 1개의 비공유 전자쌍이 있고, 분자 모양이 삼각뿔형인 극성 분자이다. CH_4은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 분자 모양이 정사면체형인 무극성 분자이다.

ㄱ. 무극성 분자인 BCl_3와 CH_4 중 분자 모양이 정사면체형인 CH_4은 입체 구조이고, 분자 모양이 평면 삼각형인 BCl_3는 평면 구조이다.

ㄴ. 극성 분자인 NH_3의 중심 원자인 N에는 1개의 비공유 전자쌍이 존재한다.

✕. ㄴ(BCl_3)에서 B는 3개의 전자쌍을 가지므로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

03 분자의 모양과 결합각

H_2O, CH_4, NH_3의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	H_2O	CH_4	NH_3
결합각	104.5°	109.5°	107°
중심 원자의 비공유 전자쌍 수	2	0	1

(가)~(다)는 각각 CH_4, NH_3, H_2O이다.

✕. (가)는 CH_4이다.

ㄴ. (나)(NH_3)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 존재하며 분자 모양은 삼각뿔형이다.
✕. (다)(H_2O)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 존재하고, 분자 모양은 굽은 형이며 결합각은 104.5°이다.

04 물질의 극성

극성 분자는 전기장 속에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분이 전기장의 (+)극 쪽으로, 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 부분은 전기장의 (−)극 쪽으로 향하도록 배열된다.
ㄱ. 전기장 속에서 분자들이 불규칙하게 배열된 (가)는 무극성 분자로 구성된 물질인 CO_2이다.
✕. (나)(OF_2)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.
ㄷ. (가)(CO_2)는 분자 모양이 직선형이며 결합각이 180°이고, (나)(OF_2)는 분자 모양이 굽은 형이며 결합각이 180°보다 작다. 따라서 결합각은 (가)>(나)이다.

05 루이스 전자점식과 분자의 구조

X~Z는 각각 C, O, F이다.
✕. Y_2(O_2)는 2개의 O 원자가 2중 결합을 하여 생성된 분자로 공유 전자쌍 수가 2, 비공유 전자쌍 수가 4인 분자이다.
ㄴ. XY_2(CO_2)는 1개의 C 원자와 2개의 O 원자가 각각 2중 결합을 하여 생성된 분자로 분자 모양은 직선형이며, 결합각은 180°이다.
✕. YZ_2(OF_2)는 1개의 O 원자와 2개의 F 원자가 각각 단일 결합을 하여 생성된 분자로 분자 모양은 굽은 형이다.

06 분자의 구조

(가)~(다)의 구조식은 다음과 같다.

$$\underset{\text{(가)}}{F-C\equiv N} \qquad \underset{\text{(나)}}{F-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-F} \qquad \underset{\text{(다)}}{F-\overset{\overset{F}{|}}{N}-F}$$

ㄱ. (가)에는 F과 C 사이에 1개의 공유 전자쌍, N와 C 사이에 3개의 공유 전자쌍이 존재한다.
ㄴ. (나)의 분자 모양은 4개의 원자가 모두 동일한 평면에 존재하는 평면 삼각형이다.
✕. (다)에는 3개의 공유 전자쌍과 N와 F에 비공유 전자쌍이 각각 1개, 3개가 존재하므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{10}{3}$이다.

07 화학 결합 모형과 분자의 구조

(가)와 (나)는 각각 CO_2와 OF_2이다.
ㄱ. (가)(CO_2)와 (나)(OF_2)의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 2이다.
ㄴ. (가)(CO_2)는 직선형이므로 결합각은 180°이고, (나)(OF_2)는 굽은 형이므로 결합각은 180°보다 작다.
✕. (가)(CO_2)와 (나)(OF_2)에서 옥텟 규칙을 만족하는 원자의 수는 각각 3으로 같다.

08 분자의 구조와 전기 음성도

ㄱ. (가)는 H 원자 1개와 F 원자 1개로 이루어진 HF이다. 따라서 a는 2이다.
✕. (나)는 H 원자 3개와 N 원자 1개로 이루어진 NH_3로 X는 N이고, 중심 원자인 X(N)에 1개의 비공유 전자쌍이 있다.
✕. (다)는 H 원자 4개와 C 원자 1개로 이루어진 CH_4이다. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 증가하므로 전기 음성도는 X(N)>Y(C)이다.

09 전자쌍 사이의 반발력

CH_4은 중심 원자인 C의 주위에 4개의 공유 전자쌍이 서로 반발하여 분자 모양이 정사면체형이고, 결합각은 109.5°이다. NH_3는 중심 원자인 N의 주위에 3개의 공유 전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 서로 반발하여 분자 모양이 삼각뿔형이고, 결합각은 107°이다. NH_3의 결합각이 CH_4의 결합각보다 작은 이유는 비공유 전자쌍−공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍−공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문이다.

10 물질의 극성

ㄱ. 무극성 물질은 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 대전체에 거의 끌려가지 않는다. (가)에서 X는 대전체에 거의 끌려가지 않았으므로 무극성 물질인 헥세인이다.
ㄴ. 물은 극성 물질로 (−)대전체를 가까이 가져가면 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 H 원자가 대전체 쪽으로 끌려간다. 따라서 Y는 물이다.
✕. Y(물)는 (−)대전체에 끌려가므로 극성 물질이며 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

11 분자의 구조와 결합각

H_2O, BeF_2, NH_3의 분자 모양은 각각 굽은 형, 직선형, 삼각뿔형이고, α~γ는 각각 104.5°, 180°, 107°이다. 따라서 결합각은 $\beta>\gamma>\alpha$이다.

12 분자의 구조와 전기 음성도

✕. XZ_3(BF_3)는 중심 원자에 3개의 공유 전자쌍이 존재하며 분자 모양은 평면 삼각형이다.
ㄴ. YW_3(NH_3)의 Y(N)는 전기 음성도가 W(H)보다 크므로 YW_3에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
ㄷ. WZ(HF)의 Z(F)에는 3개의 비공유 전자쌍이, YW_3(NH_3)의 Y(N)에는 1개의 비공유 전자쌍이 존재하므로 비공유 전자쌍 수는 WZ(HF)가 YW_3(NH_3)의 3배이다.

수능 3점 테스트 본문 136~141쪽

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

01 분자의 구조

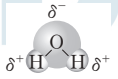
㉠. 중심 원자가 2주기 원소인 분자에서 중심 원자에 결합된 원자 수가 2이면서, 분자 모양이 직선형인 분자의 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수는 0(㉠)이다. 중심 원자가 2주기 원소인 분자에서 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1이면서, 분자 모양이 삼각뿔형인 분자의 중심 원자에 결합된 원자 수는 3(㉡)이다. 따라서 ㉠+㉡=3이다.

㉡. 중심 원자가 2주기 원소인 분자에서 중심 원자에 결합된 원자 수가 3이면서, 중심 원자에 비공유 전자쌍 수가 0이면 전자쌍 반발 이론에 의해 3개의 전자쌍은 동일한 평면에 존재하며 분자 모양은 평면 삼각형이 된다.

✗. (나)는 분자 모양이 삼각뿔형이므로 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아니다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

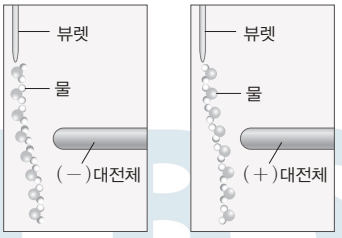
02 물의 극성

물은 극성 분자로서 O는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.



㉠. 물줄기에 (−)대전체를 가까이 가져가면 물 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 H 원자 쪽이 대전체 쪽으로 끌려간다.

✗. 물줄기에 (+)대전체를 가까이 가져가면 물 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 O 원자 쪽이 대전체 쪽으로 끌려간다.



㉢. 에탄올(C_2H_5OH)은 극성 물질이므로 에탄올 줄기는 대전체에 끌려간다.

03 분자의 구조

✗. X(C), Y(O), Z(F)로 구성된 분자 중 분자 내의 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 경우, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=4$인 분자 (가)는 OF_2이다. OF_2는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개가 존재하며 분자의 모양은 굽은 형이다.

㉡. X(C), Y(O), Z(F)로 구성된 분자 중 분자의 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 경우, 분자 모양이 평면 삼각형인 분자는 COF_2이므로 (나)는 $XYZ_2(COF_2)$이다.

㉢. (가)(OF_2)와 (나)(COF_2)의 비공유 전자쌍 수는 모두 8로 같다.

04 분자의 구조

㉠. 분자식이 XYZ이고 분자의 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 분자 중 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같은 분자는 FCN이다. 따라서 $x=4$이고, YX_4는 CF_4이다. X(F)는 17족 원소로 원자가 전자 수가 7이다.

✗. $YX_4(CF_4)$의 공유 전자쌍 수는 $x(=4)$, 비공유 전자쌍 수는 $3x(=12)$이다.

✗. $ZX_3(NF_3)$는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개이고, 분자 모양이 삼각뿔형이다.

05 이온의 구조

$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2\boxed{X}$에서 X는 H_2O이다.

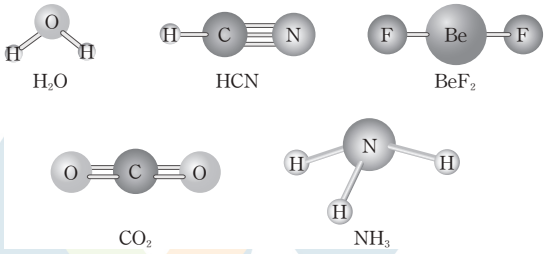
㉠. $X(H_2O)$와 OH^-의 공유 전자쌍 수는 각각 2, 1이므로 공유 전자쌍 수는 $X(H_2O)$가 OH^-의 2배이다.

✗. $X(H_2O)$는 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 2이고, 분자 모양은 굽은 형이다.

✗. $X(H_2O)$는 중심 원자의 공유 전자쌍 수가 2, 비공유 전자쌍 수가 2이므로 결합각은 104.5°이고, H_3O^+은 중심 원자의 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 결합각은 104.5°보다 크다. 따라서 결합각은 $H_3O^+ > X(H_2O)$이다.

06 물질의 극성과 분자의 구조

H_2O, HCN, BeF_2, CO_2, NH_3의 분자 구조는 다음과 같다.



(가) 영역에는 극성 분자이면서 분자 모양이 직선형이 아닌 H_2O, NH_3가 속하고, (나) 영역에는 극성 분자이면서 분자 모양이 직선형인 HCN가 속하며, (다) 영역에는 무극성 분자이면서 분자 모양이 직선형인 BeF_2, CO_2가 속한다. 따라서 (가)~(다) 영역에 속하는 분자의 가짓수는 각각 2, 1, 2이다.

07 무극성 공유 결합과 분자의 극성

H와 2주기 원소 X로 구성된 분자이면서 무극성 공유 결합이 있

는 (가)로 가능한 분자는 C_2H_2, N_2H_2, H_2O_2이다. 이 중 비공유 전자쌍 수>공유 전자쌍 수인 분자는 H_2O_2이므로 (가)는 H_2O_2이다. 비공유 전자쌍 수>공유 전자쌍 수인 (나)는 HF이다.

✗. (나)는 HF이므로 $x=2$이다.

ㄴ. HF에서의 전기 음성도는 F>H이므로 HF는 극성 분자이다.

✗. X는 O이고, Y는 F이다. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 증가하므로 전기 음성도는 Y(F)>X(O)이다.

08 분자의 공유 전자쌍 수와 결합각

H_2O, BeF_2, CH_4, CO_2의 공유 전자쌍 수, 비공유 전자쌍 수, 결합각은 다음과 같다.

분자	H_2O	BeF_2	CH_4	CO_2
공유 전자쌍 수	2	2	4	4
비공유 전자쌍 수	2	6	0	4
결합각(°)	104.5	180	109.5	180

따라서 (가)는 BeF_2, (나)는 CO_2, (다)는 H_2O, (라)는 CH_4이다.

ㄱ. (나)는 공유 전자쌍 수가 4이며 결합각이 180°인 CO_2이다. (나)(CO_2)는 직선형 분자로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다.

ㄴ. a는 4이며 x는 180이다. 따라서 $\frac{x}{a}=\frac{180}{4}=45$이다.

✗. 비공유 전자쌍 수가 가장 큰 것은 (가)(BeF_2)이다.

09 물질의 극성과 용해

㉠과 ㉡은 각각 극성 물질과 무극성 물질이다.

✗. 극성 용매에 잘 용해되는 ㉠은 극성 물질이다.

ㄴ. CCl_4는 무극성 물질로 무극성 용매인 $C_6H_{14}(l)$에 잘 용해되므로 CCl_4는 X로 적절하다.

ㄷ. HCN는 극성 물질이므로 $H_2O(l)$에 잘 용해된다.

10 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수

2주기 원소로 구성된 분자 (나)는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 8인 OF_2이다.

ㄱ. Y가 O이므로 (가)는 CO_2이고, CO_2의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 4로 같으므로 ㉠은 ◯이다.

ㄴ. (나)(OF_2)는 중심 원자에 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 있고 분자 모양은 굽은 형이다.

✗. X와 Z가 각각 C, F이므로 (다)는 CF_4이고, $a=4$이다.

11 분자의 구조

수소(H)와 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)~(다)로 가능한 분자는 HF, H_2O, NH_3, CH_4이다. 이 중 분자를 구성하는 원자 수가 2인 분자는 HF이므로 (가)는 HF이다. 분자의 공유 전자쌍 수가 (가)(HF)의 3배인 (나)는 NH_3이다. (나)(NH_3)의 결합각은 107°이고 결합각이 (나)(NH_3)보다 작은 (다)는 결합각이 104.5°인 H_2O이다.

✗. (나)(YH_b)는 NH_3이고 Y(N)의 원자가 전자 수는 5이다.

ㄴ. (나)(YH_b)와 (다)(H_cZ)는 각각 NH_3, H_2O이므로 b와 c는 각각 3, 2이다. 따라서 $b+c=5$이다.

✗. (다)(H_2O)의 비공유 전자쌍 수는 2이다.

12 분자의 전자쌍 수와 결합각

BeF_2, BCl_3, CO_2, CF_4의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$와 결합각(°)은 다음과 같다.

분자	BeF_2	BCl_3	CO_2	CF_4
비공유 전자쌍 수	6	9	4	12
공유 전자쌍 수	2	3	4	4
$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$	3	3	1	3
결합각(°)	180	120	180	109.5

(가)~(라)는 각각 BCl_3, BeF_2, CF_4, CO_2이고, x와 y는 각각 3, 1이고, α와 β는 각각 120, 109.5이다.

✗. $\frac{y}{x}=\frac{1}{3}$이다.

✗. (가)(BCl_3)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.

ㄷ. $\alpha>\beta$이다.

10 동적 평형

수능 2점 테스트 본문 150~152쪽

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

01 가역 반응

가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응으로 화학 반응식을 나타낼 때는 $\rightleftarrows$를 이용한다. 가역 반응에서 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아지면 동적 평형에 도달한다.

02 동적 평형

㉠. 동적 평형에 도달할 때까지 $I_2(s)$의 양은 감소하고, $I_2(g)$의 양은 증가하므로 $x<b$, $y>b$이다. 따라서 $y>x$이며, $\frac{y}{x}>1$이다.

✗. 동적 평형에 도달할 때까지 $I_2(g)$의 양이 증가하므로 $I_2(g)$이 $I_2(s)$으로 승화되는 속도는 $2t$일 때가 t일 때보다 크다.

✗. $2t$에서 동적 평형에 도달하였으므로 $2t$ 이후에 $I_2(g)$의 양은 변하지 않는다.

03 가역 반응과 동적 평형

㉠. 물에 $CO_2(g)$를 녹이면 $CO_2(aq)$에서 $CO_2(g)$가 빠져나오는 반응도 함께 일어나므로 물에 $CO_2(g)$를 녹이는 반응은 가역 반응이다.

㉡. 물에 $CO_2(g)$를 녹여 만든 탄산수($CO_2(aq)$)가 들어 있는 병의 뚜껑을 닫고 충분한 시간이 지나면 동적 평형에 도달하여 병 내부에서 $CO_2(g)$와 $CO_2(aq)$의 양은 일정하게 유지된다.

㉢. $CO_2(aq)$에서 $CO_2(g)$가 빠져나가는 반응은 $CO_2(g)$가 물에 녹는 반응의 역반응이다.

04 H_2O의 상평형

✗. 온도가 일정할 때 밀폐된 진공 용기 안에서 동적 평형에 도달할 때까지 $H_2O(g)$의 응축 속도는 증가한다. 따라서 ㉠은 $H_2O(g)$의 응축 속도이다.

㉡. 동적 평형 상태에 도달할 때까지 $H_2O(g)$의 양이 증가하므로 $H_2O(g)$의 양은 t_2일 때가 t_1일 때보다 많다.

㉢. 동적 평형 상태에서는 정반응과 역반응의 속도가 같아 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지된다.

05 가역 반응과 동적 평형

밀폐된 진공 용기에 $A(l)$를 넣으면 증발이 일어나며 $A(l)$의 양(mol)은 감소하고, $A(g)$의 양(mol)은 증가한다.

㉠. (나)는 동적 평형 상태이므로 $A(g)$의 양은 일정하게 유지된다.

㉡. 시간이 지날수록 용기 속 $A(l)$의 양(mol)은 감소하므로 $A(l)$의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 많다.

✗. 응축 속도는 $A(g)$의 양(mol)이 증가함에 따라 빨라지므로 $\frac{A(g)\text{의 응축 속도}}{A(l)\text{의 증발 속도}}$는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

06 가역 반응과 동적 평형

밀폐된 진공 용기에 $H_2O(l)$을 넣으면 증발에 의해 $H_2O(g)$가 생성되므로 $H_2O(g)$의 응축 속도는 점점 빨라지고, 동적 평형에 도달하면 $H_2O(l)$의 증발 속도와 $H_2O(g)$의 응축 속도가 같아진다.

㉠. t_2일 때 동적 평형에 도달하였으므로 $H_2O(l)$의 증발 속도와 $H_2O(g)$의 응축 속도가 같다. 따라서 $x=1$이다.

✗. t_2일 때 동적 평형에 도달하였으므로 $H_2O(g)$의 응축 속도는 t_2일 때와 t_3일 때가 같다.

㉢. 시간이 흐름에 따라 $H_2O(l)$의 양(mol)은 감소하고, $H_2O(g)$의 양(mol)은 증가하므로 $\frac{H_2O(l)\text{의 양(mol)}}{H_2O(g)\text{의 양(mol)}}$은 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.

07 물과 수용액의 pH

㉠. 25℃에서 $K_w=1\times10^{-14}=[H_3O^+][OH^-]$이므로 (가)에서 $[OH^-]=x\ M=1\times10^{-7}\ M$이다.

㉡. $x=1\times10^{-7}$이므로 (나)에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-6}\ M$이고, pH=6.0이다. 25℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 pH+pOH=14.0이며, pOH=8.0이다.

㉢. (가)에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-7}\ M$이므로 H_3O^+의 양$=1\times10^{-7}\ mol/L\times50\ mL=5\times10^{-6}\ mmol$이다. (나)에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-6}\ M$이므로 H_3O^+의 양$=1\times10^{-6}\ mol/L\times25\ mL=25\times10^{-6}\ mmol$이다. 따라서 H_3O^+의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 5배이다.

08 수용액의 $[H_3O^+]$와 pOH

25℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 pH+pOH=14.0이다. $pH=-\log[H_3O^+]$이므로 $[H_3O^+]$가 클수록 pH는 작다. (가)와 (다)는 H_3O^+의 양(mol)은 같고, 부피는 (가)>(다)

이므로 $[H_3O^+]$는 (다)>(가)이다. 따라서 pH는 (가)>(다)이다. pOH는 (가)>(나)이므로 pH는 (나)>(가)이다. 따라서 (가)~(다)의 pH를 비교하면 (나)>(가)>(다)이다.

09 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$

㉠. t℃에서 물의 자동 이온화 반응($H_2O+H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$)에 의해 생성된 H_3O^+의 농도가 1×10^{-7} M이고, $K_w=[H_3O^+][OH^-]$이며 $[H_3O^+]=[OH^-]$이므로 $K_w=1\times10^{-14}$이다.

✗. t℃에서 $K_w=1\times10^{-14}$이므로 (가)의 $[OH^-]=1\times10^{-9}$ M이다. (가) 100 mL에 포함된 OH^-의 양은 1×10^{-9} mol/L$\times$0.1 L$=1\times10^{-10}$ mol이다.

✗. t℃에서 $K_w=1\times10^{-14}$이므로 pH+pOH=14.0이다. (가)의 $[H_3O^+]=1\times10^{-5}$ M이므로 (가)의 pH=5.0, pOH=9.0이고, (나)의 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M이므로 (나)의 pOH=4.0, pH=10.0이다. 따라서 $\frac{\text{(가)의 pOH}}{\text{(나)의 pH}}=\frac{9.0}{10.0}<1$이다.

10 설탕 수용액의 동적 평형

㉠. 설탕이 물에 용해되는 반응에서 동적 평형에 도달하면 설탕이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같아져 겉보기에는 설탕이 더 이상 용해되지 않는 것으로 보인다. 따라서 (가)에서 설탕의 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}}=1$이다.

㉡. (나)는 동적 평형 상태이므로 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량은 일정하게 유지된다.

㉢. 물의 양이 더 많은 (나)에서 더 많은 질량의 설탕이 용해될 수 있다. 따라서 물에 용해된 설탕의 질량은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

11 수용액의 pH와 pOH

㉠. NaOH(aq)은 염기성 물질이므로 pH>pOH이다. 따라서 (가)는 pH이다.

✗. pH와 pOH가 y로 같은 A는 중성인 물질이며 25℃에서 $K_w=1\times10^{-14}$이므로 $y=7.0$이다. 또한 pH+pOH=14.0이므로 $2x+x=14.0$이고, $x=\frac{14}{3}$이다. 따라서 $x+y<12.0$이다.

✗. A는 중성인 물질이고, B는 pOH가 pH보다 큰 산성 물질이므로, OH^-의 몰 농도(M)는 A>B이다.

12 수용액의 pH와 pOH

㉠. 25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이므로 (가)에서 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}=1000$의 양변에 $-\log$를 씌우면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$-\log\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}=-\log1000$

$-\log[OH^-]+\log[H_3O^+]=-3.0$

pOH$-$pH$=-3.0$, $(14.0-\text{pH})-\text{pH}=-3.0$, $2\text{pH}=17.0$

따라서 (가)의 pH=8.5이고 액성은 염기성이다.

✗. (가)의 pH=8.5이며, pH+pOH=14.0이므로 (가)의 pOH=5.5이다.

㉢. $\frac{\text{(나)의 pH}}{\text{(가)의 pOH}}=\frac{\text{(나)의 pH}}{5.5}=2$이므로 (나)의 pH는 11.0이다. 따라서 (가)와 (나)의 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$는 각각 $\frac{5.5}{8.5}$, $\frac{3.0}{11.0}$이므로 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$는 (가)>(나)이다.

수능 3점 테스트

본문 153~158쪽

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

01 가역 반응

✗. ㉠($CoCl_2\cdot6H_2O$)은 염화 코발트(Ⅱ)와 물이 반응하여 생성된 물질로 붉은색을 띤다.

㉡. 염화 코발트(Ⅱ)와 물의 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.

㉢. 염화 코발트(Ⅱ)와 물의 반응은 가역 반응으로서 다음과 같은 화학 반응식으로 표현할 수 있다.

$CoCl_2+6H_2O \rightleftarrows CoCl_2\cdot6H_2O$

02 설탕 수용액에서의 용해 평형

설탕 수용액에서 동적 평형 상태에 도달하면 설탕의 용해 속도와 설탕의 석출 속도는 같아진다.

㉠. (가)에서 t_1일 때 동적 평형 상태에 도달하였으므로 녹지 않고 남아 있는 고체 설탕의 질량은 이후에도 일정하게 유지된다. 따라서 $x=c$이다.

✗. (나)에서 t_1일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이므로 설탕의 용해 속도가 설탕의 석출 속도보다 빠르다. 따라서 설탕의 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}}<1$이다.

✗. (가)에서 t_2일 때는 동적 평형 상태이므로 설탕의 용해 속도와 설탕의 석출 속도가 같아서 겉보기에는 설탕이 용해되는 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만 실제로는 끊임없이 용해와 석출이 일어난다.

03 상평형

㉠. t_2일 때 동적 평형 상태에 도달하였고 외부 요인에 의한 영향이 없었으므로 t_3일 때 X(l)와 X(g)는 동적 평형 상태이다.

✕. X(g)의 응축 속도는 X(g)의 양(mol)이 많아질수록 증가하므로 X(g)의 응축 속도는 t_2일 때가 t_1일 때보다 크다.

㉢. t_2일 때 X(l)의 양이 0.9 mol이므로 t_1일 때 X(l)의 양을 x mol이라고 하면, 19 : 18 = x : 0.9이다. 따라서 t_1일 때 X(l)의 양은 0.95 mol, X(g)의 양은 0.05 mol이고, $\frac{t_2\text{일 때 X}(g)\text{의 양(mol)}}{t_1\text{일 때 X}(g)\text{의 양(mol)}}=\frac{0.1}{0.05}=2$이다.

04 설탕 수용액의 동적 평형

물에 대한 설탕의 용해도는 온도에 의해 결정되므로 25℃에서 비커 Ⅰ, Ⅱ에 담긴 설탕 수용액의 최종 농도는 같다. Ⅱ에서 수용액의 농도가 $2t$ 이후 변하지 않으므로 Ⅱ의 수용액은 $2t$, $3t$일 때, Ⅰ의 수용액은 $3t$일 때 동적 평형을 이루고 있다.

✕. $2t$일 때 Ⅱ에서는 동적 평형을 이루고 있으므로 설탕의 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}}=1$이다.

✕. $3t$일 때 Ⅰ의 수용액은 포화 상태이므로 설탕을 더 넣어도 농도는 증가하지 않는다.

㉢. 수용액에 용해된 설탕의 양이 많아지면 석출 속도가 증가하므로 Ⅰ에서 설탕의 석출 속도는 $3t$일 때가 $2t$일 때보다 크다.

05 H_2O의 상평형

밀폐된 진공 용기에 $H_2O(l)$을 넣으면 증발하여 $H_2O(g)$가 생성된다. $H_2O(l)$의 증발 속도와 $H_2O(g)$의 응축 속도가 같아지면 동적 평형에 도달한다.

㉠. $H_2O(g)$의 응축 속도는 $H_2O(g)$의 양(mol)이 증가함에 따라 빨라진다. 따라서 ㉠은 H_2O의 응축 속도이다.

㉡. 동적 평형 상태에 도달하면 $H_2O(l)$의 증발 속도와 $H_2O(g)$의 응축 속도는 같아진다. 따라서 t_3일 때 $H_2O(l)$과 $H_2O(g)$는 동적 평형 상태이다.

✕. $H_2O(l)$의 양(mol)은 동적 평형 상태에 도달하기 전까지 시간이 지날수록 감소하므로 t_2일 때가 t_3일 때보다 많다.

06 물질의 부피와 pH

㉠. (가)~(다) 중 $H_2O(l)$은 pH가 7.0이며 HCl(aq)은 pH가 7.0보다 작고, NaOH(aq)은 pH가 7.0보다 크므로 (가)~(다)는 각각 HCl(aq), $H_2O(l)$, NaOH(aq)이다. 따라서 k=3.5이다.

✕. (다)는 pH가 10.5인 NaOH(aq)이다. 25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14}이고, pH+pOH=14.0이므로 (다)의 pH=10.5이고 pOH=3.5이다.

✕. (가)는 pH가 3.5인 HCl(aq)이므로 (가)에서 H_3O^+의 양(mol)은 $1\times10^{-3.5}$ mol/L$\times V$ L$=1\times10^{-3.5}V$ mol이고, (다)는 pOH가 3.5인 NaOH(aq)이므로 OH^-의 양(mol)은 $1\times10^{-3.5}$ mol/L$\times 100V$ L$=1\times10^{-1.5}V$ mol이다.

따라서 $\frac{\text{(다)에서 OH}^-\text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 H}_3\text{O}^+\text{의 양(mol)}}=\frac{1\times10^{-1.5}V}{1\times10^{-3.5}V}=10^2$이다.

07 HCl(aq)의 pH

㉠. (나)에 녹아 있는 HCl의 질량은 (가)의 2배이고, (나)의 부피는 (가)의 20배이다. 따라서 (나)의 몰 농도는 (가)의 $\frac{1}{10}$배이다. HCl(aq)의 몰 농도가 $\frac{1}{10}$배가 되면 pH는 1.0만큼 증가하므로 (나)의 pH는 (가)보다 1.0만큼 크고, $4x+1.0=6x$이다. 따라서 x=0.5이다.

㉡. (가)의 pH=2.0이고, pH=$-\log[H_3O^+]$이므로 (가)의 $[H_3O^+]=1\times10^{-2}$ M이다.

㉢. (다)는 (가)보다 pH가 1.0만큼 작으므로 (다)의 몰 농도는 (가)의 10배이다. (다)의 부피가 (가)의 $\frac{1}{5}$배이므로 (다)의 몰 농도가 (가)의 10배가 되기 위해서는 (다)에 녹아 있는 HCl의 양(mol)이 (가)의 2배여야 한다. 따라서 a=2이다.

08 pH와 pOH

25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14}이고, pH+pOH=14.0이다. (가)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=\frac{\text{pH}}{14.0-\text{pH}}=6$이므로 (가)는 pH=12.0, pOH=2.0인 염기성 수용액이다.

㉠. (가)~(다) 중 염기성 수용액은 NaOH(aq)뿐이므로 (가)는 x M NaOH(aq)이다. 또한 $[H_3O^+]$는 (나)>(다)이므로 (나)는 x M HCl(aq), (다)는 $\frac{x}{10}$ M HCl(aq)이다.

㉡. (가)(NaOH(aq))의 pOH=2.0이므로 $[OH^-]=1\times10^{-2}$ M이다. 따라서 x=0.01이다.

㉢. (다)의 $[H_3O^+]=1\times10^{-3}$ M이므로 (다)의 pH=3.0, pOH=11.0이다.

09 몰 농도와 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$

㉠. 25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14}이고, $K_w=[H_3O^+][OH^-]$이므로 (나)의 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M이다. 따라서 $x=1\times10^{-4}$이다.

✕. (가)의 $[OH^-]$는 1×10^{-2} M이므로 $a=\frac{1\times10^{-12}}{1\times10^{-2}}=1\times10^{-10}$이고, $100a=1\times10^{-8}$이다. 따라서 (다)의 $[H_3O^+]=1\times10^{-11}$ M이며, pH=11.0이다.

✕. (다)는 (가)보다 pOH가 1.0만큼 크므로 (다)의 몰 농도는 (가)

의 $\frac{1}{10}$배이다. (다)의 부피가 (가)의 100배이므로 (다)에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 (가)의 10배이다. 따라서 $y=10w$이다.

10 수용액의 농도와 $[H_3O^+]$

(다)의 부피는 1 L, $[OH^-]=1\times10^{-6}$ M, $[H_3O^+]=1\times10^{-8}$ M이므로 OH^-과 H_3O^+의 양은 각각 1×10^{-6} mol, 1×10^{-8} mol이다.

㉠. ㉠의 양(mol)의 상댓값을 고려할 때, ㉠이 OH^-이라면 (가)와 (나)에서 ㉠의 양(mol)은 각각 1×10^{-2}, 1×10^{-10}이므로 (가)는 $[OH^-]=1\times10^{-2}$ M인 NaOH(aq)이고, (나)는 $[OH^-]=1\times10^{-8}$ M인 HCl(aq)이므로 모순이다. 따라서 ㉠은 H_3O^+이고, (다)에서 H_3O^+의 양(mol)은 1×10^{-8}이므로 (가)와 (나)에서 ㉠의 양(mol)은 각각 1×10^{-4}, 1×10^{-12}이다. 따라서 (가)는 $[H_3O^+]=1\times10^{-4}$ M인 HCl(aq)이고, (나)는 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M인 NaOH(aq)이다.

㉡. (가)는 $[H_3O^+]=1\times10^{-4}$ M인 HCl(aq)이므로 pH=4.0, pOH=10.0이다.

✕. (나)는 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M인 NaOH(aq)이므로 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M, $[H_3O^+]=1\times10^{-10}$ M이다. 용액에 존재하는 물질의 양(mol)의 비는 농도(M)의 비와 같으므로 $\frac{OH^-의\ 양(mol)}{H_3O^+의\ 양(mol)}=\frac{1\times10^{-4}}{1\times10^{-10}}=10^6$이다.

11 혼합 용액의 액성

25℃에서 물의 자동 이온화에 의해 생성되는 H_3O^+과 OH^-의 양이 같으므로 중성 수용액에서 $\frac{pOH}{pH}=1$이다. 따라서 (다)는 중성 수용액이다.

✕. 25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14}이고, $K_w=[H_3O^+][OH^-]$이므로 pH+pOH=14.0이다. (나)와 (다)를 1 : 9의 부피비로 혼합한 수용액의 $\frac{pOH}{pH}=2.5$이므로 pH=4.0, pOH=10.0이다. (나)와 (다)를 1 : 9의 부피비로 혼합한 수용액의 농도는 (나)의 $\frac{1}{10}$배이다. 수용액의 농도가 $\frac{1}{10}$배로 희석되면 산성 수용액의 pH가 1.0만큼 증가하므로 (나)의 pH=3.0, pOH=11.0이다.

㉡. (나)의 $\frac{pOH}{pH}=\frac{11}{3}$이므로 $k=\frac{1}{3}$이다.

㉢. (가)의 $\frac{pOH}{pH}=\frac{1}{3}$이고, pH+pOH=14.0이므로 (가)의 pH=10.5, pOH=3.5이다. 25℃에서 (다)의 pH=7.0이므로 $\frac{(다)의\ pH}{(가)의\ pOH}=\frac{7.0}{3.5}=2$이다.

12 물질의 |pH−pOH|

✕. a와 b는 $H_2O(l)$, HCl(aq), NaOH(aq)의 |pH−pOH|를 나타낸 값이다. $H_2O(l)$의 |pH−pOH|=0이고, HCl(aq)과 NaOH(aq)의 |pH−pOH|은 0이 아니므로 (다)는 $H_2O(l)$이고, $b=0$이다. 따라서 (다)는 중성이다.

㉡. (다)($H_2O(l)$)에서 OH^-의 양$=1\times10^{-7}$ mol/L$\times0.1$ L$=1\times10^{-8}$ mol이므로 (가)에서 OH^-의 양은 1×10^{-8} mol$\times10^{-2}=1\times10^{-10}$ mol이다. 따라서 (가)의 $[OH^-]=\frac{1\times10^{-10}\ mol}{1\ L}=1\times10^{-10}$ M이고, pOH=10.0이다. 25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14}이고, $K_w=[H_3O^+][OH^-]$이므로 pH+pOH=14.0이다. 따라서 (가)는 pH=4.0, pOH=10.0인 HCl(aq)이고, $a=|4.0-10.0|=6.0$이다.

㉢. (나)의 |pH−pOH|$=a=6.0$이고, (나)는 NaOH(aq)이므로 (나)의 pH=10.0, pOH=4.0이며, $[H_3O^+]=1\times10^{-10}$ M이다. 따라서 H_3O^+의 양은 1×10^{-10} mol/L$\times$ 0.1 L$=1\times10^{-11}$ mol이다.

11 산 염기와 중화 반응

수능 2점 테스트 본문 167~169쪽

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

01 브뢴스테드 · 로리 산과 염기

㉠. (가)에서 HCl는 물에 녹아 H_3O^+을 내놓으므로 HCl는 아레니우스 산이다.

㉡. (가)에서 HCl는 H_2O에게 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.

㉢. (나)에서 NH_3는 HCl로부터 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

02 중화 반응의 양적 관계

㉠. 수용액에 존재하는 H^+의 양은 (가)에서 a M$\times 3V$ mL$=3aV$ mmol이고, (나)에서 $2\times 2a$ M$\times V$ mL$=4aV$ mmol이며, (다)에 존재하는 OH^-의 양은 $2\times 2a$ M$\times 2V$ mL$=8aV$ mmol이므로 (가)~(다)를 모두 혼합한 수용액에는 OH^-의 양이 aV mmol$(=8aV$ mmol$-(3aV$ mmol$+4aV$ mmol$))$이다. 따라서 혼합 수용액의 액성은 염기성이다.

㉡. Cl^-은 구경꾼 이온이므로 Cl^-의 양(mol)은 혼합 전후에 일정하고, 혼합 수용액의 부피가 (가)의 $2\left(=\frac{3V+V+2V}{3V}\right)$배이므로 $[Cl^-]$는 혼합 수용액이 (가)의 $\frac{1}{2}$배이다. 따라서 (가)에서 $[Cl^-]=a$ M이므로 혼합 수용액의 $[Cl^-]=\frac{a}{2}$ M이다.

㉢. 혼합 수용액에 존재하는 양이온은 B^{2+}이고, 음이온은 Cl^-, A^{2-}, OH^-이다. 혼합 수용액에서 B^{2+}의 양은 $2a$ M$\times 2V$ mL$=4aV$ mmol이고, Cl^-의 양은 a M$\times 3V$ mL$=3aV$ mmol이며, A^{2-}의 양은 $2a$ M$\times V$ mL$=2aV$ mmol이고, OH^-의 양은 aV mmol이므로 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}}=\frac{3aV+2aV+aV}{4aV}=\frac{3}{2}$이다.

03 중화 반응

㉠. (가)와 (나) 모두 $H^+(aq)$과 $OH^-(aq)$이 반응하여 $H_2O(l)$이 생성되는 중화 반응이므로 알짜 이온 반응식은 $H^+(aq)+OH^-(aq)\longrightarrow H_2O(l)$이다.

㉡. 구경꾼 이온은 (가)에서 Na^+, Cl^-이고, (나)에서 Na^+, SO_4^{2-}이므로 Na^+은 (가)와 (나)에서 모두 구경꾼 이온이다.

✕. 중화 반응에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응하는 H^+의 양은 1 mol이므로 (나)에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응하는 H_2SO_4의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다.

04 중화 반응과 이온 수 비

㉠과 ㉡ 외 나머지 1가지 이온을 ㉢이라고 할 때 이온 수 비는 ㉠ : ㉡ : ㉢$=1:2:2$이다. 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합은 0이어야 한다. 양이온인 ㉠이 H^+인 경우, 음이온인 ㉡은 A^- 또는 A^{2-}이고, ㉢은 B^+ 또는 B^{2+}이며, 이 경우에 ㉠~㉢의 이온 수 비를 고려하면 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 될 수 없다. 양이온인 ㉠이 B^+인 경우에도 마찬가지로 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 될 수 없다. 양이온인 ㉠이 B^{2+}인 경우에만 음이온인 ㉡은 A^{2-}이고, ㉢은 H^+일 때 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 된다.

㉠. 혼합 수용액에 H^+이 존재하므로 혼합 수용액의 액성은 산성이다.

㉡. ㉠은 B^{2+}이다.

✕. $m=2$이고, $n=2$이므로 $m=n$이다.

05 브뢴스테드 · 로리 산과 염기

㉠. ㉠은 H_2CO_3이 H^+을 내놓고 생성되므로 HCO_3^-이다.

㉡. (가)에서 H_2O은 H_2CO_3으로부터 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

㉢. (나)에서 ㉠(HCO_3^-)은 H_2O에게 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.

06 중화 반응과 이온 모형

이온 수 비가 ●$:$○$=1:2$이고, ■$:$□$=1:2$이므로 ●과 ■은 각각 A^{2-}과 B^{2+} 중 하나이고, ○과 □은 각각 H^+과 OH^- 중 하나이다. ○과 □의 수가 각각 4, 6이므로 혼합 수용액에서 ○은 없고, □의 수는 2이며, 구경꾼 이온인 ●과 ■의 수는 각각 2와 3이다. ●과 ○의 전하의 부호는 반대이고, ○과 □의 전하의 부호도 반대이므로 ●과 □의 전하의 부호는 같다. 또한 ■과 □의 전하의 부호는 반대이므로 ■의 전하의 부호는 ●과 □의 전하의 부호와 반대이다. 혼합 수용액에 존재하는 ■의 수는 3이고, ●과 □의 수의 합은 4인데, 모든 음이온의 수는 모든 양이온의 수보다 크므로 ●과 □은 음이온이고, ■은 양이온이다. 따라서 ●, ○, ■, □은 각각 A^{2-}, H^+, B^{2+}, OH^-이고, (가)는 a M $H_2A(aq)$ V mL이고, (나)는 b M $B(OH)_2(aq)$ V mL이다.

㉠. ■에 해당하는 이온은 B^{2+}이다.

✕. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}}=\frac{A^{2-}\text{의 수}+OH^-\text{의 수}}{B^{2+}\text{의 수}}=\frac{4}{3}$이다.

ㄷ. OH^-의 수는 혼합 수용액이 (나)의 $\frac{1}{3}\left(=\frac{2}{6}\right)$배이고, 수용액의 부피는 혼합 수용액이 (나)의 2배이므로 $[OH^-]$는 혼합 수용액이 (나)의 $\frac{1}{6}$배이다. (나)에서 $[OH^-]=2b$ M이므로 (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 $[OH^-]=\frac{b}{3}\left(=2b\times\frac{1}{6}\right)$ M이다.

07 중화 반응과 pH

0.1 M $HCl(aq)$ 30 mL에 각각 (가)는 10 mL의 염기 수용액을, (나)는 10 mL의 산 수용액을 혼합한 수용액이므로 pH는 (가)>(나)이다. (나)에 존재하는 H^+의 양은 9 mmol(=0.1 M×30 mL+2×0.3 M×10 mL)이고, (다)에 존재하는 H^+의 양은 10 mmol(=2×0.3 M×20 mL−0.2 M×10 mL)이므로 혼합 수용액에 존재하는 H^+의 양은 (다)>(나)인데 수용액의 부피는 (나)>(다)이므로 $[H^+]$는 (다)>(나)이다. 따라서 pH는 (가)>(나)>(다)이다.

08 중화 적정 실험

Ⓐ. 비커보다 피펫이 수용액의 부피를 정확히 측정하는 데 더 적절한 도구이므로 (가)에서 $CH_3COOH(aq)$ 20 mL를 측정할 때 비커 대신 피펫을 이용해야 실험 오차를 줄일 수 있다.

Ⓑ. 중화점에서 꼭지의 아랫부분이 $NaOH(aq)$으로 채워진 상태가 되므로 중화 적정을 시작하기 전에 (나)에서 꼭지를 잠시 열었다 닫아 꼭지의 아랫부분을 $NaOH(aq)$으로 채운 후 눈금을 읽어야 실험 오차를 줄일 수 있다.

Ⓒ. 혼합 수용액에 붉은색이 나타나자마자 꼭지를 잠그면 혼합 수용액 전체가 중화점에 도달하기 전에 중화 적정을 마칠 수 있으므로 (다)에서 혼합 수용액을 잘 섞어 주면서 혼합 수용액 전체가 붉은색이 되는 순간에 꼭지를 잠가야 실험 오차를 줄일 수 있다.

09 중화 반응과 이온 모형

✕. 혼합 후 ★의 수가 감소하므로 ★은 OH^-이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합할 때 ★은 구경꾼 이온이 아니다.

ㄴ. 혼합 후 ■의 수가 감소하므로 ■은 H^+이다. 중화 반응에서 반응하는 H^+의 수와 생성되는 H_2O 분자 수는 같고, (가)에 존재하는 2개의 ■(H^+)이 모두 반응하므로 (가)와 (나)를 혼합할 때 생성되는 H_2O 분자 수는 (가)에서 ■(H^+)의 이온 수와 같다.

✕. ★(OH^-)의 수는 (나)가 (다)의 3배이고, 수용액의 부피는 (나)가 (다)의 $\frac{2}{3}$배이므로 $[OH^-]$는 (나)가 (다)의 $\frac{9}{2}$배이다.

10 중화 반응과 양이온 모형

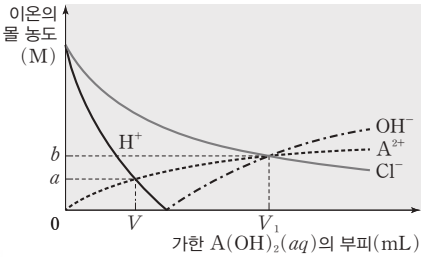
ㄱ. (가)에 존재하는 ■(A^{2+})의 수를 $2N$이라고 할 때 중화 반응 후 남아 있는 ○(H^+)의 수도 $2N$이다. b M $A(OH)_2(aq)$ V mL에서 $2N$의 A^{2+}과 함께 들어간 OH^-의 수는 $4N$이고, 남아 있는 H^+의 수는 $2N$이므로 혼합 전 a M $HCl(aq)$ V mL에 존재하는 H^+의 수는 $6N$이다. b M $A(OH)_2(aq)$ V mL에 존재하는 A^{2+}의 수와 a M $HCl(aq)$ V mL에 존재하는 H^+의 수비는 1 : 3(=$2N$: $6N$)이므로 $a:b=3:1$이다.

ㄴ. ■(A^{2+})의 수는 (나)가 (가)의 3배이고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 2배이므로 단위 부피당 A^{2+}의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$배이므로 ㉠에 들어갈 ■(A^{2+})의 수는 3이다.

ㄷ. (나)에서 Cl^-의 수는 $6N$이고, OH^-의 수는 $6N(=12N-6N)$이므로 (나)에 존재하는 Cl^-과 OH^-의 수는 같다.

11 중화 반응과 이온의 몰 농도

각 곡선에 해당하는 이온은 다음과 같다.



Cl^-과 A^{2+}의 몰 농도가 같게 될 때까지 가한 $A(OH)_2(aq)$의 부피(mL)를 V_1이라고 할 때, $0.2\times10=0.1\times V_1$에서 $V_1=20$이고, 이때 Cl^-의 몰 농도(M) $b=\frac{1}{15}\left(=0.2\times\frac{10}{10+20}\right)$이다. A^{2+}과 H^+의 몰 농도가 같게 될 때까지 가한 $A(OH)_2(aq)$의 부피(mL)가 V이므로 $0.1\times V=0.2\times10-2\times0.1\times V$에서 $V=\frac{20}{3}$이고, 이때 A^{2+}의 몰 농도(M) $a=\frac{1}{25}\left(=0.1\times\frac{\frac{20}{3}}{10+\frac{20}{3}}\right)$이다. 따라서 $\frac{a}{b}\times V=4$이다.

12 중화 반응과 이온 수

$h>i$이고, $k>j$이며, $m>l$이므로 A 이온은 중화 반응에 의해 이온 수가 감소하는 이온이므로 H^+이고, B 이온과 C 이온은 중화 반응에 의해 이온 수가 증가하는 이온이므로 각각 X^{2+}과 OH^- 중 하나이고, (가)에는 X^{2+}과 OH^- 모두 존재하지 않으므로 $j=l=0$이다. (나)에 OH^-이 존재하므로 (나)에 존재하는 H^+의 수인 $i=0$이다. 따라서 자료에서 $6h=3k=4m$이다. 만약 B 이온이 X^{2+}이고, C 이온이 OH^-이면 (나)에서 X^{2+}의 수 $k=2h$이므로 반응하고 남은 OH^-의 수 $m=3h(=4h-h)$인데 이는 자료$\left(m=\frac{3}{2}h\right)$에 부합하지 않는다. 따라서 B 이온은 OH^-이고, C 이온은 X^{2+}이다.

ㄱ. A 이온은 H^+이다.

✗. B 이온은 OH^-이다.
ㄷ. (나)에 존재하는 H^+의 수인 $i=0$이고, (가)에 존재하는 OH^-의 수인 $j=0$이므로 (나)에 존재하는 X^{2+}의 수인 $m>i+j(=0)$이다.

수능 3점 테스트 본문 170~176쪽

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

01 중화 반응과 이온 수

$HCl(aq)$과 $A(OH)_2(aq)$의 중화 반응에서 혼합 수용액이 산성일 때 $1<\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}}<2$이고, 중성과 염기성일 때 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}}=2$이다. (가)에서 혼합 전 a M $HCl(aq)$ 100 mL에 존재하는 H^+과 Cl^-의 수를 각각 N, N이라고 하고, a M $A(OH)_2(aq)$ V mL에 존재하는 A^{2+}과 OH^-의 수를 각각 kN, $2kN$이라고 할 때, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}}=\frac{6}{5}$이므로 (가)의 액성은 산성이고, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}}=\frac{N}{(N-2kN)+kN}=\frac{1}{1-k}=\frac{6}{5}$이므로 $k=\frac{1}{6}$이다. (나)에서 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}}=1.5$이므로 (가)의 액성은 산성이고, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}}=\frac{2N}{\left(2N-\frac{1}{3}xN\right)+\frac{1}{6}xN}=\frac{12}{12-x}=\frac{3}{2}$이므로 $x=4$이다. (다)에서 혼합 전 a M $HCl(aq)$ 100 mL에 존재하는 H^+의 수는 N이고, a M $A(OH)_2(aq)$ $4V$ mL에 존재하는 OH^-의 수는 $\frac{4}{3}N$이므로 (다)의 액성은 염기성이고, (다)에서 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}}=y=2$이다. 따라서 $\frac{x}{y}=2$이다.

02 중화 적정 실험

Ⅰ의 몰 농도(M) $\times 50=x\times 30$이므로 Ⅰ의 몰 농도$=\frac{3}{5}x$ M이고, A의 몰 농도는 Ⅰ의 몰 농도의 10배이므로 $6x$ M이다. Ⅱ의 몰 농도(M) $\times 50=x\times 20$이므로 Ⅱ의 몰 농도$=\frac{2}{5}x$ M이고, B의 몰 농도는 Ⅱ의 몰 농도의 20배이므로 $8x$ M이다.
ㄱ. A와 B의 몰 농도는 각각 $6x$ M, $8x$ M이므로 식초 속 CH_3COOH의 몰 농도(M)는 B가 A의 $\frac{4}{3}$배이다.
ㄴ. A의 몰 농도가 $6x$ M이므로 수용액 1 L($=1000d_A$ g)에 들어 있는 CH_3COOH의 양은 $6x$ mol($=360x$ g)이다. 따라서 A 1 g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량은 $\frac{9x}{25d_A}\left(=\frac{360x}{1000d_A}\right)$ g이다.
ㄷ. B의 몰 농도가 $8x$ M이므로 수용액 1 L($=1000d_B$ g)에 들어 있는 CH_3COOH의 양은 $8x$ mol($=480x$ g)이다. CH_3COOH 1 g이 들어 있는 A와 B의 질량(g)은 각각 $\frac{25d_A}{9x}\left(=\frac{1000d_A}{360x}\right)$, $\frac{25d_B}{12x}\left(=\frac{1000d_B}{480x}\right)$이므로 B가 A의 $\frac{3d_B}{4d_A}$배이다.

03 중화 반응과 이온 모형

Cl^-의 수는 (가)~(다)에서 모두 같고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$배이므로 단위 부피당 Cl^-의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{2}{3}$배이다. 단위 부피당 이온 모형의 수가 (나)가 (가)의 $\frac{2}{3}$배인 것은 ○뿐이므로 ○은 Cl^-이다. Na^+의 수는 (나)가 (가)의 2배이고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$배이므로 단위 부피당 Na^+의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{4}{3}\left(=2\times\frac{2}{3}\right)$배이다. 단위 부피당 이온 모형의 수가 (나)가 (가)의 $\frac{4}{3}$배인 것은 ■뿐이므로 ■은 Na^+이다. (가)에서 단위 부피당 이온 모형의 수가 ○(Cl^-)은 3, ■(Na^+)은 6, ★은 3인데 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합은 0이어야 하므로 ★은 OH^-이다. (가)에서 이온 수 비는 $Cl^-:Na^+:OH^-=1:2:1$이므로 Cl^-, Na^+, OH^-의 수를 각각 N, $2N$, N이라고 할 때, (다)에서 Cl^-, Na^+의 수는 각각 N, $10N$이고, 중화 반응 후 남은 OH^-의 수는 $9N$이다. OH^-의 수는 (다)가 (가)의 9배이고, 수용액의 부피는 (다)가 (가)의 3배이므로 단위 부피당 OH^-의 수는 (다)가 (가)의 $3\left(=9\times\frac{1}{3}\right)$배이다. 따라서 (다)에서 ★($OH^-$)의 단위 부피당 이온 모형의 수는 9이다.

04 중화 반응과 이온의 몰 농도

$HCl(aq)$에 $X(OH)_2(aq)$을 가할 때 몰 농도가 증가하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 X^{2+}과 OH^- 중 하나이고, B 이온이 C 이온보다 몰 농도의 증가가 크므로 B 이온은 OH^-이고, C 이온은 X^{2+}이다. x는 0이 아니므로 A 이온은 H^+이 될 수 없고, A 이온은 Cl^-이다.
✗. B 이온은 OH^-이다.
ㄷ. 혼합 전 $X(OH)_2(aq)$ 20 mL에 존재하는 X^{2+}과 OH^-의 수를 각각 N, $2N$이라고 하면, 가한 $X(OH)_2(aq)$의 부피가 20 mL일 때, 혼합 수용액에 존재하는 X^{2+}과 OH^-의 수가 같으므로 X^{2+}와 OH^-의 수는 각각 N이고, 반응한 OH^-의 수가 N이므로 반응한 H^+과 남아 있는 Cl^-의 수도 각각 N이다. 따라서

가한 $X(OH)_2(aq)$의 부피가 20 mL일 때, Cl^-, X^{2+}, OH^- 모두 이온 수가 같으므로 $x=8k$이다.

ㄷ. 가한 $X(OH)_2(aq)$의 부피가 20 mL일 때 혼합 수용액에 존재하는 Cl^-과 X^{2+}의 수가 같으므로 $a\times10=b\times20$에서 $a=2b$이다.

05 중화 반응과 이온 수

(가)에 존재하는 A 이온과 B 이온, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온은 모두 서로 다른 이온이므로 (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온 중 하나는 H^+이고, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온 중 하나는 OH^-이다. (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온의 수를 각각 $3N$, $4N$이라고 할 때, A 이온과 B 이온이 각각 H^+과 X^{2+} 중 하나라고 하면 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이어야 하므로 Cl^-의 수가 $10N$이거나 $11N$이어야 하는데, (나)에서 C 이온과 D 이온의 수가 이에 해당하지 않으므로 A 이온과 B 이온 중 하나는 H^+이고, 하나는 Cl^-이다. (가)에는 X^{2+}도 존재하므로 Cl^-의 수는 H^+의 수보다 작을 수 없다. 따라서 A 이온은 H^+이고, B 이온은 Cl^-이다. (나)에는 OH^-, X^{2+}, Cl^-이 존재하는데 Cl^-의 수는 (가)에서와 같이 $4N$이고, 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이어야 하므로 C 이온은 X^{2+}이고, D 이온은 OH^-이다.

ㄱ. (가)의 액성은 산성이고, (나)의 액성은 염기성이므로 서로 다르다.

ㄴ. A 이온은 H^+이다.

ㄷ. (나)에서 A~D 이온의 수는 각각 0, $4N$, $3N$, $2N$이므로 B 이온 수와 D 이온 수의 합은 A 이온 수와 C 이온 수의 합의 2배이다.

06 중화 반응과 이온의 몰 농도

$c>d$이고, $e>f$이므로 $HCl(aq)$에 $NaOH(aq)$을 가할 때 몰 농도가 감소하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 H^+과 Cl^- 중 하나이고, $d>e$이므로 B 이온은 Cl^-이고, C 이온은 H^+이다. A 이온과 D 이온은 각각 Na^+과 OH^- 중 하나인데 $b>g$이므로 A 이온은 Na^+이고, D 이온은 OH^-이다.

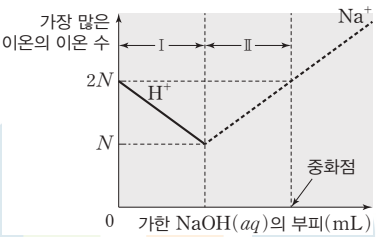
ㄴ. B 이온은 Cl^-이다.

ㄱ. 가한 $NaOH(aq)$의 부피가 100 mL일 때 A 이온(Na^+)의 몰 농도(M)는 $y\times\frac{100}{100+V}$이고, 가한 $NaOH(aq)$의 부피가 150 mL일 때 A 이온(Na^+)의 몰 농도(M)는 $y\times\frac{150}{150+V}$이므로 $y\times\frac{100}{100+V}:y\times\frac{150}{150+V}=8:9$에서 $V=50$이다.

ㄷ. 가한 $NaOH(aq)$의 부피가 200 mL일 때 $g>0$이므로 혼합 수용액은 염기성이고, 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이므로 A 이온(Na^+)의 몰 농도는 B 이온(Cl^-)과 D 이온(OH^-)의 몰 농도 합과 같다. $f=0$이고, $b>g$이므로 $b>f+g$이다.

07 중화 반응과 이온 수

X가 HCl이면 중화점에 도달할 때까지 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온은 Cl^-으로서 그 수가 일정하게 유지되고, 중화점 이후부터는 Na^+으로서 그 수가 점점 증가한다. (가)~(라)에서 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수가 감소했다가 증가하므로(9 → 8 → 8 → 9) X는 HCl가 아니다. 따라서 X는 H_2A이다. $H_2A(aq)$ 100 mL에 존재하는 H^+과 A^{2-}의 수를 각각 $2N$, N이라고 하면, 가한 $NaOH(aq)$의 부피가 증가함에 따라 이온 수가 가장 큰 이온인 H^+의 수는 점점 감소하다가 가한 $NaOH(aq)$에 존재하는 Na^+과 OH^-의 수가 각각 N, N일 때, 혼합 수용액에서 H^+, A^{2-}, Na^+의 수가 모두 N으로 같으므로 이온 수가 가장 큰 이온의 수는 N이며, 그 이후부터는 이온 수가 가장 큰 이온인 Na^+의 수가 증가하다가 중화점에 도달했을 때 $2N$이 된다. 중화점 이후에는 이온 수가 가장 큰 이온인 Na^+의 수가 계속 증가한다. 이를 그림으로 나타내면 다음과 같다.



표에서 (라)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수가 (가)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수보다 크지 않으므로 (라)는 중화점 이전에 해당한다. 따라서 (가)와 (나)는 구간 Ⅰ에 해당하고, (다)와 (라)는 구간 Ⅱ에 해당한다.

ㄴ. (다)는 구간 Ⅱ에 해당하므로 (다)의 액성은 산성이다.

ㄱ. (나)는 구간 Ⅰ에 해당하고 이온 수는 $H^+>A^{2-}>Na^+$이므로 (나)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 작은 이온은 Na^+이다.

ㄷ. $H_2A(aq)$에 $NaOH(aq)$을 가하는 중화 반응에서 중화점 이전에는 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}=2$이다. (라)는 중화점 이전에 해당하므로 (라)에서 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}=2$이다.

08 중화 반응과 혼합 수용액의 액성

H_mA와 $B(OH)_n$의 화학식량을 각각 M_1, M_2라고 하면, Ⅱ에서 혼합 수용액의 액성이 산성이므로 $m\times\frac{2w}{M_1}>n\times\frac{w}{M_2}$에서 $2mM_2>nM_1$이다. $M_1>2M_2$이므로 $2mM_2>nM_1>2nM_2$이다. 따라서 $m>n$이므로 $m=2$, $n=1$이다.

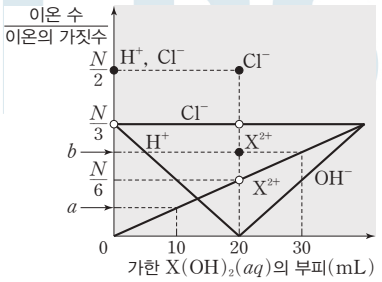
ㄱ. $m=2$, $n=1$이므로 $\frac{n}{m}=\frac{1}{2}$이다.

ㄴ. $H_2A(aq)$과 $BOH(aq)$의 중화 반응에서 혼합 수용액의 액성이 산성이면 혼합 수용액에 존재하는 모든 양이온의 수 : 모든 음이온의 수=2 : 1이다. 따라서 Ⅱ에서 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 이온의 수}}=x=\frac{2}{3}$이다.

ㄷ. Ⅰ에서 혼합 전 $H_2A(aq)$과 $BOH(aq)$에 존재하는 H^+과 OH^-의 몰비는 $2\times\frac{w}{M_1}:\frac{w}{M_2}=\frac{2}{M_1}:\frac{1}{M_2}$이고, $M_1>2M_2$을 적용하면 $\frac{2}{M_1}<\frac{1}{M_2}$이므로 '염기성'은 (가)로 적절하다.

09 중화 반응과 이온 수, 이온의 가짓수

$HCl(aq)$에 $X(OH)_2(aq)$을 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 이온의 가짓수는 산성에서 3, 중성에서 2, 염기성에서 3이다. 가한 $X(OH)_2(aq)$의 부피(mL)가 증가할 때 H^+의 수는 산성에서 감소하고, 중성과 염기성에서는 0으로 일정하며, Cl^-의 수는 항상 일정하다. 또한 X^{2+}의 수는 계속 증가하고, OH^-의 수는 산성과 중성에서 0으로 일정하고, 염기성에서 증가한다. 0.1 M $HCl(aq)$ V mL에 존재하는 H^+과 Cl^-의 수를 각각 N, N이라고 하고, 이온의 가짓수와 이온 수 변화를 적용하여 그림으로 나타내면 다음과 같다.



$b>a$이고, 가한 $X(OH)_2(aq)$의 부피(mL)가 10, 20, 30일 때 $\frac{\text{A 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$는 a, b, b이므로 이에 해당하는 A 이온은 X^{2+}이다.

ㄱ. A 이온은 X^{2+}이다.

ㄴ. 가한 $X(OH)_2(aq)$의 부피가 20 mL일 때 혼합 수용액의 액성이 중성이므로 $0.1\times V=2\times0.1\times20$에서 $V=40$이다.

ㄷ. A 이온(X^{2+}) 수는 가한 $X(OH)_2(aq)$의 부피가 30 mL일 때가 10 mL일 때의 3배이고, 이온의 가짓수는 3으로 같으므로 $\frac{\text{A 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$는 가한 $X(OH)_2(aq)$의 부피가 30 mL일 때가 10 mL일 때의 3배이다. 따라서 $b=3a$이다.

10 중화 반응과 이온 수

0.1 M $H_2X(aq)$ 100 mL에 존재하는 모든 이온의 양은 0.03 mol이다. 가한 수용액이 $Z(OH)_2(aq)$이면 중화점까지 모든 이온의 양은 감소하여 중화점에서 0.02 mol이 되고, 중화점 이후에 증가한다. 가한 수용액이 $YOH(aq)$이면 중화점까지 모든 이온의 양은 0.03 mol로 일정하고, 중화점 이후에 증가한다. 가한 $A(aq)$의 부피가 V_1 mL일 때와 V_3 mL일 때 모든 이온의 양은 a mol로 같은데 A가 $Z(OH)_2$이면, $a<0.03$이고, B가 YOH이면 가한 $B(aq)$의 부피가 V_2 mL일 때 모든 이온의 양은 0.03 mol이므로 a mol일 수 없다. 따라서 A는 YOH이고, B는 $Z(OH)_2$이다. A가 YOH이므로 $a=0.03$이고, 가한 $A(aq)$의 부피가 V_4 mL일 때 모든 이온의 양이 0.06 mol이므로 혼합 수용액의 액성은 염기성이다. 0.1 M $H_2X(aq)$ 100 mL에 0.1 M $YOH(aq)$ V_4 mL를 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 X^{2-}, Y^+, OH^-의 양은 각각 0.01 mol, $\frac{V_4}{10000}$ mol, $\left(\frac{V_4}{10000}-0.02\right)$ mol이고 모든 이온의 양(mol)은 $0.01+\frac{V_4}{10000}+\left(\frac{V_4}{10000}-0.02\right)=\frac{V_4}{5000}-0.01=0.06$이므로 $V_4=350$이다. 0.1 M $H_2X(aq)$ 100 mL에 0.1 M $Z(OH)_2(aq)$ V_2 mL를 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 X^{2-}, Z^{2+}, OH^-의 양은 각각 0.01 mol, $\frac{V_2}{10000}$ mol, $\left(\frac{V_2}{5000}-0.02\right)$ mol이고 모든 이온의 양(mol)은 $0.01+\frac{V_2}{10000}+\left(\frac{V_2}{5000}-0.02\right)=\frac{3V_2}{10000}-0.01=0.03$이므로 $V_2=\frac{400}{3}$이다.

따라서 $\frac{V_4}{V_2}=\frac{21}{8}\left(=\frac{350}{\frac{400}{3}}\right)$이다.

11 중화 반응과 이온 모형

$HCl(aq)$에 $A(OH)_2(aq)$ V mL를 가할 때가 중화점이라고 하면 이온 수가 가장 큰 이온은 $2V$ mL를 가하기 이전까지 Cl^-이고, $2V$ mL를 가할 때 Cl^-, A^{2+}, OH^-이고, 그 이후에는 OH^-이다. a M $HCl(aq)$ 10 mL에 존재하는 Cl^-의 수를 $4N$이라고 하면, $A(OH)_2(aq)$ 80 mL를 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 OH^-의 수는 $6N$이므로 혼합 전 $A(OH)_2(aq)$ 80 mL에 존재하는 A^{2+}과 OH^-의 수는 각각 $5N$, $10N$이다. $A(OH)_2(aq)$ x mL를 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 OH^-의 수는 $8N$이므로 혼합 전 $A(OH)_2(aq)$ x mL에 존재하는 A^{2+}과 OH^-의 수는 각각 $6N$, $12N$이다. $80:x=5N:6N$이므로 $x=96$이다.

ㄱ. $x=96$이다.

ㄴ. a M $HCl(aq)$ 10 mL에 존재하는 H^+의 수는 $4N$이고, b M $A(OH)_2(aq)$ 40 mL에 존재하는 OH^-의 수는 $5N$이므로 혼합 수용액의 액성은 염기성이다.

ㄷ. a M $HCl(aq)$ 10 mL에 존재하는 H^+과 Cl^-의 수는 각각 $4N$, $4N$이고, b M $A(OH)_2(aq)$ 60 mL에 존재하는 A^{2+}과 OH^-의 수는 각각 $\frac{15}{4}N$, $\frac{15}{2}N$이므로 혼합 수용액에 존재하는

Cl^-, A^{2+}, OH^-의 수는 각각 $4N$, $\frac{15}{4}N$, $\frac{7}{2}N$이다. 따라서 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온은 Cl^-이다.

12 중화 반응과 이온 수

같은 몰 농도, 같은 부피의 $HCl(aq)$, $H_2X(aq)$, $NaOH(aq)$, $Y(OH)_2(aq)$을 혼합하는 순서에 따라 각 과정에서 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$가 달라진다. $HCl(aq)$, $H_2X(aq)$, $NaOH(aq)$, $Y(OH)_2(aq)$에 존재하는 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$는 각각 1, 2, 1, $\frac{1}{2}$이고, (나)에서 (라)로 갈수록 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$가 증가한다. $(c>b>a)$

(다)와 (라)에서 $C(aq)$ 또는 $D(aq)$이 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$가 가장 작은 $Y(OH)_2(aq)$이라면 (다)와 (라)의 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 중 하나라도 (나)의 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$보다 작게 된다. 따라서 $Y(OH)_2(aq)$는 $A(aq)$과 $B(aq)$ 중 하나이다. 또한 $H_2X(aq)$이 $A(aq)$과 $B(aq)$ 중 하나이면 (나) 과정 후 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}=1$이고, $C(aq)$이 $HCl(aq)$ 또는 $NaOH(aq)$이므로 (다) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}=1$로 (나) 과정 후와 같다. 따라서 $H_2X(aq)$은 $A(aq)$과 $B(aq)$ 중 하나가 아니다. $NaOH(aq)$이 $A(aq)$과 $B(aq)$ 중 하나이면 (다) 또는 (라) 과정에서 $C(aq)$ 또는 $D(aq)$으로 $HCl(aq)$을 가할 때 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$가 변하지 않으므로 $NaOH(aq)$은 $A(aq)$과 $B(aq)$ 중 하나가 아니다. 따라서 $HCl(aq)$과 $Y(OH)_2(aq)$이 각각 $A(aq)$과 $B(aq)$ 중 하나이므로 (나) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}=a=\frac{1}{2}$이다. $C(aq)$이 $H_2X(aq)$이고, $D(aq)$이 $NaOH(aq)$이면 (다) 과정 후와 (라) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$는 각각 1, 1이므로 $C(aq)$은 $NaOH(aq)$이고, $D(aq)$은 $H_2X(aq)$이다. 따라서 (다) 과정 후와 (라) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$는 각각 $b=\frac{2}{3}$, $c=1$이다.

✕. (나)에서 몰 농도가 같은 $HCl(aq)$ 10 mL와 $Y(OH)_2(aq)$ 10 mL를 혼합한 수용액의 액성은 염기성이다.

㉡. C는 NaOH이다.

㉢. $a\times b\times c=\frac{1}{2}\times\frac{2}{3}\times 1=\frac{1}{3}$이다.

13 중화 반응과 이온의 양(mol)

산과 염기의 종류를 달리하여 산 수용액에 염기 수용액을 가할 때, 가한 염기 수용액의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$의 변화는 다음과 같다.

산 수용액	가한 염기 수용액	$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$의 변화		
		중화점 이전	중화점	중화점 이후
$HCl(aq)$	$NaOH(aq)$	$\frac{1}{2}$ 일정	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ 일정
$HCl(aq)$	$B(OH)_2(aq)$	감소	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$ 일정
$H_2A(aq)$	$NaOH(aq)$	$\frac{2}{3}$ 일정	$\frac{2}{3}$	감소
$H_2A(aq)$	$B(OH)_2(aq)$	감소	$\frac{1}{2}$	감소

(가)는 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$이 감소하다가 일정하므로 $HCl(aq)$에 $B(OH)_2(aq)$을 가하는 것이고, (나)는 일정하다가 감소하므로 $H_2A(aq)$에 $NaOH(aq)$을 가하는 것이다.

(가)에서 가한 염기 수용액의 부피가 V_1 mL와 V_2 mL일 때 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$을 비교하면

$$\frac{(0.1\times 100-2\times 0.1\times V_1)+0.1\times V_1}{(0.1\times 100-2\times 0.1\times V_1)+0.1\times V_1+0.1\times 100}:\frac{1}{3}=4:3$$

이므로 $V_1=20$이다.

(나)에서 가한 염기 수용액의 부피가 V_2 mL와 V_3 mL일 때 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$을 비교하면

$$\frac{2}{3}:\frac{0.1\times V_3}{0.1\times V_3+(0.1\times V_3-2\times 0.1\times 100)+0.1\times 100}=$$

16 : 15이므로 $V_3=250$이다. 따라서 $\frac{V_3}{V_1}=\frac{25}{2}$이다.

14 중화 반응과 혼합 수용액의 액성

(가)~(다)에 존재하는 H^+의 양을 모든 경우에 대해 나타내면 다음과 같다.

수용액	(가)		(나)		(다)	
몰 농도와 부피	a M 100 mL		$2a$ M 100 mL		$2a$ M 100 mL	
용질의 종류	HCl	H_2A	HCl	H_2A	HCl	H_2A
H^+의 양(mol)	$0.1a$	$0.2a$	$0.2a$	$0.4a$	$0.2a$	$0.4a$

(가)~(다)에 각각 0.1 M $NaOH(aq)$ 300 mL를 가할 때, 액성이 산성인 혼합 수용액은 2가지이므로 (가)가 $H_2A(aq)$이면 (나)와 (다)는 모두 $H_2A(aq)$이어야 한다. 그런데 (나)와 (다)가 모두 $H_2A(aq)$이면 (가)~(다)에 각각 0.2 M $NaOH(aq)$ 200 mL를 가할 때, 액성이 염기성인 혼합 수용액이 2가지일 수 없으므로 (가)는 $HCl(aq)$이다. 따라서 $0.1a\le 0.1\times 0.3$이므로 $a\le 0.3$이다.

(가)~(다)에 각각 0.2 M $NaOH(aq)$ 200 mL를 가할 때, 액성이 염기성인 혼합 수용액은 2가지이므로 (나)와 (다)가 모두 $HCl(aq)$이거나 모두 $H_2A(aq)$일 수 없다. 따라서 (나)와 (다) 중 하나는 $HCl(aq)$이고, 나머지 하나는 $H_2A(aq)$이며, (나)와

(다) 중 $H_2A(aq)$인 하나만 혼합 수용액의 액성이 염기성이 아니다. 따라서 $0.2a<0.2\times0.2\le0.4a$이므로 $0.1\le a<0.2$이다.
(나)에 0.2 M NaOH(aq) 300 mL를 가할 때, 혼합 수용액의 액성은 산성인데 (나)가 HCl(aq)이면 0.2 M NaOH(aq) 200 mL를 가할 때 (나)와 (다)가 모두 산성이므로 조건에 부합하지 않는다. 따라서 (나)는 $H_2A(aq)$이고, (다)는 HCl(aq)이며, $0.4a>0.2\times0.3$이므로 $a>0.15$이다. $a\le0.3$이고, $0.1\le a<0.2$이며, $a>0.15$이므로 $0.15<a<0.2$이다.
(가)~(다)에 대한 자료를 정리하면 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
몰 농도와 부피	a M 100 mL	$2a$ M 100 mL	$2a$ M 100 mL
용질의 종류	HCl	H_2A	HCl
H^+의 양(mol)	$0.015<0.1a<0.02$	$0.06<0.4a<0.08$	$0.03<0.2a<0.04$

0.2 M NaOH(aq) 250 mL에 존재하는 OH^-의 양은 0.05 mol이므로 (가)~(다)에 각각 0.2 M NaOH(aq) 250 mL를 가할 때, 혼합 수용액의 액성이 염기성인 것은 (가)와 (다) 2가지이다.

12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

수능 2점 테스트 본문 189~191쪽

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

01 산화수

공유 결합 물질에서 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 가진다고 가정할 때 각 구성 원자의 전하이다.
Ⓐ. 전기 음성도가 Cl>H이므로 HCl에서 산화수를 구할 때 공유 전자쌍은 Cl가 모두 가진다고 가정한다.
Ⓑ. 산화수 규칙에 의해 NaH에서 H의 산화수는 −1이다.
Ⓒ. 산화수가 증가하는 반응은 산화 반응이고, 산화수가 감소하는 반응은 환원 반응이다.

02 산화 환원 반응

반응 후 전체 금속 이온의 양(mol)이 증가하였으므로 생성된 Y^+의 전하량이 X^{m+}보다 작다.
㉠. Y^+이 생성되었으므로 $Y(s)$는 산화되고, X^{m+}은 환원된다.
✕. Y^+의 전하량이 X^{m+}보다 작으므로 $m>1$이다.
✕. X^{m+}은 환원되므로 전자는 Y에서 X^{m+}으로 이동한다.

03 산화 환원 반응식

Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가하고, N의 산화수는 +5에서 +2로 감소하므로 $b=c=3$이고 $d=2$이다. N의 원자 수를 고려하면 $a=8$이고, H의 원자 수를 고려하면 $e=4$이다.
완성된 산화 환원 반응식은 다음과 같다.
$8HNO_3+3Cu \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$
✕. $a+b=11$이고, $c+d+e=9$이므로 서로 같지 않다.
✕. Cu는 산화되므로 환원제이다.
㉢. N의 산화수는 HNO_3에서 +5이고, NO에서 +2이므로 HNO_3에서가 NO에서보다 크다.

04 산화 환원 반응식

(가)는 산화 환원 반응이고, (나)는 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.
㉠. (가)에서 Mn의 산화수는 +4에서 +2로 감소한다.
✕. (나)에서 산화수가 변하는 원자가 없다.
✕. (가)에서 1 mol의 $MnCl_2$가 생성될 때 2 mol의 전자가 이동한다.

05 산화 환원과 전기 음성도

공유 결합 물질에서 전기 음성도가 큰 원자가 음의 산화수를 가진다.
㉠. 전기 음성도가 Y>X이므로 X_2Y에서 산화수는 X>Y이다.
㉡. 전기 음성도가 X>Z라면 X의 산화수는 (+)에서 (−)로 감소하고, Y의 산화수는 (−)에서 0으로 증가, Z의 산화수는 0에서 (+)로 증가한다. 따라서 X~Z 중 산화수가 증가하는 원소는 1가지라는 조건에 맞지 않으므로 전기 음성도는 Z>X이다.
✗. Z의 산화수는 0에서 (−)로 감소하므로 환원되었다. 따라서 Z_2는 환원되므로 산화제이다.

06 분자 구조와 산화수

(다)에서 Z의 산화수는 0이 될 수 없으므로 (가)에서 Z의 산화수는 0이다.
㉠. (가)에서 Z의 산화수가 0이고, X의 산화수는 +1이므로 Y의 산화수는 −2이다.
㉡. (가)에서 Y의 산화수가 −2이므로 Y와 Z의 결합은 2중 결합이고, (다)에서도 Y와 Z의 결합이 2중 결합이다. 따라서 (가)~(다) 중 다중 결합을 포함하는 것은 2가지이다.
㉢. (가)에서 X~Z의 산화수를 통해 전기 음성도가 Y>Z>X임을 알 수 있다.

07 금속의 산화 환원

㉠. (가)에서 질산 은 수용액에 구리판을 넣었을 때 은이 석출되므로 Ag^+이 Ag으로 환원된다.
✗. (나)에서 Cu^{2+}이 Cu로 환원되었으므로 Cu의 산화수는 감소한다.
㉢. (가)와 (나)는 모두 산화 환원 반응이므로 전자가 이동한다.

08 산화 환원 반응식

㉠. (가)에서 Br^-은 산화되어 Br_2이 되므로 Br^-은 환원제이다.
✗. (가)에서 Br_2 1 mol이 생성될 때, 2 mol의 전자가 이동하므로 Br_2 2 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 4 mol이다.
㉢. (가)에서 Cl의 산화수는 0에서 −1로 감소하고, (나)에서 Cl의 산화수는 +4에서 +3으로 감소한다.

09 흡열 반응

에어컨에서 냉매는 실내의 열을 흡수하여 액체에서 기체로 상태가 변한다.
㉠. ㉠은 흡열 반응이므로 주위의 온도가 감소한다.
㉡. ㉡은 연소 반응이므로 산화 환원 반응이다.
㉢. ㉡은 발열 반응이고 ㉠과 ㉢은 흡열 반응이다.

10 화학 반응과 열의 출입

발열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
㉠. (가)에서 $CaO(s)$이 용해될 때 수용액의 온도가 25℃보다 높아졌으므로 $CaO(s)$의 용해 반응은 발열 반응이다.
㉡. CaO의 용해 반응으로 생성된 $Ca(OH)_2(aq)$은 염기성이므로 $HCl(aq)$과의 중화 반응이 일어난다.
㉢. (나)에서 CaO의 용해에 의한 열과 중화 반응에 의한 열이 모두 발생하므로 수용액의 최고 온도는 t_1보다 높다.

11 물의 상태 변화와 열의 출입

물이 증발할 때 액체 상태의 물이 주위의 열을 흡수하여 기체 상태로 변하므로 남아 있는 물의 온도는 감소한다. 반면, 수증기가 응축할 때는 열을 방출하므로 주위의 온도는 증가한다.

12 열량계

$A(s)$는 용해될 때 수용액의 온도가 증가했으므로 발열 반응이고, $B(s)$는 용해될 때 수용액의 온도가 감소했으므로 흡열 반응이다.
✗. $A(s)$의 용해 반응은 발열 반응이므로 열을 방출한다.
㉡. $B(s)$의 용해 반응은 흡열 반응이다.
㉢. 열량계에서 흡열 반응이 일어날 때 수용액으로부터 열을 흡수하므로 수용액의 온도가 감소한다.

수능 3점 테스트

본문 192~197쪽

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

01 산화 환원 반응식

㉠. (가)에서 Cu는 Cu^{2+}으로 산화된다.
✗. (가)의 반응물과 생성물에서 산소의 산화수는 모두 −2이고, (다)의 H_2O_2에서 산소의 산화수는 −1이다.
✗. (나)에서 산화제로 작용하는 물질은 Cl_2이고, (다)에서 산화제로 작용하는 물질은 H_2O_2이므로 (나)와 (다)에서 산화제로 작용하는 물질은 모두 분자이다.

02 산화수

(가)~(다)에서 각 원자의 산화수는 다음과 같다.

(가) $\overset{+5\,-2}{\underline{P_2O_5}} + 3\overset{+1\,-2}{\underline{H_2O}} \longrightarrow 2\overset{+1\,+5\,-2}{\underline{H_3PO_4}}$

(나) $\overset{0}{\underline{Ag}} + 2\overset{+1\,+5\,-2}{\underline{HNO_3}} \longrightarrow \overset{+1\,+5\,-2}{\underline{AgNO_3}} + \overset{+4\,-2}{\underline{NO_2}} + \overset{+1\,-2}{\underline{H_2O}}$

(다) $\overset{+5\ -2}{I}O_3^- + 3\overset{+1}{H}\overset{+4\ -2}{S}O_3^- \longrightarrow \overset{-1}{I^-} + 3\overset{+6\ -2}{S}O_4^{2-} + 3\overset{+1}{H^+}$

✕. (나)에서 N의 산화수는 +4와 +5가 있어 모두 같지 않다.

○. (가)~(다)에서 산화수가 가장 큰 원자를 포함하는 물질은 (다)의 SO_4^{2-}이다.

✕. (가)는 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

03 산화 환원 반응식

㉠. (가)에서 Pb의 산화수가 +4에서 +2로 2만큼 줄어들었으므로 Mn의 산화수는 $+m$에서 +7로 5만큼 커진다. 따라서 $m=2$이다.

㉡. (나)에서 반응 전과 후 산소의 수를 고려하면 $4a+2bx=28$이고, 탄소의 수를 고려하면 $bx=10$이며, 이를 연립하면 $a=2$이다. $C_xO_{2x}{}^{2-}$에서 탄소의 산화수를 w라고 하면, Mn의 산화수 변화는 $2\times(7-m)$이고, 탄소의 산화수 변화는 $40-wbx$이므로 $2\times(7-m)=40-wbx$이다. $m=2$이고, $bx=10$이므로 $10=40-10w$에서 $w=3$이다. $C_xO_{2x}{}^{2-}$에서 $3x-4x=-2$이므로 $x=2$이고, $b=5$이다. 따라서 $a+b=7$이다.

✕. Mn는 (가)에서 산화되고, (나)에서 환원된다.

04 금속과 금속 이온의 반응

Ⅰ에서 A^{2+}과 B가 반응하지 않으면 수용액에 들어 있는 이온은 A^{2+} N mol이고, A^{2+}과 B가 반응하면 수용액에 들어 있는 이온은 B^+ N mol과 A^{2+} $0.5N$ mol로 총 $1.5N$ mol이다. Ⅱ에서 A^{2+}과 C가 반응하지 않으면 수용액에 들어 있는 이온은 A^{2+} N mol이고, A^{2+}과 C가 반응하면 수용액에 들어 있는 이온은 C^{3+} $\frac{2}{3}N$ mol이다.

㉠. Ⅰ과 Ⅱ에 들어 있는 금속 이온 양의 총합이 $2.5N$ mol이 되는 경우는 Ⅱ에서 반응이 일어나지 않는 경우이므로 Ⅰ에서 B는 B^+으로 산화된다.

㉡. (나) 과정 후 Ⅰ에는 A^{2+}과 B^+이 존재하고, Ⅱ에는 A^{2+}이 존재한다.

㉢. (나) 과정 후 수용액에 존재하는 A^{2+}의 몰비는 Ⅰ : Ⅱ $=0.5N : N=1 : 2$이다.

05 산화수와 전기 음성도

(다)에서 Z의 산화수는 W의 산화수보다 크므로 전기 음성도는 W>Z이다.

㉠. (가)에서 X의 산화수는 +4, 0 중 하나이고, (나)에서 전기 음성도가 Y>X이므로 X의 산화수는 +4, +2 중 하나이다. 따라서 (가)에서 X의 산화수는 +4이고, (나)에서 X의 산화수는 +2이다.

㉡. (가)에서 X의 산화수가 +4이므로 전기 음성도는 W>X이고, (나)에서 X의 산화수는 +2이므로 전기 음성도는 X>Z이다. 따라서 전기 음성도는 Y>Z이다.

㉢. XW_2에서 전기 음성도는 W>X이므로 X의 산화수는 +4이다.

06 전기 음성도와 산화수

전기 음성도가 X>Z>Y이므로 W~Z로 가능한 조합은 다음과 같다.

	C	N	O	F
①	W	Y	Z	X
②	Y	W	Z	X
③	Y	Z	W	X
④	Y	Z	X	W

W, X, Y로 이루어진 화합물 (가)는 ①과 ②에서는 FCN이고, ③과 ④에서는 COF_2이다. Y가 (+)의 산화수를 가져야 하므로 ①은 적절하지 않고, 분자당 구성 원자 수가 3이므로 ③과 ④는 적절하지 않다. 따라서 적절한 조합은 ②이고, W, X, Z로 이루어진 화합물 (나)는 FNO이다.

㉠. (가)에서 Y의 산화수는 +4이다.

✕. (나)에서 X의 산화수는 −1이고, Z의 산화수는 −2이므로 산화수는 X>Z이다.

✕. ZX_2는 OF_2이고, Z의 산화수는 +2이다.

07 구리의 산화 환원 반응

㉠. (가)에서 C는 O와 결합하여 CO_2가 된다. 따라서 X는 CO_2이다.

㉡. (가)에서 Cu는 산화수가 +2에서 0으로 감소한다.

㉢. (가)에서 C와 (나)에서 Zn은 산화되므로 환원제이다.

08 전기 음성도와 산화수

반응 전 X~Z의 산화수를 각각 x~z라고 하면, $x+3y=0$이고, $z=0$이다. 반응 후 Z의 산화수를 +2라고 하면, 반응 후 X의 산화수는 −2이고 반응 후 Y의 산화수는 −1이므로 $x+3y=0$을 만족하는 $x=+3$이고 $y=-1$인데 전기 음성도가 X>Y이므로 모순이다. 따라서 X~Z의 반응 후 산화수는 각각 +2, +1, −2이고 $x=-3$, $y=+1$, $z=0$이다.

✕. 반응 전 X의 산화수는 −3이다.

✕. XZ에서 X의 산화수가 +2이고, Z의 산화수가 −2이므로 전기 음성도는 Z>X이다.

㉢. Z의 산화수는 감소하므로 Z_2는 산화제이다.

09 금속의 산화 환원 반응

(나) 과정에서 $m=1$이라면 B^+ $2N$ mol이 반응하여 수용액 속에 3가지 종류의 양이온이 존재하게 되는데 이는 문제의 조건과

맞지 않다. $m=3$이라면 B^+ $4N$ mol과 A^{3+} $\frac{2}{3}N$ mol이 반응하고 A^{3+} $\frac{10}{3}N$ mol과 C^{3+} $2N$ mol이 남는다. 이때 두 양이온 수의 비가 1 : 2가 되지 않는다.

✗. $m=2$이고, (나)에서 B^+ $4N$ mol이 반응하고 A^{3+} $4N$ mol과 C^{2+} $2N$ mol이 남는다.

㉡. 만약 A^{3+}과 C가 반응하지 않으면 (다) 과정 후 양이온 수의 비는 1 : 2로 유지되어야 한다. 따라서 A^{3+}은 C와 반응하여 환원된다.

㉢. (다)에서 C^{2+} N mol이 생성될 때 A^{3+} $\frac{2}{3}N$ mol이 반응하므로 반응 후 A^{3+} $\frac{10}{3}N$ mol, C^{2+} $3N$ mol이 남는다. 따라서 ㉠은 A^{3+}이다.

10 금속의 산화 환원 반응

㉠. 모형 하나의 양(mol)을 N이라고 하면, (나)에서 X 이온 $2N$ mol이 줄어들 때 Y 이온 $4N$ mol이 생성되었으므로 X 이온은 X^{2+}이고, Y 이온은 Y^+이다.

㉡. (나)에 $Z(s)$ w_2 g을 넣어 줄 때 X^{2+} $4N$ mol은 모두 환원되고 Y^+ N mol이 환원된다.

✗. $Z(s)$ w_2 g의 양(mol)은 $3N$이므로 $Z(s)$ $\frac{1}{4}w_2$ g의 양(mol)은 N보다 작다. Z 이온의 전하는 +3이므로 (다)에 $Z(s)$ $\frac{1}{4}w_2$ g을 넣어서 반응을 완결시키면 수용액에는 Y^+과 Z^{3+}이 모두 존재한다.

11 열량계와 발열 반응

㉠. (나)에서 NaOH을 용해시킬 때 물의 온도가 증가하였으므로 NaOH의 물에 대한 용해 반응은 발열 반응이다.

㉡. (다)에서 반응 후 수용액의 온도가 증가하였으므로 NaOH과 HCl의 반응은 발열 반응이다.

㉢. (다) 과정 후 수용액에 OH^-이 남아 있으므로 열량계에 온도가 t_2인 1 M 염산을 더 넣어 주면 중화 반응이 더 일어나 용액의 최고 온도는 t_2보다 높다.

12 흡열 반응

광합성은 빛을 흡수하여 포도당을 합성하고, $NaHCO_3$은 열을 흡수하여 분해된다.

㉠. (가)에서 C와 O의 산화수가 변하므로 산화 환원 반응이다.

㉡. (가)는 빛을 흡수하고, (나)는 열을 흡수하므로 모두 흡열 반응이다.

✗. (나)에서 C의 산화수는 변하지 않는다.