기출 PICK

정답과 해설

화학

01 화학과 우리 생활

빈출 자료 보기

5쪽

001 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

002 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

001 (1) X는 NH_3로, 질소 비료의 원료로 이용된다.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$$

(2) 20세기 초 하버는 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 암모니아를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.

(4) X의 구성 원소는 질소(N)와 수소(H)로 2가지이다.

바로알기 | (3) 암모니아를 원료로 질소 비료를 대량으로 생산하게 되면서 식량 생산량이 증가하여 식량 문제를 해결할 수 있었다.

(5) 암모니아는 물에 녹아 OH^-을 내놓으므로 암모니아 수용액은 염기성이다.

$$NH_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

002 **바로알기 |** (2) OLED를 이용하면 모니터의 두께를 얇게 만들 수 있다.

난이도별 필수 기출

6쪽~9쪽

003 ③ 004 해설 참조 005 ⑤ 006 ② 007 ③
008 ⑤ 009 ① 010 ⑤ 011 ④ 012 ③ 013 ④
014 ③ 015 ③ 016 ③ 017 ④ 018 ④ 019 ③
020 ④

003 ㄱ. 암모니아는 질소 비료의 원료로 사용되어 식량 생산량 증대에 기여하였다.

ㄷ. 항생제의 개발로 세균 감염병을 치료하고, 백신의 개발로 질병을 예방할 수 있게 되어 인류의 수명이 연장되었다.

바로알기 | ㄴ. 천연 섬유로는 인구 증가에 따른 섬유의 수요를 충족하기 어려웠다. 대량 생산이 가능한 합성 섬유의 개발은 의류 문제 해결에 기여하였다.

004 **모범 답안** 암모니아, 암모니아를 원료로 질소 비료를 대량으로 생산하게 되면서 식량 생산량이 증가하여 인류의 식량 부족 문제 해결에 기여하였다.

채점 기준	배점
물질 X의 이름을 쓰고, 식량 부족 문제 해결에 기여했다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
물질 X의 이름만 옳게 쓴 경우	50 %

005 ㄱ. 눈과 비바람을 막아주고 땀을 배출해 주는 고어텍스, 땀이나 물과 반응하면 열을 방출하는 발열 섬유 등 다양한 기능을 가진 섬유가 개발되었다.

ㄴ. 전기 분해법을 이용하여 산화 알루미늄을 환원시켜 알루미늄을 얻는 기술이 개발되어 다양한 알루미늄 제품을 저렴하게 이용할 수 있게 되었다.

ㄷ. 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 암모니아를 대량으로 합성하는 방법이 개발되었고, 암모니아는 질소 비료의 원료로 사용되어 식량 생산량 증대에 기여하였다.

006 질소 비료의 원료는 암모니아, 최초의 합성 의약품은 아스피린, 최초의 합성 섬유는 나일론이다.

007 **바로알기 |** ㄷ. 발열 섬유는 물과 반응하면 열을 방출하는 특성이 있어 발열 내의, 겨울 외투 등에 이용된다.

008 • 학생 A: 합성 섬유는 천연 섬유와 달리 대량 생산이 가능하여 인구 증가에 따른 섬유의 수요를 충족할 수 있었다.
• 학생 B: 항생제, 백신 등 다양한 의약품의 개발로 질병을 치료하고 예방할 수 있게 되어 인류의 수명이 연장되었다.
• 학생 C: 철의 제련법과 다양한 가공법의 개발로 강철과 같은 제품이 개발되어 대형 건축물을 만들 수 있게 되었다.

009 ㄱ. 18세기 이후 철의 제련 및 가공 기술이 발달하면서 건축물의 골조, 철도, 교량, 선박 등을 만들 수 있게 되었다.

바로알기 | ㄴ. 캐러더스가 개발한 최초의 합성 섬유이며, 밧줄이나 그물을 만드는 데 이용되는 것은 나일론이다.

ㄷ. 세균에 의한 감염병을 치료하는 데 사용되는 의약품은 항생제이다. 아스피린은 진통제, 해열제 등으로 사용된다.

010 ㄱ. 철광석의 주성분은 철이 산소와 결합한 산화 철이다. 용광로 안에서 철광석은 산소를 잃고 철로 환원된다.

ㄴ. 강철은 철을 주성분으로 탄소의 함량을 조절하여 만들며, 철보다 강도가 크다.

ㄷ. 산화 알루미늄(Al_2O_3)을 가열하여 녹인 후 전기 분해 하면 (−)전극에서 Al^{3+}이 전자를 얻어 Al으로 환원된다.

011 ㄴ. 합성 섬유인 나일론은 천연 섬유인 면보다 질기고 잘 닳지 않는다.

ㄷ. 시멘트는 물과 반응하여 단단하게 굳기 때문에 건물 외벽 제작에 이용되는 건축 재료이다.

바로알기 | ㄱ. 면은 식물로부터 얻는 천연 섬유이며, 대량 생산이 어렵다.

012 (가) $N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$
(나) $Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$

ㄱ. ㉠은 NH_3이다. 암모니아는 질소 비료의 원료로 사용되어 식량 생산량 증대에 기여하였다.

ㄴ. (나)는 산화 철을 환원시켜 순수한 철을 얻는 반응이므로 철의 제련과 관련된 반응이다.

바로알기 | ㄷ. ㉡은 Fe이다. 반도체의 주원료는 규소(Si)이다.

013 ㄴ. 질소(N_2)를 구성하는 원소는 1가지이고, 암모니아(NH_3)를 구성하는 원소는 질소(N)와 수소(H) 2가지이다.

ㄷ. 암모니아는 질소 비료의 원료로 사용된다.

바로알기 | ㄱ. 철광석의 주성분은 산화 철이며, 철광석에서 철을 얻는 과정에서 철광석은 산소를 잃고 환원된다.

014 화학 전지는 화학 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

015 **바로알기 |** ③ 리튬 이온 전지는 가벼운 금속인 리튬이 사용되어 가벼운 화학 전지이다. 따라서 노트북, 스마트 기기 등 휴대가 가능한 제품에도 이용된다.

016 ㄱ. 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치는 화학 전지이다. 화학 전지 중 리튬 이온 전지는 전기 자동차에 이용되고 있다.
ㄷ. 충전이 가능한 리튬 이온 전지는 노트북, 휴대 전화 등 휴대가 가능한 전자 기기에 이용된다.
바로알기 | ㄴ. 기존의 자동차는 가솔린이나 경유 등의 화석 연료를 사용한다. 전기 자동차에서 사용하는 리튬 이온 전지는 전극에서 일어나는 화학 반응을 이용하여 전기 에너지를 생성한다.

017 (가)는 리튬 이온 전지, (나)는 반도체이다.
ㄱ. 화학 전지는 화학 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.
ㄴ. 리튬 이온 전지는 충전이 가능하므로 여러 번 사용할 수 있다.
바로알기 | ㄷ. 반도체의 주원료는 규소이다.

018 ㄴ. 유기 발광 다이오드(OLED)는 전기가 통할 때 빛을 내는 유기 화합물을 이용하여 색을 표현한다.
ㄷ. LCD와 OLED를 이용하면 모니터의 두께를 얇게 만들 수 있다.
바로알기 | ㄱ. 반도체는 도체와 부도체의 중간 정도의 전기 전도성을 가지는 물질로, 조건에 따라 전기 전도성을 조절할 수 있다.

019 ㄱ. 반도체의 주원료는 규소이며, 규소 결정을 웨이퍼로 만들어 반도체 제작에 이용한다.
ㄷ. 탄소 화합물은 탄소 원자가 수소, 산소, 질소 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물이다.
바로알기 | ㄴ. 리튬 이온 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환한다.

020 화석 연료의 사용 증가로 온실가스 배출량이 늘어남에 따라 지구의 평균 기온이 상승하여 기후 변화의 위기를 맞고 있다. 이를 해결하기 위해 대기 중으로 방출되는 이산화 탄소의 양을 줄이고, 대기 중에 배출된 이산화 탄소의 농도를 줄이는 노력을 해야 한다.
바로알기 | ㄱ. 화석 연료를 사용하면 온실가스 배출량이 늘어나므로 화석 연료의 사용을 줄여야 한다.

02 화학식량과 몰

빈출 자료 보기 11쪽

021 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

022 (1) × (2) ○ (3) ×

021 (1) N_2 분자 14 g은 0.5 mol이므로 N 원자는 1 mol이다.
(5) NaCl은 Na^+과 Cl^-이 1 : 1로 결합하고 있으므로 NaCl 5.85 g은 0.1 mol이며, NaCl 0.1 mol에 들어 있는 전체 이온 수는 $0.2\ mol \times 6.02 \times 10^{23}$개/mol$= 1.204 \times 10^{23}$개이다.
바로알기 | (2) H_2O 분자 0.5 mol의 질량은 0.5 mol × 18 g/mol = 9 g이다.
(3) 0 ℃, 1기압에서 NO_2 기체 23 g은 0.5 mol이므로 부피는 11.2 L이다.
(4) CH_4 기체 3.01×10^{23}개는 0.5 mol이므로 H 원자의 양은 2 mol이다.

022 (가)와 (나)는 0.25 mol이고, (다)는 0.05 mol이다.
(2) (나)(NH_3)의 분자량은 $14+(1\times3)=17$이고, (다)(CO_2)의 분자량은 $12+(16\times2)=44$이다. 따라서 기체의 질량비는 (나) : (다) = 0.25 mol × 17 g/mol : 0.05 mol × 44 g/mol = 85 : 44이다.
바로알기 | (1) (가)와 (나)의 양(mol)이 같으므로 기체의 부피는 0.25 mol × 22.4 L/mol = 5.6 L로 같다.
(3) 밀도 $= \frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이다. (가)의 질량은 11 g이고, 부피는 5.6 L이다. (다)의 질량은 0.05 mol × 44 g/mol = 2.2 g이고, 부피는 0.05 mol × 22.4 L/mol = 1.12 L이다. 따라서 밀도비는 (가) : (다) = $\frac{11\ g}{5.6\ L} : \frac{2.2\ g}{1.12\ L} = 1 : 1$이다.

난이도별 필수 기출 12쪽~19쪽

023 ⑤	024 ③	025 ⑤	026 ①, ③	027 ③
028 해설 참조	029 ④	030 ④	031 ③	032 ③
033 ②, ⑤	034 ②	035 ⑤	036 ②	037 ③
038 해설 참조	039 해설 참조		040 ①	041 ⑤
042 ③	043 ⑤	044 ③	045 ②, ⑥	046 ⑤
047 ㉠ 16 ㉡ 11 ㉢ 2.24			048 ③	049 ⑤	050 ⑤
051 해설 참조	052 ④	053 ③	054 ②	055 ⑤
056 ③	057 ②	058 ③	059 ④	060 ⑤	061 ⑤

023 ⑤ 원자의 실제 질량은 매우 작으므로 그대로 사용하기보다는 원자량을 사용하는 것이 편리하다.
바로알기 | ①, ④ 원자량은 질량수가 12인 탄소(^{12}C) 원자의 질량을 12로 정하고, 이를 기준으로 다른 원자들의 질량을 상대적인 값으로 나타낸 것이다.
②, ③ 원자량은 상대적인 값이므로 단위 없이 숫자로만 나타낸다.

024 X의 원자량을 a라고 할 때 Y의 원자량은 $\frac{a}{12}$이고, Z의 원자량은 $\frac{4a}{3}$이다. 따라서 $\frac{\text{Y의 원자량}}{\text{Z의 원자량}-\text{X의 원자량}}=\frac{\frac{a}{12}}{\frac{4a}{3}-a}=\frac{1}{4}$이다.

025 화학식량은 화학식을 구성하는 원자들의 원자량을 합한 값이므로 다음과 같다.
① Cl_2: $35.5\times2=71$
② SO_2: $32+(16\times2)=64$
③ NH_3: $14+(1\times3)=17$
④ NaCl: $23+35.5=58.5$
⑥ $NaHCO_3$: $23+1+12+(16\times3)=84$
바로알기 | ⑤ C_2H_5OH: $(12\times2)+(1\times5)+16+1=46$

026 ② O의 원자량은 16이고, O_2의 분자량은 $16\times2=32$이다.
④ CH_3COOH의 분자량은 $12+(1\times3)+12+16+16+1=60$이고, $C_6H_{12}O_6$의 분자량은 $(12\times6)+(1\times12)+(16\times6)=180$이다.
⑤ CO_2의 분자량은 $12+(16\times2)=44$이고, C_3H_8의 분자량은 $(12\times3)+(1\times8)=44$이다.
⑥ 화학식량은 화학식을 구성하는 원자들의 원자량을 합한 값이므로 NaCl의 화학식량은 Na의 원자량과 Cl의 원자량을 합한 값이다.
바로알기 | ① 원자량, 분자량, 화학식량은 모두 상대적인 값이므로 단위 없이 숫자로만 나타낸다.
③ H_2O의 분자량은 (H의 원자량$\times2$)+O의 원자량이다.

027 ㄱ. 구성 원소의 종류는 H와 C 2가지이다.
ㄴ. CH_4의 분자량은 $12+(1\times4)=16$이다.
바로알기 | ㄷ. 화합물을 구성하는 원소 중 특정 원자가 차지하는 질량 백분율은 다음과 같이 구한다.

$$\text{질량 백분율}(\%)=\frac{\text{구성 원소의 원자량}\times\text{개수}}{\text{화학식량}}\times100$$

따라서 CH_4 분자를 구성하는 H의 질량 백분율
$=\frac{\text{H의 원자량}\times4}{\text{}CH_4\text{의 화학식량}}\times100=\frac{1\times4}{16}\times100=25\ \%$이다.

028 모범 답안 Z>Y>X, X_2Y, XZ, YZ_2의 화학식량은 각각 18, 20, 54이므로 X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 $2x+y=18$, $x+z=20$, $y+2z=54$이다. 따라서 $x=1$, $y=16$, $z=19$이다.

채점 기준	배점
X~Z의 원자량을 옳게 비교하고, 그 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
X~Z의 원자량만을 옳게 비교한 경우	40 %

029 원자량은 원자의 질량을 상대적으로 나타낸 값이므로 원자 1개의 질량비와 원자량비는 같다.
ㄴ. $A:C=\frac{5}{3}\times10^{-24}:\frac{8}{3}\times10^{-23}=0.5a:y$이므로 $y=8a$이다.
ㄷ. B와 C의 원자량은 각각 $6a$와 $8a$이므로 원자량비는 $B:C=6a:8a=3:4$이다.
바로알기 | ㄱ. $A:B=\frac{5}{3}\times10^{-24}:x\times10^{-23}=0.5a:6a$이므로 $x=2$이다.

030 기체 A~C는 각각 X_2, Y_2X_4, Z_2이다. X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 부피가 같은 용기에서 기체의 밀도비는 질량비와 같다. 따라서 (가) : (나) : (다)$=(2x\times8):(4x+2y)\times2:2z=1:4:2$이므로 $x:y:z=1:14:16$이다.
즉, $\frac{\text{Y의 원자량}}{\text{X의 원자량}+\text{Z의 원자량}}=\frac{14}{1+16}=\frac{14}{17}$이다.

031 ㄱ. CH_4의 분자량(x)은 $12+(1\times4)=16$이다.
ㄴ. H_2O의 분자량은 $(1\times2)+$O의 원자량$=18$이므로 O의 원자량은 16이다. 따라서 CO_2의 분자량은 $12+(16\times2)=44$이고, CO_2는 ㉠에 해당한다.
바로알기 | ㄷ. CH_3OH의 분자량은 $12+(1\times3)+16+1=32$이다.

032 ㄱ. 원자, 분자, 이온 등 입자 1 mol에는 그 입자가 6.02×10^{23}개 들어 있다. 따라서 C 1 mol에 들어 있는 C 원자의 입자 수는 6.02×10^{23}개이다.
ㄷ. NH_3 2 mol에는 N 원자 2 mol과 H 원자 6 mol이 들어 있다. 따라서 NH_3 2 mol에 들어 있는 N 원자 2 mol의 입자 수는 12.04×10^{23}개이다.
바로알기 | ㄴ. H_2 분자 0.5 mol과 H 원자 0.5 mol은 물질의 양(mol)이 같으므로 입자 수도 같다.

033 ② H_2O의 분자량은 18이므로 18 g은 1 mol이고, O 원자는 1 mol이다.
⑤ C_2H_5OH의 0.5 mol에 들어 있는 C 원자는 1 mol이다.
바로알기 | ① O_2의 분자량은 32이므로 16 g은 0.5 mol이다.
③ HCl 분자 3.01×10^{23}개는 0.5 mol이므로 H 원자는 0.5 mol이다.
④ CH_4 0.2 mol에 들어 있는 H 원자는 0.8 mol이다.
⑥ KCl 1 mol에는 K^+ 1 mol과 Cl^- 1 mol이 들어 있으므로 KCl 1 mol에 들어 있는 전체 이온은 2 mol이다.

034 물질의 양(mol)이 클수록 입자 수가 크다.
② CO_2의 분자량은 44이므로 11 g은 0.25 mol이고, 그 속에 들어 있는 O 원자는 0.5 mol이다.
바로알기 | ① NH_3의 분자량은 17이므로 6.8 g은 0.4 mol이고, 그 속에 들어 있는 N 원자는 0.4 mol이다.
③ C_2H_2 0.2 mol에 들어 있는 C 원자는 0.4 mol이다.
④ N_2H_4 분자 3.01×10^{22}개는 0.05 mol이므로 그 속에 들어 있는 H 원자는 0.2 mol이다.
⑤ H_2O의 분자량은 18이므로 3 g은 $\frac{3}{18}$ mol이고, 그 속에 들어 있는 H 원자는 $\frac{1}{3}$ mol이다.

035 학생 A. O_2의 몰질량은 16 g/mol$\times2=32$ g/mol이고, CH_4의 몰질량은 12 g/mol+(1 g/mol$\times4$)$=16$ g/mol이다.
학생 B. 1 mol의 분자 수가 N_A(아보가드로수)이므로 1 mol에 들어 있는 전체 원자 수는 O_2가 $2N_A$, CH_4이 $5N_A$이다.
학생 C. 1 g에 들어 있는 분자의 양은 O_2가 $\frac{1}{32}$ mol, CH_4이 $\frac{1}{16}$ mol이다.

036 (가)는 CH_2O, (나)는 C_3H_6O이다. CH_2O의 분자량은 $12+(1\times2)+16=30$이고, C_3H_6O의 분자량은 $(12\times3)+(1\times6)+16=58$이다.

ㄴ. 1 g에 들어 있는 O 원자 수비는 (가) : (나)$=\frac{1}{30}:\frac{1}{58}$이다.

바로알기 | ㄱ. (가)와 (나)의 분자량은 각각 30, 58이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$는 각각 $\frac{2}{1}$, $\frac{6}{3}$이므로 2로 같다.

037 ㄱ. NH_3의 분자량은 17이므로 34 g은 2 mol이다. NH_3 2 mol에 들어 있는 N 원자는 2 mol이므로 질량은 2 mol$\times$14 g/mol$=$28 g이다.

ㄴ. CH_4에는 H 원자가 4개, H_2O에는 H 원자가 2개 들어 있다. 따라서 분자 1개당 들어 있는 H 원자의 질량비는 $CH_4:H_2O=4:2=2:1$이다.

바로알기 | ㄷ. CO_2 44 g은 1 mol의 질량이고, 1 mol의 CO_2에서 C 원자와 O 원자의 질량비는 C : O$=12:16\times2=3:8$이다.

038 모범 답안 X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 하면 (가)에서 $2x+y=44$, (나)에서 $x+2y=46$이므로 $x=14$, $y=16$이다. (다)의 분자량이 108이고, 구성 원자 수가 7이므로 $(14\times2)+(16\times5)=108$이 성립한다. 따라서 (다)는 X 원자 2개와 Y 원자 5개로 구성된 분자이며, (다)에서 X와 Y의 질량비는 X : Y$=7:20$이다.

채점 기준	배점
X와 Y의 질량비를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
X와 Y의 질량비만 옳게 쓴 경우	40 %

039 모범 답안 N_2와 O_2의 질량은 각각 $7w$ g, $6w$ g이고, 분자량은 각각 28, 32이므로 N_2의 양(mol)은 $\frac{7w}{28}=\frac{w}{4}$이고, O_2의 양(mol)은 $\frac{6w}{32}=\frac{3w}{16}$이다. 따라서 $\frac{N_2\text{의 원자 수}}{O_2\text{의 분자 수}}=\frac{2\times\frac{w}{4}}{\frac{3w}{16}}=\frac{8}{3}$이다.

채점 기준	배점
$\frac{N_2\text{의 원자 수}}{O_2\text{의 분자 수}}$를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
$\frac{N_2\text{의 원자 수}}{O_2\text{의 분자 수}}$만 옳게 쓴 경우	40 %

040 ㄱ. A와 B의 원자량을 각각 a, b라고 하면 $a+2b=46$이고, $2a+b=44$이므로 $a=14$, $b=16$이다.

바로알기 | ㄴ. (가)(AB_2)에서 $\frac{\text{A의 질량}}{\text{B의 질량}}$은 $\frac{14}{16\times2}=\frac{7}{16}$이고, (나)($A_2B$)에서 $\frac{\text{A의 질량}}{\text{B의 질량}}$은 $\frac{14\times2}{16}=\frac{7}{4}$이다.

ㄷ. A_2B_3의 몰질량은 (14 g/mol$\times$2)$+$(16 g/mol$\times$3)$=$76 g/mol이다.

041 X_2의 분자량이 38이므로 X의 원자량은 19이다. YX_2의 분자량이 54이고, X의 원자량이 19이므로 Y의 원자량은 16이다. 또한 Z의 원자량이 12이므로 ZYX_2의 분자량은 66이다.

ㄴ. YX_2의 분자량이 54이고, ZYX_2의 분자량은 66이다. 따라서 분자 1개의 질량비는 $a:b=54:66$이므로 $\frac{b}{a}=\frac{11}{9}$이다.

ㄷ. YX_2와 ZYX_2의 분자량은 각각 54, 66이고, 분자당 원자 수는 각각 3, 4이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (나) : (다)$=\frac{3}{54}:\frac{4}{66}=11:12$이다.

바로알기 | ㄱ. Y의 원자량은 16이다.

042 X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 하면 $x=12y$이다.

- 원자량비는 X : Y$=12:1$이다.
- 1 g에 들어 있는 전체 원자 수(상댓값) $\frac{\text{분자당 원자 수}}{\text{분자량}}$

분자	(가) X_3Y_8	(나) Z_2Y_4	(다) XY_4
1 g에 들어 있는 전체 원자 수 (상댓값)	4	3	5

- $XY_4:X_3Y_8=\frac{5}{16y}:\frac{11}{44y}=5:4$

➡ (다)는 XY_4, (가)는 X_3Y_8, (나)는 Z_2Y_4이다.

X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 $x=12y$이다. XY_4와 X_3Y_8의 분자량은 각각 $16y$, $44y$이고, 분자당 전체 원자 수는 각각 5, 11이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 $XY_4:X_3Y_8=\frac{5}{16y}:\frac{11}{44y}=5:4$이므로 XY_4는 (다)이고, X_3Y_8은 (가)이다. 이에 따라 (나)는 Z_2Y_4이다.

ㄴ. 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 $XY_4:Z_2Y_4=\frac{5}{16y}:\frac{6}{2z+4y}=5:3$이므로 $z=14y$이다. 따라서 원자량비는 $x:y:z=12:1:14$이므로 $\frac{\text{Z의 원자량}}{\text{X의 원자량}+\text{Y의 원자량}}=\frac{14}{12+1}=\frac{14}{3}$이다.

바로알기 | ㄷ. (나)(Z_2Y_4)와 (다)(XY_4)의 분자량은 각각 $32k$, $16k$이고, Y의 원자량은 k이므로 1 g에 들어 있는 Y의 질량비는 (나) : (다)$=\frac{4k}{32k}:\frac{4k}{16k}=1:2$이다.

043 $\frac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}}$의 비가 (가) : (나)$=2:3$이고, 분자당 구성 원자 수가 각각 5 이하로 (가)와 (나)의 가능한 조합은 (X_2Y, X_3Y), (X_2Y_2, X_3Y_2), (XY, X_3Y_2), (XY_3, XY_2), (X_2Y_3, X_2Y_2), (X_2Y_3, XY)이다. 1 g당 분자 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$에 비례한다. 1 g당 분자 수비가 (가) : (나)$=38:15$이므로 분자량비는 (가) : (나)$=15:38$이다. X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 하면 (XY, X_3Y_2)인 경우 $(x+y):(3x+2y)=15:38$에서 $7x=8y$이고, $x:y=8:7$이다. 반면 (X_2Y, X_3Y)인 경우 $(2x+y):(3x+y)=15:38$에서 $31x=-23y$로 x 또는 y가 음수이므로 적합하지 않다. 이와 마찬가지로 풀면 나머지 조합 역시 x 또는 y가 음수이므로 적합하지 않다.

ㄱ. (가)는 XY, (나)는 X_3Y_2이다.

ㄷ. 분자량비는 (가) : (나)$=15:38$이고, XY와 X_3Y_2의 분자당 원자 수는 각각 2, 5이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (나)$=\frac{2}{15}:\frac{5}{38}=76:75$이다.

바로알기 | ㄴ. 원자량비는 X : Y$=8:7$이다.

044

• (가)~(다)의 질량은 모두 같다.
• X의 질량비는 (가) : (다)=1 : 2이다.
• Z의 질량비는 (나) : (다)=4 : 15이다.

1 g당 전체 원자 수를 분자당 구성 원자 수로 나눈 값은 1 g당 전체 분자 수와 같다.

분자	분자식	분자당 구성 원자 수	1 g당 전체 원자 수(상댓값)	1 g당 전체 분자 수(상댓값)
(가)	XY	2	20	10
(나)	Y_aZ_b Y_4Z_2	6	12	2
(다)	X_cZ_d X_4Z_3	7	35	5

1 g당 전체 분자 수비 (가) : (나) : (다)=10 : 2 : 5
➡ 분자량비 (가) : (나) : (다)=1 : 5 : 2

ㄱ. 1 g당 전체 분자 수=$\frac{\text{1 g당 전체 원자 수}}{\text{분자당 구성 원자 수}}$이고, 이는 $\frac{1}{\text{분자량}}$에 비례한다. 따라서 1 g당 전체 분자 수비는 (가) : (나) : (다)=$\frac{20}{2}$: $\frac{12}{6}$: $\frac{35}{7}$=10 : 2 : 5이고, 분자량비는 (가) : (나) : (다)=$\frac{1}{10}$: $\frac{1}{2}$: $\frac{1}{5}$=1 : 5 : 2이다.

ㄴ. X와 Z의 원자량을 각각 x, z라고 할 때, X의 질량비는 (가) : (다)=$(10\times x)$: $(5\times cx)$=1 : 2이므로 c=4이고, (다)의 분자당 구성 원자 수가 7이므로 d=3이다. Z의 질량비는 (나) : (다)=$(2\times bz)$: $(5\times 3z)$=4 : 15이므로 b=2이고, (나)의 분자당 구성 원자 수가 6이므로 a=4이다. 따라서 $ad>bc$이다.

바로알기 | ㄷ. X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 할 때, $10(x+y)=2(4y+2z)=5(4x+3z)$이므로 $x : y : z$=1 : 19 : 12이다. 따라서 원자량은 Y>Z>X이다.

✓ 개념 보충

1 g당 분자 수
• 1 g당 분자 수는 1 g의 양(mol)에 아보가드로수를 곱하여 구한다. 이때 아보가드로수는 변하지 않는 상수이다.
➡ 1 g당 분자 수는 1 g의 양(mol)에 비례한다.
• 1 g의 양(mol)=$\frac{\text{1 g}}{\text{몰질량(g/mol)}}$이다.
➡ 1 g당 분자 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$에 비례한다.

045

② N_2 기체 0.5 mol에 들어 있는 전체 원자의 양은 1 mol이므로 전체 원자 수는 N_A이다.

⑥ 0 ℃, 1기압에서 NH_3 기체 22.4 L는 1 mol이고, NH_3 기체 1 mol에 들어 있는 H 원자의 양은 3 mol이다. H_2 기체 33.6 L는 1.5 mol이고, H_2 기체에 들어 있는 H 원자의 양은 3 mol이다.

바로알기 | ① 같은 온도와 압력에서 기체의 종류와 관계없이 기체 1 mol의 부피는 같다.

③ CH_4 1 mol에 들어 있는 전체 원자 수는 $5N_A$이고, NH_3 1 mol에 들어 있는 전체 원자 수는 $4N_A$이다.

④ 0 ℃, 1기압에서 He 기체 0.4 mol의 부피는 0.4 mol×22.4 L/mol=8.96 L이다.

⑤ 0 ℃, 1기압에서 CO_2 기체 11.2 L에 들어 있는 CO_2의 양은 $\frac{11.2\text{ L}}{22.4\text{ L/mol}}$=0.5 mol이다.

046

0 ℃, 1기압에서 기체 1 mol의 질량=밀도×22.4 L이므로 1.25 g/L×22.4 L=28 g이다. 각 기체의 분자량은 SO_2이 64, NO_2가 46, CO_2가 44, H_2S가 34, C_2H_4이 28이므로 가능한 기체의 분자식은 C_2H_4이다.

047

$\frac{8}{0.5}$=16, 44×0.25=11(g), $\frac{6.4}{64}$=0.1(mol)

기체	(가)	(나)	(다)
분자량	㉠	44	64
질량(g)	8	㉡	6.4
부피(L)	11.2	5.6	㉢

$\frac{11.2}{22.4}$=0.5(mol), $\frac{5.6}{22.4}$=0.25(mol), 0.1×22.4=2.24(L)

(가)의 양은 0.5 mol, (나)의 양은 0.25 mol, (다)의 양은 0.1 mol이다. (가)에서 몰질량=$\frac{\text{질량(g)}}{\text{기체의 양(mol)}}$=$\frac{8\text{ g}}{0.5\text{ mol}}$=16 g/mol이고, ㉠=16이다. (나)에서 질량=몰질량×기체의 양(mol)=44 g/mol×0.25 mol=11 g이고, ㉡=11이다. (다)에서 기체의 부피=기체의 양(mol)×기체 1 mol의 부피=0.1 mol×22.4 L/mol=2.24 L이고, ㉢=2.24이다.

048

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	XY_2	XZ_4	Z_2Y
분자량	44	a 16	18
질량(g)	22	32	b 3
분자 수(상댓값)		12	1
양(mol)	$\frac{22}{44}$=0.5	$\frac{32}{16}$=2	$\frac{3}{18}$=$\frac{1}{6}$

X~Z의 원자량의 합이 29이고, XY_2, Z_2Y의 분자량이 각각 44, 18이므로 X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 $x+y+z$=29, $x+2y$=44, $2z+y$=18이다. 이를 풀면 x=12, y=16, z=1이다.

ㄱ. 물질의 양(mol)=$\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰질량(g/mol)}}$이고, 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 분자 수에 비례한다. (나)와 (다)의 분자 수비는 (나) : (다)=$\frac{32\text{ g}}{a\text{ g/mol}}$: $\frac{b\text{ g}}{18\text{ g/mol}}$=12 : 1이므로 ab=48이다.

ㄷ. XZ_4 2 mol과 Z_2Y $\frac{1}{6}$ mol에 들어 있는 Z 원자의 양은 각각 8 mol, $\frac{1}{3}$ mol이므로 Z 원자 수비는 (나) : (다)=8 : $\frac{1}{3}$=24 : 1이다.

바로알기 | ㄴ. X와 Y의 원자량은 각각 12와 16이므로 원자량비는 X : Y=3 : 4이다.

049

ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체의 분자 수비는 기체의 부피비와 같으므로 분자 수비는 (가) : (나)=4 : 3이다.

ㄷ. 몰비는 (가) : (나)=4 : 3이고, CO_2와 CH_4의 분자량은 각각 44, 16이므로 질량비는 (가) : (나)=(4 mol×44 g/mol) : (3 mol×16 g/mol)=11 : 3이다.

바로알기 | ㄴ. 몰비는 (가) : (나)=4 : 3이고, CO_2와 CH_4의 분자당 원자 수는 각각 3, 5이다. 따라서 전체 원자 수비는 (가) : (나)=4×3 : 3×5=4 : 5이다.

✓ 개념 보충

기체의 부피비, 질량비, 밀도비
• 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비=분자 수비=몰비이다.
➡ 기체의 부피는 분자 수(몰수)에 비례한다.
• 같은 온도와 압력에서는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다.
➡ 부피가 같은 두 기체의 질량비는 분자량비와 같다.
• 밀도=$\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이고, 같은 온도와 압력에서 기체 1 mol의 부피는 같다.
➡ 같은 온도와 압력에서 두 기체의 밀도비는 분자량비와 같다.

050

$\frac{3}{2}$=1.5(mol), 1(mol), $\frac{8}{16}$=0.5(mol)

기체	H_2	O_2	CH_4
양(mol)	a	b	c
질량(g)	3	32	8
분자 수	d	6.02×10^{23}	e
부피(L)	f 33.6	22.4	g 11.2

d: $1.5\times6.02\times10^{23}$, e: $0.5\times6.02\times10^{23}$

ㄱ. $\frac{ab}{c}=\frac{1.5\times1}{0.5}=3$이다.

ㄷ. $f+g=33.6+11.2=44.8$이다.

바로알기 | ㄴ. $\frac{d}{e}=\frac{1.5\times6.02\times10^{23}}{0.5\times6.02\times10^{23}}=3$이다.

051

NH_3의 분자량은 17이므로 NH_3 0.06 mol의 질량은 0.06 mol×17 g/mol=1.02 g이고, 7일 동안 필요한 NH_3의 질량은 7.14 g이다. NH_3 기체의 밀도가 0.6 g/mL이므로 NH_3 기체의 부피는 $\frac{7.14\text{ g}}{0.6\text{ g/mL}}=11.9$ mL이다.

모범 답안 7일 동안 필요한 NH_3의 질량은 (0.06 mol×17 g/mol)×7=7.14 g이고, NH_3 기체의 밀도가 0.6 g/mL이므로 NH_3 기체의 부피는 $\frac{7.14\text{ g}}{0.6\text{ g/mL}}=11.9$ mL이다.

채점 기준	배점
NH_3 기체의 부피를 구하고, 그 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
NH_3 기체의 부피만 옳게 쓴 경우	40 %

052

ㄱ. CO_2, NO_2, C_xH_8의 분자량은 각각 44, 46, $12x+8$이다. 같은 질량에 들어 있는 분자 수가 같으면 분자량이 같다. 따라서 C_xH_8의 분자량은 44이고, $x=3$이다. 만약 C_xH_8의 분자량이 46이면 x가 자연수가 아니므로 적합하지 않다.

ㄷ. (다)는 NO_2이고, (가)와 (나)는 CO_2나 C_3H_8에 해당한다. 주어진 조건에서 CO_2 36 L는 1.5 mol, NO_2 46 g은 1 mol, C_3H_8 22 g은 0.5 mol이고, 기체의 양(mol)은 (가)가 (다)보다 크다고 했으므로 (가)는 CO_2, (나)는 C_3H_8, (다)는 NO_2이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (가) : (다)=$\frac{3}{44}$: $\frac{3}{46}$=23 : 22이다.

바로알기 | ㄴ. (나)(C_3H_8) 22 g은 0.5 mol이므로 부피는 12 L이다.

053

ㄱ. 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이므로 (가)의 밀도는 $\frac{w}{5V}$이고, (나)의 밀도는 $\frac{2w}{8V}=\frac{w}{4V}$이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 분자량은 (나)>(가)이다. 원자량은 A>B이므로 (가)는 AB_2이고, (나)는 A_2B이다.

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례한다. 기체의 부피가 (나)>(가)이므로 기체의 양(mol)도 (나)>(가)이다.

바로알기 | ㄷ. (가)와 (나)의 분자량비는 $\frac{w}{5V}$: $\frac{w}{4V}$=4 : 5이다. (가)의 분자량을 $4M$이라고 하면 (나)의 분자량은 $5M$이고, AB_2와 A_2B에서 분자당 A 원자 수는 각각 1, 2이다. 따라서 1 g에 들어 있는 A 원자 수비는 (가) : (나)=$\frac{1}{4M}$: $\frac{2}{5M}$=5 : 8이다.

054

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	X_2Y_6	X_3Y_4	$X_2Y_4Z_2$
부피(L)	4	3	2

기체의 양(mol)도 (가) : (나) : (다)=4 : 3 : 2이다.

➡ 질량이 같으므로 분자량비는 (가) : (나) : (다)=$\frac{1}{4}$: $\frac{1}{3}$: $\frac{1}{2}$=3 : 4 : 6이다.

같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 몰비는 (가) : (나) : (다)=4 : 3 : 2이다. 이때 기체 (가)~(다)의 질량이 같으므로 분자량은 $\frac{1}{\text{기체의 양(mol)}}$, 즉 $\frac{1}{\text{부피}}$에 비례한다. 따라서 분자량비는 (가) : (나) : (다)=$\frac{1}{4}$: $\frac{1}{3}$: $\frac{1}{2}$=3 : 4 : 6이다.

ㄴ. X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 분자량비는 (가) : (나) : (다)=$(2x+6y)$: $(3x+4y)$: $(2x+4y+2z)$=3 : 4 : 6이므로 $x=12y$, $z=16y$이다. 따라서 원자량비 $x:y:z=12:1:16$이므로 원자량은 Z>X이다.

바로알기 | ㄱ. 분자량은 (다)>(나)이다.

ㄷ. 분자량비는 (가) : (다)=30 : 60이고, X_2Y_6와 $X_2Y_4Z_2$에서 분자당 Y 원자 수는 각각 6, 4이다. 따라서 1 g에 들어 있는 Y 원자 수비는 (가) : (다)=$\frac{6}{30}$: $\frac{4}{60}$=3 : 1이다.

055

같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 1 g당 부피비는 $\frac{1}{\text{밀도}}$에 비례하면서 동시에 $\frac{1}{\text{분자량}}$에 비례한다. 1 g당 부피비는 (가) : (나)=23 : 14이므로 분자량비는 (가) : (나)=14 : 23이다. (나)와 (다)의 분자량비를 (나) : (다)=23 : a라고 하면 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (나) : (다)=$\frac{3}{23}$: $\frac{2}{a}$=21 : 23이므로 $a=14$이다.

ㄱ. 분자량비는 (가) : (나) : (다)=14 : 23 : 14이다.

ㄷ. X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 분자량비는 (가) : (나) : (다)=$(x+y)$: $(z+2y)$: $2z$=14 : 23 : 14이므로 $4x=3y$, $7y=8z$이다. 따라서 X~Z의 원자량비는 $x:y:z=6:8:7$이므로 $\frac{\text{Z의 원자량}}{\text{X의 원자량+Y의 원자량}}=\frac{7}{6+8}=\frac{1}{2}$이다.

바로알기 | ㄴ. (가)와 (다)의 분자량과 분자당 원자 수가 같으므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수도 같다.

✓ 개념 보충

기체의 밀도와 분자량

- 밀도=$\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이고, 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다.

➡ 1 g당 부피는 $\frac{1}{\text{밀도}}$에 비례하고, $\frac{1}{\text{분자량}}$에 비례한다.

056

(가)~(다)의 양(mol)은 각각 0.5 mol, 0.25 mol, 1.5 mol이고, AB, A_2B_n, A_2B에서 분자당 원자 수는 각각 2, $(2+n)$, 3이다. 따라서 전체 원자 수비는 (가) : (나)=0.5×2 : $0.25\times(2+n)$=4 : 7이므로 $n=5$이다. 또한 전체 원자 수비는 (가) : (다)=0.5×2 : 1.5×3=4 : b이므로 $b=18$이다.

(나)의 양(mol)과 질량이 각각 0.25 mol과 27 g이므로 분자량은 108이고, (다)의 양(mol)과 질량이 각각 1.5 mol과 66 g이므로 분자량은 44이다. A와 B의 원자량을 각각 x, y라고 하면 $2x+y=44$,

$2x+5y=108$이므로 $x=14$, $y=16$이다. 이에 따라 AB의 분자량은 30이고, (가)의 양은 0.5 mol이므로 $a=15$이다. 즉, $\frac{ab}{n}=\frac{15\times18}{5}$ $=54$이다.

057 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 영역 Ⅰ에서 C_2H_5OH 9.2 g은 0.2 mol이고, 영역 Ⅱ는 0.6 mol이므로 부피비는 $V_1 : V_2=1 : 3$이다.

부피비가 Ⅰ : Ⅱ=1 : 3이고, C_2H_5OH, C_2H_6, C_7H_x의 분자당 원자 수가 각각 9, 8, $(7+x)$이며, 단위 부피당 전체 원자 수비가 Ⅰ : Ⅱ $=12 : 13$이므로 만약 A가 C_7H_x, B가 C_2H_6이면 단위 부피당 전체 원자 수비는 Ⅰ : Ⅱ $=\frac{9\times0.2}{1} : \frac{((7+x)\times0.15)+(8\times0.45)}{3}=12 : 13$이고, $x=8$이다. 반면 A가 C_2H_6, B가 C_7H_x이면 $x=\frac{10}{3}$이고 자연수가 아니므로 적합하지 않다.

즉, $x\times\frac{V_1}{V_2}=8\times\frac{1}{3}=\frac{8}{3}$이다.

058 같은 온도와 압력에서 질량이 같은 기체의 분자량은 $\frac{1}{\text{부피}}$에 비례한다. (가)와 (나)의 부피비는 (가) : (나)=198 : 99=2 : 1이므로 분자량비는 (가) : (나)=1 : 2이다.

(나)와 (다)의 부피비는 (나) : (다)=99 : 72=11 : 8이므로 분자량비는 (나) : (다)=8 : 11이다. X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 분자량비는 (가) : (나)=$(x+4y) : 2z=1 : 2$이므로 $z=x+4y$이고, (나) : (다)=$2z : (x+2z)=8 : 11$이므로 $3z=4x$이다. 따라서 $x : y : z=12 : 1 : 16$이다.

ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례하므로 분자 수비는 (가) : (나)=2 : 1이다.

ㄷ. (다)와 (라)의 분자량비는 (다) : (라)=$(x+2z) : (2y+z)=a : 72$이므로 $a=176$이다.

바로알기 | ㄴ. X~Z의 원자량비가 $x : y : z=12 : 1 : 16$이므로 $\frac{\text{Z의 원자량}}{\text{X의 원자량}+\text{Y의 원자량}}=\frac{16}{12+1}=\frac{16}{13}$이다.

059 (다)의 분자 수(상댓값)가 2이므로 전체 원자 수(상댓값) $b=6$이다.

단위 질량당 전체 원자 수는 $\frac{\text{분자당 원자 수}}{\text{분자량}}$에 비례한다. X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 단위 질량당 전체 원자 수비는 (가) : (나)=$\frac{2}{2x} : \frac{3}{x+2y}=3 : 8$이므로 $x=16y$이다.

같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 기체의 밀도비는 (나) : (다)=$x+2y : z+2x=9 : 22$이므로 $z=12y$이다. 따라서 원자량비는 $x : y : z=16 : 1 : 12$이다.

단위 질량당 전체 원자 수비는 (가) : (다)=$\frac{2}{2x} : \frac{3}{z+2x}=3 : c$이므로 $c=\frac{36}{11}$이고, 기체의 밀도비는 (가) : (나)=$2x : x+2y=a : 9$이므로 $a=16$이다. 즉, $\frac{c}{ab}=\frac{\frac{36}{11}}{16\times6}=\frac{3}{88}$이다.

060 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례하고, 전체 원자 수는 분자당 원자 수에 부피를 곱한 값에 비례한다. 부피비가 (가) : (나)=1 : 2이므로 분자 수비도 (가) : (나)=1 : 2이다. 이때 전체 원자 수비는 (가) : (나)=1 : 1이므로 전체 원자 수비는 (가) : (나)=$(n+m)\times1 : 2n\times2=1 : 1$에서 $m=3n$이다. 이에 따라 (가)의 분자식 X_nY_m은 X_nY_{3n}으로 쓸 수 있다.

ㄴ. 분자 수비가 (가) : (나)=1 : 2이므로 X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 하면 질량비는 (가) : (나)=$nx+3ny : 2ny\times2=w_1 : w_2$이다. $w_1 : w_2=x+3y : 4y$이고, 원자량은 X>Y이므로 $w_1>w_2$이다.

ㄷ. (가)의 분자식은 X_nY_{3n}이고, 원자량은 X>Y이므로 X_nY_{3n}에서 Y의 질량 백분율은 75 %보다 작다.

바로알기 | ㄱ. $m=3n$이다.

061

실린더	(가)	(나)	(다)
기체의 종류	X_2Y_2	X_2Y_2, Y_2Z	XZ, Y_2Z
$\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{X 원자 수}}$	1	4	8
Y 원자 수 (상댓값)	1	2	1
전체 기체의 밀도 (상댓값)	13	10	10

(가) 4*n* mol, (나) 2*n* mol 6*n* mol, (다) *n* mol 4*n* mol, 1 8*n* mol

기체의 질량=밀도×기체의 부피이므로 밀도×기체의 양(mol)에 비례한다.

(다)에 들어 있는 Y 원자의 양을 $8n$ mol이라고 하면 Y 원자 수(상댓값)로부터 (가)와 (나)에 들어 있는 Y 원자의 양은 각각 $8n$ mol, $16n$ mol이다.

(가)에 들어 있는 Y 원자의 양이 $8n$ mol이므로 X_2Y_2의 양이 $4n$ mol이다. (나)에 들어 있는 Y 원자의 양이 $16n$ mol이고, $\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{X 원자 수}}=4$이므로 X 원자의 양은 $4n$ mol이다. X_2Y_2의 양이 $2n$ mol이므로 Y_2Z의 양은 $6n$ mol이다. (다)에 들어 있는 Y 원자의 양이 $8n$ mol이고, $\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{X 원자 수}}=8$이므로 X 원자의 양은 n mol이다. 따라서 XZ의 양은 n mol이고, Y_2Z의 양은 $4n$ mol이다.

(가)~(다)에 들어 있는 기체의 양(mol)을 정리하면 다음과 같다.

실린더	(가)	(나)		(다)	
기체의 종류	X_2Y_2	X_2Y_2	Y_2Z	XZ	Y_2Z
기체의 양 (mol)	$4n$	$2n$	$6n$	n	$4n$

기체의 질량은 밀도×기체의 양(mol)에 비례하므로 (가)~(다)에 들어 있는 기체의 질량비는 (가) : (나) : (다)=$(13\times4n) : (10\times8n) : (10\times5n)=26 : 40 : 25$이다. X~Z의 원자량을 각각 x, y, z라고 하면 X_2Y_2, Y_2Z, XZ의 분자량은 각각 $2x+2y$, $2y+z$, $x+z$이다. (가)~(다)에 들어 있는 기체의 질량비는 (가) : (나) : (다)=$4n\times(2x+2y) : 2n\times(2x+2y)+6n\times(2y+z) : n\times(x+z)+4n\times(2y+z)=26 : 40 : 25$이다. 이를 정리하면 $8x+8y : 4x+16y+6z : x+8y+5z=26 : 40 : 25$이고, $x : y : z=12 : 1 : 16$이다.

ㄱ. 실린더 속 기체의 몰비는 (가) : (나)=$4n : 8n=1 : 2$이다.

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 분자 수비는 기체의 몰비와 같으므로 Y_2Z의 분자 수비는 (나) : (다)=$6n : 4n=3 : 2$이다.

ㄷ. $\frac{\text{Z의 원자량}}{\text{X의 원자량}}=\frac{16}{12}=\frac{4}{3}$이다.

03 화학 반응식

빈출 자료 보기

21쪽

062 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×

062 (1) 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같다. 반응하는 A와 B의 몰비가 1 : 3이므로 실린더 Ⅰ에서 A(g) 1 L와 B(g) 3 L가 반응하므로 반응 후 Ⅰ에는 B(g)가 남는다.

(4) Ⅰ에서는 B(g) 2 L와 C(g) w g에 해당하는 양이 존재하고, Ⅲ에서는 A(g) 2 L와 C(g) w g에 해당하는 양이 존재한다. 따라서 반응 후 전체 기체의 부피는 Ⅰ에서와 Ⅲ에서가 같다.

바로알기 | (2) Ⅱ에서 A(g) 2 L와 B(g) 6 L가 모두 반응하므로 반응 후에는 생성물인 C(g)만 존재한다.

(3) Ⅲ에서는 A(g) 1 L와 B(g) 3 L가 반응하므로 생성된 C의 질량은 w g이다.

(5) 반응 후 Ⅰ에는 B(g) 2 L가, Ⅲ에는 A(g) 2 L가 남아 있다. 따라서 Ⅰ과 Ⅲ의 전체 기체를 혼합하여 반응을 완결시키면 C(g) $\frac{2}{3}w$ g이 추가로 생성되므로 C(g)의 전체 질량은 $\left(2w+\frac{2}{3}w\right)$ g$=\frac{8}{3}w$ g이다.

난이도별 필수 기출

22쪽~29쪽

063 ①, ⑤ 064 해설 참조 065 ④
066 해설 참조 067 ④ 068 ③ 069 ④ 070 ④
071 $x+0.56$ 072 해설 참조 073 ③ 074 ③
075 ④ 076 ⑤ 077 ④ 078 ③
079 (1) 몰질량 (2) $\frac{b}{a}$ (3) 기체 1 mol의 부피 080 ② 081 ③
082 ① 083 ④ 084 해설 참조 085 ④ 086 ③
087 해설 참조 088 ③ 089 ③ 090 ② 091 ⑤
092 ④ 093 ① 094 ⑤ 095 ④ 096 ① 097 ④
098 ②

063 ①, ⑤ 화학 반응식의 계수비는 반응물과 생성물의 분자 수비, 몰비와 같고, 기체인 경우 부피비와 같다.

바로알기 | ② 몰질량은 물질에 따라 다르므로 몰비와 질량비는 같지 않다. 몰비에 각각의 몰질량을 곱하면 물질의 질량비를 알 수 있다

③ 생성물이 액체 상태이므로 계수비는 반응물과 생성물의 부피비와 같지 않다.

064 **모범 답안** 반응 전 $A_2(g)$와 $B_2(g)$ 분자 수가 각각 6, 3이고, 반응 후 남아 있는 $B_2(g)$ 분자 수가 1, 생성물인 $A_3B(g)$ 분자 수가 4이다. 이로부터 반응 분자 수비는 $A_2 : B_2 : A_3B=3 : 1 : 2$이다. 따라서 이 반응의 화학 반응식은 $3A_2(g)+B_2(g) \longrightarrow 2A_3B(g)$이다.

채점 기준	배점
풀이 과정을 포함하여 화학 반응식을 옳게 나타낸 경우	100 %
화학 반응식만 옳게 나타낸 경우	50 %

065 반응 전후 원자의 종류와 수가 같으므로 C 원자 수에 의해 $b=2$이고, H 원자 수에 의해 $c=3$이다. 이로부터 생성물을 구성하는 O 원자 수는 총 7이고, 반응물에서도 O 원자 수는 총 7이어야 하므로 $a=3$이다. 따라서 $a+b+c=8$이다.

066 (1) 화학 반응식에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수는 같으므로 (가)와 (나)에서 ㉠은 CO_2(이산화 탄소)이다.

모범 답안 (1) CO_2

(2) (가)에서 ㉠이 CO_2이고, 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같다. 따라서 생성물에서 O 원자 수는 4이므로 $a=2$이다. (나)에서 C 원자 수에 의해 $b=c$이고, O 원자 수에 의해 $3+b=2c$이다. 이 두 식을 풀면 $b=c=3$이다.

채점 기준		배점
(1)	화학식을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	풀이 과정을 포함하여 a~c를 모두 옳게 구한 경우	70 %
	a~c 중 2가지만 옳게 구한 경우	40 %
	a~c 중 1가지만 옳게 구한 경우	20 %

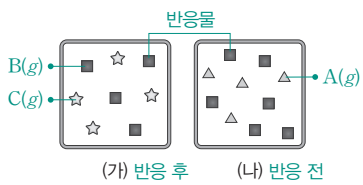
067 반응 전과 후 분자 모형으로부터 XY 2개와 Y_2 1개가 반응하여 XY_2 2개를 생성하므로 이 반응의 화학 반응식은 $2XY + Y_2 \longrightarrow 2XY_2$이다. 반응 몰비는 $Y_2 : XY_2=1 : 2$이므로 Y_2 2 mol이 모두 반응했을 때, 생성물 XY_2의 양은 4 mol이다.

068 ㄱ. 반응 전 분자 수는 XY가 3, Y_2가 1이고, 반응 후 분자 수는 XY가 1, XY_2가 2이므로 반응한 XY의 양과 생성된 XY_2의 양은 0.2 mol로 같다.

ㄴ. 반응 몰비는 $XY : Y_2 : XY_2=2 : 1 : 2$이고, 모형 1개는 분자 0.1 mol이므로 반응 후 용기에 Y_2 0.1 mol을 더 넣어 반응시키면 남아 있는 XY 0.1 mol과 반응하여 XY_2 0.1 mol이 추가로 생성되고 Y_2 0.05 mol이 남는다.

바로알기 | ㄷ. 화학 반응의 반응 몰비는 기체인 경우 부피비와 같으므로 반응 부피비는 $XY : XY_2=1 : 1$이다. 따라서 0 ℃, 1기압에서 XY(g) 10 mL를 충분한 양의 $Y_2(g)$와 반응시키면 $XY_2(g)$ 10 mL가 생성된다.

069



ㄴ. (가)는 반응 후이고, ■은 반응물이므로 ☆은 생성물인 C(g)이다.

ㄷ. ■ 2개와 △ 4개가 반응하여 ☆ 4개가 생성되므로 반응 몰비는 ■ : △ : ☆$=1 : 2 : 2$이다. 반응 계수비는 A : B : C$=2 : b : 2$이므로 ■은 B(g), △은 A(g)이고 $b=1$이다.

바로알기 | ㄱ. ■은 (가)와 (나)에 공통으로 존재하므로 반응물이다. 반응이 진행될 때 반응물은 소모되어 분자 수가 감소한다. 반응물인 ■의 수는 (가)$<$(나)이므로 (가)는 반응 후, (나)는 반응 전이다.

070 반응 전후 O 원자 수가 같아야 하므로 $2+2a=12$이고, $a=5$이다.

반응 계수비가 $O_2 : H_2O=5 : 4$이므로 반응 몰비는 $O_2 : H_2O=5 : 4$이다. 따라서 1 mol의 H_2O가 생성되었을 때 반응한 O_2의 양은 $\frac{5}{4}$ mol이고, O_2의 몰질량은 32 g/mol이므로 $\frac{5}{4}$ mol의 질량은 $\frac{5}{4}$ mol$\times$32 g/mol$=$ 40 g이다.

071 탄산 칼슘과 묽은 염산의 반응의 화학 반응식에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 Ca 원자 수에 의해 $a=1$, Cl 원자 수에 의해 $b=2$, C 원자 수에 의해 $c=1$, H 원자 수에 의해 $d=1$이다. 따라서 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

충분한 양의 $HCl(aq)$이 들어 있는 삼각 플라스크의 전체 질량이 x g이고, 여기에 $CaCO_3$ 1 g을 넣었을 때 반응 전 전체 질량은 $(x+1)$ g이다. $CaCO_3$의 몰질량은 100 g/mol이므로 넣어 준 $CaCO_3$ 1 g의 양은 0.01 mol이고, 반응 몰비는 $CaCO_3 : CO_2 = 1 : 1$이므로 생성된 $CO_2(g)$의 양은 0.01 mol이다. CO_2의 몰질량이 44 g/mol이므로 생성된 CO_2의 질량은 0.44 g이다. 반응 전과 후 전체 물질의 질량은 같은데, 반응 후 생성된 CO_2가 플라스크 밖으로 빠져나가므로 질량이 감소한다. 따라서 $w=(x+1)-0.44=x+0.56$이다.

072 (1) (가)에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같으므로 ㉠은 SO_2이다.

모범 답안 (1) SO_2

(2) ㉠이 SO_2이므로 (나)의 화학 반응식은 $SO_2 + aH_2S \longrightarrow 2H_2O + bS$이다.

반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같으므로 S 원자 수에 의해 $1+a=b$이고, H 원자 수에 의해 $2a=4$이다. 따라서 $a=2$, $b=3$이다. H_2S의 몰질량이 34 g/mol이므로 17 g의 양은 0.5 mol이고, (나)에서 반응 몰비는 $H_2S : S = 2 : 3$이므로 생성되는 S의 양은 $\frac{3}{4}$ mol이다. S의 원자량이 32이므로 $\frac{3}{4}$ mol의 질량은 $\frac{3}{4}$ mol $\times$ 32 g/mol $=$ 24 g이다.

채점 기준		배점
(1)	화학식을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	풀이 과정과 질량을 모두 옳게 구한 경우	70 %
	질량만 옳게 구한 경우	40 %

073 ㄱ. (가)에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 ㉠은 NH_3이다.

ㄷ. (가)에서 반응 몰비는 ㉠ : $H_2O = 1 : 2$이고, (나)에서 반응 몰비는 ㉠ : $H_2O = 2 : 3$이다. (가)와 (나)에서 생성된 H_2O의 질량이 1 g으로 같을 때 반응한 ㉠의 질량비는 (가) : (나) $= \frac{1}{2} : \frac{2}{3} = 3 : 4$이므로 반응한 ㉠의 질량은 (나) > (가)이다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 ㉠은 NH_3이므로 화학 반응식은 다음과 같다.

$aN_2O + bNH_3 \longrightarrow 4N_2 + aH_2O$

반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 N 원자에 의해 $2a+b=8$이고, H 원자에 의해 $3b=2a$이다. 이 두 식을 풀면 $a=3$, $b=2$이므로 $\frac{a}{b}=\frac{3}{2}$이다.

074 에텐과 산소의 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

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

반응 후 생성물만 존재하므로 반응 전 C_2H_4 $7w$ g과 O_2 x g은 모두 반응한다. C_2H_4, O_2, CO_2, H_2O의 몰질량은 각각 28 g/mol, 32 g/mol, 44 g/mol, 18 g/mol이므로 반응 몰비는 $C_2H_4 : O_2 : CO_2 : H_2O = \frac{7w}{28} : \frac{x}{32} : \frac{22w}{44} : \frac{y}{18} = 1 : 3 : 2 : 2$이고, $x=24w$, $y=9w$이다. 따라서 $\frac{x}{y}=\frac{8}{3}$이다.

075 실린더에 $Al(s)$과 $HCl(g)$를 넣고 반응시킬 때 반응 후 남은 반응물이 존재하지 않으므로 넣어 준 $Al(s)$ x g은 모두 반응한다. 이때 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$2Al(s) + 6HCl(g) \longrightarrow 2AlCl_3(s) + 3H_2(g)$

반응한 Al의 양과 생성된 H_2의 양은 각각 $\frac{x}{27}$ mol, $\frac{y}{2}$ mol이고, 반응 몰비는 Al : $H_2 = 2 : 3$이므로 $\frac{x}{27} : \frac{y}{2} = 2 : 3$이다. $y=\frac{x}{9}$이므로 $\frac{x}{y}=9$이다.

076 반응 전 용기에는 $A_2(g)$와 $B(s)$가 들어 있고, 반응 후 용기에는 $A_3B(g)$와 $B(s)$가 들어 있으므로 이 반응의 반응물은 $A_2(g)$와 $B(s)$이고, 생성물은 $A_3B(g)$이다. 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$3A_2(g) + 2B(s) \longrightarrow 2A_3B(g)$

B의 원자량이 32이므로 9.6 g의 양은 $\frac{9.6\text{ g}}{32\text{ g/mol}} = 0.3$ mol이다. 이때 반응 후 남은 B의 양이 0.1 mol이므로 반응한 B의 양은 0.2 mol이고, 반응 몰비는 A_2 : B $= 3 : 2$이므로 반응한 A_2의 양은 0.3 mol이다. A_2의 몰질량은 32 g/mol이므로 x g $= 0.3$ mol $\times$ 32 g/mol $=$ 9.6 g이다.

077 Ⅰ에서 반응 전 A, B의 질량(g)이 각각 $25k$, $8k$일 때 반응한 A의 질량을 a g이라고 하면, 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	$2A(g)$	+ $B(g)$	$\longrightarrow$ $2C(g)$
반응 전(g)	$25k$	$8k$	0
반응(g)	$-a$	$-8k$	$+(a+8k)$
반응 후(g)	$25k-a$	0	$a+8k$

반응 후 질량비는 A : C $= (25k-a) : (a+8k) = 1 : 2$이므로 $a=14k$이다. 이로부터 반응 질량비는 A : B : C $= 7 : 4 : 11$이다. Ⅱ에서 A가 모두 반응하므로 반응 전 A의 질량(x)을 $7w$ g이라고 하면, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	+ $B(g)$	$\longrightarrow$ $2C(g)$
반응 전(g)	$7w(=x)$	y	0
반응(g)	$-7w$	$-4w$	$+11w$
반응 후(g)	0	$y-4w$	$11w$

이때 반응 후 질량비는 B : C $= 10 : 11$이므로 $y-4w=10w$이고, $y=14w$이다. 따라서 $\frac{y}{x}=2$이다.

078 ㄱ, ㄴ. 자료에서 A 4 g이 반응했을 때 생성된 C의 질량이 5 g이고, 반응 전과 후 질량이 보존되므로 반응 질량비는 A : B : C $= 4 : 1 : 5$이다. A~C의 분자량을 각각 M_A, M_B, M_C라고 하면 반응 몰비는 B : C $= 1 : 2$이므로 $\frac{1}{M_B} : \frac{5}{M_C} = 1 : 2$이고, $\frac{M_C}{M_B}=\frac{5}{2}$이다. (나)에서 꼭지 Ⅰ을 열고 반응을 완결시켰을 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$aA(g)$	+ $B(g)$	$\longrightarrow$ $2C(g)$
반응 전(g)	10	2	0
반응(g)	-8	-2	$+10$
반응 후(g)	2	0	10

이때 반응 후 A와 C의 몰비는 $\frac{2}{M_A} : \frac{10}{M_C} = 1 : 4$이므로 $\frac{M_C}{M_A} = \frac{5}{4}$이다. 이로부터 반응 몰비는 A : C $= \frac{8}{M_A} : \frac{10}{M_C} = a : 2$이므로 $a = 2$이다.

바로알기 | ㄷ. (다)에서 꼭지 Ⅱ를 열고 반응을 완결시켰을 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	+	$B(g)$	⟶	$2C(g)$
반응 전(g)	2		w		10
반응(g)	−2		−0.5		+2.5
반응 후(g)	0		$w-0.5$		12.5

이때 분자 수비가 B : C $= \frac{w-0.5}{M_B} : \frac{12.5}{M_C} = 2 : 5$이고, $\frac{M_C}{M_B} = \frac{5}{2}$이므로 $w = 2.5$이다.

079 (1) 물질의 양(mol)은 질량(g)을 몰질량으로 나누어서 구하므로 2단계에서 포도당 36 g의 양을 구할 때 ㉠으로 '몰질량'이 적절하다.

(2) 화학 반응식에서 반응 몰비는 $C_6H_{12}O_6 : CO_2 = a : b$이므로 3단계에서 생성되는 CO_2의 양(mol)은 포도당의 양(mol) $\times \frac{b}{a}$이다. 따라서 ㉡은 $\frac{b}{a}$이다.

(3) 기체의 양(mol)을 부피로 환산하려면 기체의 양(mol)과 주어진 조건에서의 기체 1 mol의 부피를 곱해 주어야 한다. 따라서 ㉢으로 적절한 것은 '기체 1 mol의 부피'이다.

080 ㄷ. (가)에서 반응 몰비는 $C_3H_8 : CO_2 = 1 : 3$이고, (나)에서 반응 몰비는 $C_4H_{10} : CO_2 = 1 : 4$이므로 C_3H_8과 C_4H_{10}이 각각 1 mol씩 완전 연소 할 때 발생하는 CO_2의 부피비는 3 : 4이다.

바로알기 | ㄱ. (가)에서 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$

(나)에서 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같으므로 C 원자 수에 의해 $8 = e$이고, H 원자 수에 의해 $20 = 2f$이고, O 원자 수에 의해 $2d = 2e + f$이다. 따라서 $a = 5$, $b = 3$, $c = 4$, $d = 13$, $e = 8$, $f = 10$이다. $\frac{b+c}{a} = \frac{3+4}{5}$이고, $\frac{e+f}{d} = \frac{8+10}{13}$이므로 $\frac{b+c}{a} > \frac{e+f}{d}$이다.

ㄴ. (나)에서 반응 몰비는 $C_4H_{10} : O_2 = 2 : 13$이므로 $C_4H_{10}(g)$ 1 mol이 완전 연소 하는 데 필요한 O_2의 최소 양은 $\frac{13}{2}$ mol이다.

081 반응 전 실린더에는 $AB_3(g)$와 $C_2(g)$가 들어 있고, 반응 후 실린더에는 $B_2(g)$와 $A_2C_3(s)$만 들어 있으므로 이 반응에서 반응물은 $AB_3(g)$와 $C_2(g)$이고, 생성물은 $B_2(g)$와 $A_2C_3(s)$이다. 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$4AB_3(g) + 3C_2(g) \longrightarrow 6B_2(g) + 2A_2C_3(s)$

일정한 온도와 압력에서 기체의 몰비는 부피비와 같으므로 반응 전 전체 기체의 양을 7 mol이라고 하면, 반응 후 전체 기체의 양은 6 mol이다. 따라서 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{7}{6}$이다.

082 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같고, 반응 후 부피가 $5V$ L일 때 전체 기체의 양이 5 mol이므로 반응 전 전체 기체의 양은 7 mol이다. 이로부터 $x = 4$이다.

반응 몰비는 A : B : C $= 4 : 2 : 4 = 2 : 1 : 2$이고, $\frac{\text{C의 분자량}}{\text{B의 분자량}} = \frac{5}{2}$이므로 B의 분자량을 $2k$라고 하면 C의 분자량은 $5k$이고 반응 전과 후 질량이 보존되므로 $2 \times$ A의 분자량 $+ 2k = 2 \times 5k$이다. 따라서 A의 분자량은 $4k$이고, $x \times \frac{\text{B의 분자량}}{\text{A의 분자량}} = 4 \times \frac{2k}{4k} = 2$이다.

083 반응 전 실린더 속에 들어 있는 기체는 XY와 Y_2이고, 반응 후 실린더 속에 들어 있는 기체는 ㉠과 XY_2이므로 생성물은 XY_2이다. 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$2XY(g) + Y_2(g) \longrightarrow 2XY_2(g)$

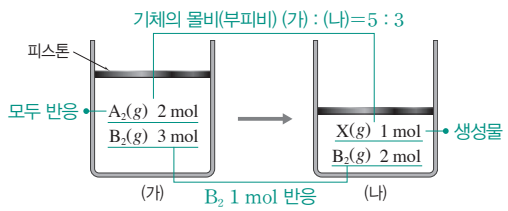
반응 전 실린더에 들어 있는 분자 모형 수는 XY가 4, Y_2가 4이고, 반응 몰비는 XY : Y_2 : $XY_2 = 2 : 1 : 2$이므로 반응 후 실린더에 들어 있는 분자 모형 수는 Y_2가 2, XY_2가 4이다. 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례하고 반응 전 분자 수가 8, 부피가 $4V$이므로 반응 후 분자 수 6의 부피는 $3V$이다. 따라서 ㉠은 Y_2이고, x는 3이다.

084 **모범 답안** $H_2(g)$와 $N_2(g)$가 반응하여 $NH_3(g)$를 생성하는 반응의 화학 반응식은 $3H_2(g) + N_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$이다.

0 ℃, 1기압에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L이므로 0 ℃, 1기압에서 $H_2(g)$ 11.2 L의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이고, 생성된 $NH_3(g)$의 양은 $\frac{1}{2}$ mol $\times \frac{2}{3}$ $= \frac{1}{3}$ mol이다. NH_3의 몰질량(g/mol)은 $14 + 1 \times 3 = 17$이므로 생성된 $NH_3(g)$의 질량은 $\frac{1}{3}$ mol $\times$ 17 g/mol $= \frac{17}{3}$ g이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 질량을 모두 옳게 구한 경우	100 %
질량만 옳게 구한 경우	50 %

085



ㄴ. 기체의 밀도는 부피에 반비례하고, 화학 반응 전과 후 전체 물질의 질량은 같다. 또한 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같으므로 전체 기체의 밀도비는 (가) : (나) = 3 : 5이고, (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{5}$배이다.

ㄷ. 반응 몰비는 $A_2(g)$: $B_2(g) = 2 : 1$이므로 (나)에 남아 있는 $B_2(g)$ 2 mol을 모두 반응시키는 데 필요한 $A_2(g)$의 최소 양은 4 mol이다.

바로알기 | ㄱ. $A_2(g)$ 2 mol과 $B_2(g)$ 1 mol이 반응하여 $X(g)$ 1 mol을 생성하므로 화학 반응식은 $2A_2(g) + B_2(g) \longrightarrow X(g)$이다. 화학 반응 후 원자는 새로 생기거나 없어지지 않으므로 X의 화학식은 A_4B_2이다. 분자를 구성하는 원자 수는 X가 6으로 B_2의 3배이다.

086 하이드라진(N_2H_4)의 연소 반응의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$N_2H_4(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$

N_2H_4의 몰질량은 32 g/mol이므로 N_2H_4 8 g의 양은 $\frac{8\text{ g}}{32\text{ g/mol}}$ $= \frac{1}{4}$ mol이다.

ㄱ. 반응 몰비는 $N_2H_4 : O_2 = 1 : 3$이므로 반응한 O_2의 양은 $\frac{3}{4}$ mol이다.

ㄷ. 반응 몰비는 $N_2H_4 : H_2O = 1 : 2$이므로 생성된 H_2O의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다. H_2O의 몰질량이 18 g/mol이므로 생성된 H_2O의 질량은 9 g이다.

바로알기 | ㄴ. 반응 몰비는 $N_2H_4 : NO_2 = 1 : 2$이므로 생성된 NO_2의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다. 0 ℃, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 생성된 $NO_2(g)$의 부피는 11.2 L이다.

087 **모범 답안** 화학 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같도록 염소산 칼륨($KClO_3$)의 열분해 반응의 화학 반응식을 완성하면

$2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$이다.

0 ℃, 1기압에서 $O_2(g)$ 5.6 L의 양은 $\frac{5.6\ L}{22.4\ L/mol} = \frac{1}{4}$ mol이고, 반응 몰비는 $KClO_3 : O_2 = 2 : 3$이므로 반응한 $KClO_3$의 양은 $\frac{1}{6}$ mol이다. $KClO_3$의 몰질량이 123 g/mol이므로 반응한 $KClO_3$의 질량은 $\frac{1}{6}$ mol $\times$ 123 g/mol = 20.5 g이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 질량을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
질량만 옳게 구한 경우	50 %

088 ㄱ. t ℃, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 30 L이므로 반응 전 전체 기체 30 L의 양은 1 mol이고, B_2의 양이 $\frac{3}{4}$ mol이므로 A_2 7 g의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이다. 반응 후 실린더에는 생성물인 X만 존재하므로 반응 몰비는 $A_2 : B_2 = 1 : 3$이고, $b = 3$이다.

ㄴ. 반응 몰비는 $A_2 : B_2 : X = 1 : 3 : 2$이므로 생성된 X의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이고, t ℃, 1기압에서의 부피는 15 L이다. 이때 X의 질량이 8.5 g이므로 밀도(g/L)는 $\frac{8.5}{15} = \frac{17}{30}$이다.

바로알기 | ㄷ. 반응 전과 후 질량이 보존되므로 반응 전 B_2 $\frac{3}{4}$ mol의 질량은 1.5 g이고, B_2 1 mol의 질량은 2 g이다. X $\frac{1}{2}$ mol의 질량은 8.5 g이므로 X 1 mol의 질량은 17 g이다. 따라서 $\frac{\text{X의 분자량}}{\text{B}_2\text{의 분자량}} = \frac{17}{2}$이다.

089 (가)의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$2NaHCO_3(s) \longrightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$

따라서 $a = 1$이다.

㉠은 CO_2이고, 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 (나)의 화학 반응식은 다음과 같다.

$2NaHCO_3(s) \longrightarrow Na_2O(s) + H_2O(l) + 2CO_2(g)$

따라서 ㉡은 Na_2O이다.

ㄱ. 반응 전과 후 원자의 종류와 수가 같으므로 ㉠은 CO_2이다.

ㄴ. $NaHCO_3$의 몰질량은 84 g/mol이므로 42 g의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다. (나)에서 반응 몰비는 $NaHCO_3$: ㉡(Na_2O) = 2 : 1이므로 생성된 ㉡의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이다. Na_2O의 몰질량은 62 g/mol이므로 $\frac{1}{4}$ mol의 질량은 15.5 g이다.

바로알기 | ㄷ. $a = 1$이므로 (가)와 (나)에서 같은 양(mol)의 $NaHCO_3$이 반응할 때 생성된 CO_2의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

090 ㄴ. Ⅰ에서 반응한 B의 양은 0.2 mol이고 반응 몰비는 A : B = 1 : 2이므로 반응한 A 3.2 g의 양은 0.1 mol이다. 따라서 반응 후 A 9.6 g이 남고, 9.6 g의 양은 0.3 mol이다. 일정한 온도와 압력에서 생성된 C 3.6 g, 즉 0.2 mol의 부피가 8 L이므로 반응 후 남은 A 0.3 mol의 부피는 12 L이다. 마찬가지로 Ⅱ에서 반응 후 B 0.4 g이 남고, B 0.4 g의 양은 0.2 mol이며, 0.2 mol의 부피는 8 L이다. 따라서 $x + y = 12 + 8 = 20$이다.

바로알기 | ㄱ. Ⅰ에서는 B가 모두 반응하고, Ⅱ에서는 A가 모두 반응하며, 생성된 C의 양은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배이므로 반응한 B의 양은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배이다. Ⅱ에서 B 0.8 g이 반응할 때 반응한 A의 질량이 6.4 g이므로 Ⅰ에서 B 0.4 g과 반응하는 A의 질량은 3.2 g이다. 반응 전후 질량이 보존되므로 Ⅰ에서 생성된 C의 질량은 3.6 g이다. B의 몰질량이 2 g/mol이므로 B 0.4 g의 양은 0.2 mol이고, 반응 몰비는 B : C = 1 : 1이므로 생성된 C 3.6 g의 양은 0.2 mol이다. 따라서 C의 몰질량은 18 g/mol이다.

ㄷ. Ⅰ에서 반응 후 남은 A 9.6 g의 양은 0.3 mol이고, 이를 모두 반응시키는 데 필요한 B의 최소 질량은 0.6 mol $\times$ 2 g/mol = 1.2 g이다.

091

실험	반응 전		반응 후		
	A의 질량(g)	B의 질량(g)	B의 질량(g)	C의 질량(g)	전체 기체의 질량(g)
Ⅰ	모두 반응 ⓧ15	x 15	7	y 23	
Ⅱ	ⓧ15	ⓩ8	0		y 23
		모두 반응			

ㄱ. $\frac{\text{C의 분자량}}{\text{A의 분자량}} = \frac{23}{15}$이므로 A의 분자량을 $15k$, C의 분자량을 $23k$라고 하면 반응 전과 후 질량이 보존되므로 $2 \times 15k$ + B의 분자량 = $2 \times 23k$, B의 분자량은 $16k$이다. 따라서 $\frac{\text{C의 분자량}}{\text{B의 분자량}} = \frac{23}{16}$이다.

ㄴ. Ⅰ에서 A x g이 모두 반응하고 B 7 g이 반응하지 않고 남았으므로 반응한 B의 질량은 $(x - 7)$ g이고, 반응 몰비는 A : B = 2 : 1이므로 $\frac{x}{15k} : \frac{x-7}{16k} = 2 : 1$, $x = 15$이다. 따라서 Ⅰ에서 생성된 C의 질량은 $(15 + 8) = 23$이므로 $y = 23$이다.

Ⅱ에서 반응 전과 후 질량이 보존되므로 $x + z = y$이고, $z = y - x = 23 - 15 = 8$이다. $\frac{x+y}{z} = \frac{15+23}{8} = \frac{19}{4}$이다.

ㄷ. Ⅰ에서 반응 후 실린더에 들어 있는 B의 질량이 7 g, C의 질량이 23 g이므로 전체 기체의 양은 $\left(\frac{7}{16k} + \frac{23}{23k}\right)$ mol이고, Ⅱ에서는 A 15 g과 B 8 g이 모두 반응하여 C 23 g을 생성하므로 반응 후 실린더에 들어 있는 전체 기체의 양은 $\frac{23}{23k}$ mol이다. 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비는 기체의 몰비와 같으므로 반응 후 전체 기체의 부피비는 Ⅰ : Ⅱ = 23 : 16이고 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 $\frac{23}{16}$배이다.

092 ㄴ, ㄷ. Ⅱ에서 반응 질량비는 A : B=12 : 21=4 : 7이므로 Ⅰ에서 A 4 g과 반응하는 B의 질량은 7 g이고 반응 후에는 B 7 g이 남는다. 이로부터 ㉠은 B이고, x=7이다. 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같고, Ⅰ에서 반응 전과 후 부피비는 $\left(\frac{4}{8k}+\frac{14}{7k}\right)$: 5 $=\left(\frac{7}{7k}+\frac{11}{11k}\right)$: y이고, y=4이다. 따라서 $\frac{y}{x}=\frac{4}{7}$이다.

바로알기 | ㄱ. Ⅱ에서 A 12 g이 남았으므로 반응한 A의 질량은 12 g이고 반응 전 B의 질량을 w g이라고 하면 반응 질량비는 A : B : C =12 : w : (w+12)이다. $\frac{\text{C의 분자량}}{\text{B의 분자량}}=\frac{11}{7}$이므로 A~C의 분자량을 각각 M_A, 7k, 11k라고 하면 Ⅰ에서 반응 전 전체 기체의 부피와 Ⅱ에서 반응 후 전체 기체의 부피비는 $\left(\frac{4}{M_A}+\frac{14}{7k}\right):\left(\frac{12}{M_A}+\frac{w+12}{11k}\right)$ =5 : 9이다. 반응 몰비는 A : B : C=$\frac{12}{M_A}$: $\frac{w}{7k}$: $\frac{w+12}{11k}$=1 : b : 2이다. 이 두 식을 풀면 M_A=8k, w=21, b=2이다.

093 ㄱ. D의 질량이 더 이상 증가하지 않는 지점에서 반응이 완결되므로 A 10w g과 B 32w g이 모두 반응하여 D 33w g을 생성한다. 이때 반응 몰비가 A : B : D=1 : 4 : 3이므로 A 10w g의 양을 n mol이라고 하면, B 32w g의 양은 4n mol, D 33w g의 양은 3n mol이다. (가)와 (나)에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

(가)	A(g)	+	4B(g)	⟶	cC(g)	+	3D(g)
반응 전(mol)	n		n		0		0
반응(mol)	$-\frac{1}{4}n$		$-n$		$+\frac{c}{4}n$		$+\frac{3}{4}n$
반응 후(mol)	$\frac{3}{4}n$		0		$\frac{c}{4}n$		$\frac{3}{4}n$

(나)	A(g)	+	4B(g)	⟶	cC(g)	+	3D(g)
반응 전(mol)	n		2n		0		0
반응(mol)	$-\frac{1}{2}n$		$-2n$		$+\frac{c}{2}n$		$+\frac{3}{2}n$
반응 후(mol)	$\frac{1}{2}n$		0		$\frac{c}{2}n$		$\frac{3}{2}n$

$\frac{\text{A}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$의 비는 (가) : (나)=$\left(\frac{\frac{3}{4}n}{\frac{3}{4}n+\frac{c}{4}n+\frac{3}{4}n}\right)$: $\left(\frac{\frac{1}{2}n}{\frac{1}{2}n+\frac{c}{2}n+\frac{3}{2}n}\right)$=9 : 4이고, c=2이다.

바로알기 | ㄴ. 전체 기체의 양(mol)의 비는 (가) : (나)=2 : 3이고, 일정한 온도와 압력에서 기체의 몰비는 부피비와 같으므로 전체 기체의 부피비는 (가) : (나)=2 : 3이다.

ㄷ. A 10w g과 B 32w g이 모두 반응하여 D 33w g을 생성하고 반응 전후 질량이 보존되므로 생성된 C의 질량은 9w g이다. 이때 반응 몰비는 A : C=1 : 2이므로 $\frac{10w}{\text{A의 분자량}}$: $\frac{9w}{\text{C의 분자량}}$=1 : 2이다. 따라서 $\frac{\text{A의 분자량}}{\text{C의 분자량}}=\frac{20}{9}$이다.

094 Ⅰ에서 반응한 A의 양은 $\frac{12}{24}=\frac{1}{2}$ mol이고, 반응 몰비는 A : B : C=1 : 2 : c이므로 반응한 B의 양은 1 mol이고, 생성된 C의 양은 $\frac{c}{2}$ mol이다. B의 분자량을 M_B라고 하면 반응 후 남은 B의 양은 $\frac{0.5}{M_B}$ mol이고, 반응 후 전체 기체의 양이 $\frac{18}{24}=\frac{3}{4}$ mol이므로 $\frac{0.5}{M_B}+\frac{c}{2}=\frac{3}{4}$이다. 이때 c가 2 이상의 자연수일 때 M_B가 음의 값이 되어 타당하지 않으므로 c=1이고, M_B=2이다. 따라서 반응 전 B의 양은 $\frac{5}{4}$ mol이므로 V_1=30이다. Ⅱ에서 반응한 B의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이므로 반응한 A의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이고, 생성된 C의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이다. 이때 전체 기체의 양이 1 mol이므로 반응 후 남은 A의 양은 $\frac{3}{4}$ mol이고, 반응 전 A의 양은 1 mol이다. 따라서 V_2=24이다. Ⅱ에서 반응 후 남은 A의 질량이 21 g이므로 A의 분자량을 M_A라고 하면 A의 양은 $\frac{21}{M_A}=1-\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$이고, M_A=28이다. 따라서 $\frac{V_1}{V_2}$×A의 분자량=$\frac{30}{24}$×28=35이다.

095 M 5 g이 산소(O_2)와 반응하여 생성된 MO의 질량이 7 g이므로 MO를 구성하는 원소의 질량비는 M : O=5 : 2이다. MO에서 구성 원자 수비는 M : O=1 : 1이므로 M 5 g의 양과 O 2 g의 양이 같다. 따라서 M의 원자량을 x라고 하면 $\frac{5}{x}:\frac{2}{16}=1:1$, x=40이다.

096 ㄱ. MgO의 몰질량이 40 g/mol이므로 10 g의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이다.

바로알기 | ㄴ. 반응 몰비는 Mg : MgO=1 : 1이고, 생성된 MgO의 양이 $\frac{1}{4}$ mol이므로 반응한 Mg의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이다. Mg의 몰질량은 24 g/mol이므로 $\frac{1}{4}$ mol의 질량은 6 g이다.

ㄷ. 반응한 Mg의 질량이 6 g이고, 생성된 MgO의 질량은 10 g이다. 반응 전과 후 질량이 보존되므로 반응한 O_2의 질량은 4 g이다. 따라서 w=4이다.

097 t ℃, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이므로 H_2 72 mL의 양은 0.003 mol이다. 즉, M 3w g이 반응할 때 생성되는 H_2의 양은 0.003 mol이다. 반응 몰비는 M : H_2=1 : 1이므로 M 3w g의 양이 0.003 mol에 해당하고 1 mol의 질량은 1000w g이다. 따라서 M의 원자량은 1000w이다.

098 반응 몰비는 A : H_2=2 : 3이고, B : H_2=1 : 1이다. 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같으므로 실험 조건에서 기체 1 mol의 부피를 V mL라고 하면 (가)와 (나)에서 생성된 H_2의 양(mol)은 각각 $\frac{a}{V}$, $\frac{b}{V}$이다. B의 원자량을 y라고 하면 반응 몰비는 A : H_2=$\frac{1}{x}$: $\frac{a}{V}$=2 : 3이고, 반응 몰비는 B : H_2=$\frac{1}{y}$: $\frac{b}{V}$=1 : 1이므로 $y=\frac{2ax}{3b}$이다.

최고 수준 도전 기출 30쪽~31쪽

099 ② 100 ③ 101 ④ 102 ① 103 ⑤ 104 ①
105 ③ 106 ⑤

099 $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$의 비가 (가) : (나) : (다)=3 : 2 : 3이므로 일정량의 X와 결합한 Y 원자 수비는 (가) : (나) : (다)=3 : 2 : 3이다.

구성 원자 수가 6을 만족하는 (가)는 XY_5, X_2Y_4, X_3Y_3, X_4Y_2, X_5Y 중 하나이고, (다)는 구성 원자 수가 $n+2$, 즉 8~10 중 하나이다. $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$의 비가 (가) : (다)=1 : 1이므로 이를 만족하는 (가)는 X_2Y_4, (다)는 X_3Y_6이다. 이에 따라 n은 7이고, (나)는 X_3Y_4이다.

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 1 g당 부피는 $\frac{1}{\text{밀도}}$에 비례하면서 $\frac{1}{\text{분자량}}$에도 비례한다. 기체 1 g의 부피비가 (나) : (다)=21 : 20이므로 분자량비는 (나) : (다)=20 : 21이다.

X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 하면 분자량비는 (나) : (다)=$(3x+4y)$: $(3x+6y)$=20 : 21이므로 $x=12y$이고, (가)와 (나)의 분자량비는 (가) : (나)=$(2x+4y)$: $(3x+4y)$=$28y$: $40y$=7 : 10이다.

바로알기 | ㄱ. (다)의 분자식은 X_3Y_6이다.

ㄷ. $n\times\frac{\text{Y의 원자량}}{\text{X의 원자량}}=7\times\frac{1}{12}=\frac{7}{12}$이다.

100 X_aY_{2b}와 X_bY_c의 질량과 양(mol)을 정리하면 다음과 같다.

실린더	(가)		(나)	
기체의 종류	X_aY_{2b}	X_bY_c	X_aY_{2b}	X_bY_c
질량(g)	m	$2m$	$4m$	$6m$
양(mol)	n_1	n_2	$4n_1$	$3n_2$

같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하고, 밀도=$\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이다. $\frac{\text{(가)의 밀도}}{\text{(나)의 밀도}}=\frac{\frac{3m}{n_1+n_2}}{\frac{10m}{4n_1+3n_2}}=\frac{51}{50}$이므로 $3n_1=2n_2$이다.

X_aY_{2b}와 X_bY_c의 양(mol)을 정리하면 표와 같다.

실린더	(가)		(나)	
기체의 종류	X_aY_{2b}	X_bY_c	X_aY_{2b}	X_bY_c
양(mol)	$2N$	$3N$	$8N$	$9N$

$\frac{\text{(가)에서 } X_bY_c\text{의 양(mol)}}{\text{(나)에서 } X_aY_{2b}\text{의 양(mol)}}=\frac{3N}{8N}=\frac{3}{8}$이다. 또한 X_aY_{2b}와 X_bY_c의 분자량은 각각 $\frac{m}{2N}$, $\frac{2m}{3N}$이므로 $\frac{X_aY_{2b}\text{의 분자량}}{X_bY_c\text{의 분자량}}=\frac{\frac{m}{2N}}{\frac{2m}{3N}}=\frac{3}{4}$이다.

(가)에서 $\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Y 원자 수}}=\frac{2aN+3bN}{4bN+3cN}=\frac{2a+3b}{4b+3c}=\frac{13}{24}$이고, (나)에서 $\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Y 원자 수}}=\frac{8aN+9bN}{16bN+9cN}=\frac{8a+9b}{16b+9c}=\frac{43}{84}$이다. 이를 정리하면 $20b=39c-48a$, $68b=387c-672a$이고, $\frac{c}{a}=2$이다.

따라서 $\frac{c}{a}\times\frac{\text{(가)에서 } X_bY_c\text{의 양(mol)}}{\text{(나)에서 } X_aY_{2b}\text{의 양(mol)}}\times\frac{X_aY_{2b}\text{의 분자량}}{X_bY_c\text{의 분자량}}=2\times\frac{3}{8}\times\frac{3}{4}=\frac{9}{16}$이다.

101 (가)에서 X_aY_c $16w$ g의 양(mol)을 m, (나)에서 X_aY_b $15w$ g의 양(mol)을 n이라고 하면 (가)~(다)에 들어 있는 X_aY_b와 X_aY_c의 양(mol)은 다음과 같다.

실린더		(가)	(나)	(다)
기체의 양 (mol)	X_aY_b	$3n$	n	$\frac{x}{15}n$
	X_aY_c	m	$4m$	$\frac{y}{16}m$

같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 기체의 몰비는 (가) : (나)=$(3n+m)$: $(n+4m)$=4 : 5이므로 $n=m$이고, (가) : (다)=$4n$: $\left(\frac{x}{15}n+\frac{y}{16}n\right)$=1 : 1이므로 $\frac{x}{15}+\frac{y}{16}=4$이다.

Y 원자 수비는 (가) : (나)=$(3nb+nc)$: $(nb+4nc)$=5 : 9이므로 $2b=c$이고, (가) : (다)=$(3nb+2nb)$: $\left(\frac{x}{15}nb+2\times\frac{y}{16}nb\right)$=5 : 6이므로 $\frac{x}{15}+\frac{y}{8}=6$이다. 이를 $\frac{x}{15}+\frac{y}{16}=4$를 이용하여 풀면 $x=30$, $y=32$이다.

전체 원자 수비는 (가) : (나)=$(3na+3nb+na+2nb)$: $(na+nb+4na+8nb)$=9 : 14이므로 $a=b$이다. 따라서 $a : b : c$=1 : 1 : 2이다. 또한 전체 원자 수비는 (가) : (다)=$(3na+3nb+na+2nb)$: $(2na+2nb+2na+4nb)$=9 : z이므로 $z=10$이다.

(가)에서 X_aY_c와 (나)에서 X_aY_b의 양(mol)은 같고, 질량은 각각 $16w$ g과 $15w$ g이므로 X_aY_c와 X_aY_b의 분자량비는 16 : 15이다. X와 Y의 원자량을 각각 M_X, M_Y라고 하면, X_aY_c의 분자량은 aM_X+cM_Y이고, X_aY_b의 분자량은 aM_X+bM_Y이다. $a : b : c$=1 : 1 : 2이므로 분자량비는 $M_X+2M_Y : M_X+M_Y$=16 : 15이며, $M_X=14M_Y$이다. 따라서 $\frac{\text{X의 원자량}}{\text{Y의 원자량}}=14$이다.

즉, $\frac{\text{X의 원자량}}{\text{Y의 원자량}}\times\frac{a\times x}{(b+c)y\times z}=14\times\frac{b\times30}{(b+2b)\times32\times10}=\frac{7}{16}$이다.

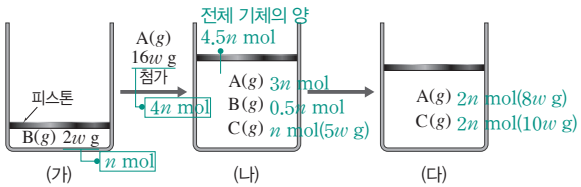
102 같은 온도와 압력에서 (가)와 (나)의 부피가 같으므로 분자 수비는 (가) : (나)=1 : 1이다. 전체 원자 수비는 (가) : (나)=5 : 3이고, 분자당 원자 수는 모두 5 이하이므로 $a+b=5$이고, $c+d=3$이다. 또한 $\frac{\text{X의 양(mol)}}{\text{Y의 양(mol)}}$의 비는 (가) : (나)=$\frac{a}{b}$: $\frac{c}{d}$=3 : 1이므로 이를 만족하는 자연수는 $a=3$, $b=2$, $c=1$, $d=2$이다. 따라서 (가)는 X_3Y_2이고, (나)는 XY_2이다.

ㄱ. $\frac{a\times b}{c+d}=\frac{3\times2}{1+2}=2$이다.

바로알기 | ㄴ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 분자량비는 (가) : (나)=5 : 4이다. X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 하면 분자량비는 (가) : (나)=$(3x+2y)$: $(x+2y)$=5 : 4이므로 $7x=2y$이다. 따라서 원자량비는 X : Y=2 : 7이다.

ㄷ. 1 g에 들어 있는 분자 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$에 비례한다. 또한 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 밀도비가 (가) : (나)=5 : 4이므로 분자량비도 5 : 4이고, 1 g에 들어 있는 분자 수비는 (가) : (나)=$\frac{1}{5}$: $\frac{1}{4}$=4 : 5이다.

103



$\frac{\text{C의 분자량}}{\text{A의 분자량}}=\frac{5}{4}$이므로 A의 분자량을 $4k$라고 하면 C의 분자량은 $5k$이고, 반응 전과 후 질량이 보존되므로 $2\times4k+$B의 분자량$=2\times5k$가 성립하여 B의 분자량은 $2k$이다. B $2w$ g의 양을 n mol이라고 하면, A $16w$ g의 양은 $4n$ mol이고 부피비는 (가) : (나)$=2:9$이므로 (나)에 들어 있는 전체 기체의 양은 $4.5n$ mol이다. (가) → (나)에서 반응한 B의 양을 y mol이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

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

따라서 전체 기체의 양(mol)은 $5n-y=4.5n$이고, $y=0.5n$이므로 (나)의 실린더 속 C의 양은 n mol이고, 질량은 $2w\text{ g}\times\frac{5k}{2k}=5w$ g이다. (다)에서는 (가)의 B $2w$ g, 즉 n mol이 모두 반응하므로 (다)에 들어 있는 A와 C의 양은 각각 $2n$ mol이다. (가)와 (다)에서 기체 분자의 몰비가 1 : 4이므로 부피비는 1 : 4이고, (가)와 (다)에서 전체 기체의 질량비는 1 : 9이므로 (가)와 (다)에서 전체 기체의 밀도비는 $\frac{1}{1}:\frac{9}{4}=4:9$, $x=9$이다. (다)에서 반응하지 않고 남은 A의 양이 $2n$ mol이므로 질량은 $2w\text{ g}\times2\times\frac{4k}{2k}=8w$ g이다. 따라서 $x\times\frac{\text{(나)의 실린더 속 C}(g)\text{의 질량(g)}}{\text{(다)의 실린더 속 A}(g)\text{의 질량(g)}}$ $=9\times\frac{5w}{8w}=\frac{45}{8}$이다.

104 Ⅰ에서 A가 모두 반응했으므로 반응한 B의 질량을 x g이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	+	$B(g)$	⟶	$cC(g)$
반응 전(g)	$4w$		$6w$		0
반응(g)	$-4w$		$-x$		$+(4w+x)$
반응 후(g)	0		$6w-x$		$4w+x$

$\frac{\text{B의 분자량}}{\text{C의 분자량}}=\frac{2}{5}$이므로 B의 분자량을 $2k$라고 하면 C의 분자량은 $5k$이고, 반응 후 $\frac{\text{전체 기체의 양(mol)}}{\text{C의 양(mol)}}=\frac{7}{2}$로 몰비는 B : C$=5:2$이므로 질량비는 B : C$=1:1$이다. 따라서 $6w-x=4w+x$, $x=w$이다. A~C의 반응 질량비는 4 : 1 : 5이고 반응 몰비는 2 : 1 : c인데, A의 분자량을 M_A라고 하면 $\frac{4}{M_A}:\frac{1}{2k}:\frac{5}{5k}=2:1:c$이고, $M_A=4k$, $c=2$이다. Ⅱ에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	+	$B(g)$	⟶	$2C(g)$
반응 전(g)	$9w$		$2w$		0
반응(g)	$-8w$		$-2w$		$+10w$
반응 후(g)	w		0		$10w$

Ⅱ에서 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{w}{4k}+\frac{10w}{5k}=\frac{9w}{4k}$이고, Ⅰ에서 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{5w}{2k}+\frac{5w}{5k}=\frac{7w}{2k}$이다. 기체의 밀도$=\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이고, 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 $\frac{d_1}{d_2}=\frac{10w}{\frac{7w}{2k}}\times\frac{\frac{9w}{4k}}{11w}=\frac{45}{77}$이다.

105 (다)에서 반응이 완결되었으므로 A(g) $9w$ g과 B(g) $3w$ g이 모두 반응하여 생성된 C(g)와 D(g)의 전체 기체의 질량은 $12w$ g이다. 이때 (다)에서 C(g)와 D(g)의 질량비는 4 : 5이므로 C(g)와 D(g)의 질량은 각각 $\frac{16}{3}w$ g, $\frac{20}{3}w$ g이다.

A(g) $9w$ g의 양을 n mol이라고 하면, 반응 몰비로부터 반응한 B(g) $3w$ g의 양은 bn mol, 생성된 C(g) $\frac{16}{3}w$ g의 양은 n mol, 생성된 D(g) $\frac{20}{3}w$ g의 양은 dn mol이다. (가) → (나)에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	+	$bB(g)$	⟶	$C(g)$	+	$dD(g)$
반응 전(mol)	n		$\frac{b}{3}n$		0		0
반응(mol)	$-\frac{n}{3}$		$-\frac{b}{3}n$		$+\frac{n}{3}$		$+\frac{d}{3}n$
반응 후(mol)	$\frac{2n}{3}$		0		$\frac{n}{3}$		$\frac{d}{3}n$

(가) → (다)에서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	+	$bB(g)$	⟶	$C(g)$	+	$dD(g)$
반응 전(mol)	n		bn		0		0
반응(mol)	$-n$		$-bn$		$+n$		$+dn$
반응 후(mol)	0		0		n		dn

(가)~(다)에서 전체 기체의 양(mol)은 각각 $\left(n+\frac{b}{3}n\right)$, $\left(n+\frac{d}{3}n\right)$, $(n+dn)$이고, 전체 기체의 몰비는 부피비와 같으므로 $\left(n+\frac{b}{3}n\right):\left(n+\frac{d}{3}n\right):(n+dn)=5:7:15$이다. 이 식을 풀면 $b=2$, $d=4$이다. B(g) $3w$ g의 양이 $2n$ mol이고, 반응 몰비는 B : C$=2:1$이므로 C(g) $\frac{16}{3}w$ g의 양은 n mol이다. 따라서 B와 C의 분자량비는 9 : 32이고, $\frac{\text{B의 분자량}}{\text{C의 분자량}}\times\frac{d}{b}=\frac{9}{32}\times\frac{4}{2}=\frac{9}{16}$이다.

106 (가)와 (나)에서 $\frac{\text{C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$은 각각 $\frac{4}{13}$, $\frac{4}{7}$이고, 전체 기체의 부피비가 (가) : (나)$=13:14$이므로 C의 몰비는 (가) : (나)$=4:8$이다. A와 B가 반응하여 생성된 C의 양을 $4n$ mol이라고 하면 반응한 B의 양은 $7n$ mol이다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피비는 몰비와 같으므로 (가)에서 전체 기체의 양을 $13n$ mol이라고 하면 A의 양(mol)은 $13n-(7n+4n)=2n$이다. 질량$=$양(mol)$\times$분자량이다. $\frac{\text{A의 분자량}}{\text{B의 분자량}}=\frac{7}{4}$이고 B $7n$ mol의 질량은 $2w$ g이므로 A $2n$ mol의 질량을 x g이라고 하면, 질량비는 A : B$=2n\times7:7n\times4=1:2=x:2w$가 성립하여 $x=w$이다. C의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 (가)에서 C의 질량은 9 g이고, 반응 전과 후 질량이 같으므로 $3w+9=18+\frac{33}{14}w$, $w=14$이다. (가)에서 A의 양은 $2n$ mol이고 (나)에서 D의 양은 $6n$ mol이므로 반응 몰비는 A : B : C : D$=2:7:4:6$이고, $a=2$, $d=6$이다. 따라서 $w\times\frac{d}{a}$ $=14\times\frac{6}{2}=42$이다.

04 화학 결합과 결합의 극성

빈출 자료 보기

33쪽

107 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

108 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

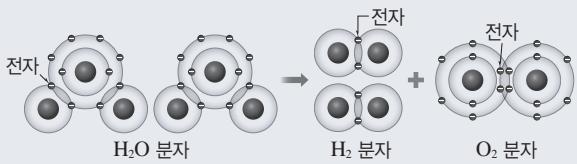
107 (1) 순수한 물은 전류가 거의 흐르지 않지만, 물에 황산 나트륨과 같은 전해질을 소량 녹이면 이온이 생겨 전류가 흐를 수 있게 된다.
(5) 물의 전기 분해 실험을 통해 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

개념 보충

물(H_2O)의 전기 분해

물(H_2O)에 전류를 흘려주면 H(수소) 원자와 O(산소) 원자 사이의 공유 결합이 끊어지고, 새로운 결합이 형성되어 H_2 분자와 O_2 분자가 생성된다.

➡ 공유 결합에 전자가 관여하는 전기적 성질이 있다는 것을 알 수 있다.



바로알기 | (3) 물을 전기 분해 하면 (−)극에서는 H_2O 분자가 전자를 얻어 H_2(X) 기체가 발생하고, (+)극에서는 H_2O 분자가 전자를 잃어 O_2(Y) 기체가 발생한다.
(4) 물의 전기 분해 반응에서 화학 반응식은 $2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$이므로 발생한 기체의 부피비는 H_2(X) : O_2(Y)=2 : 1이다.

108 (가)에서 Y 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, X 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기음성도는 Y>X이다. (나)에서 Z 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, Y 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기음성도는 Z>Y이다. 따라서 전기음성도는 Z>Y>X이다.
(2) (나)에서 Y-Z 결합은 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.
(4) 전기음성도가 Z>X이므로 X_2Z에서 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

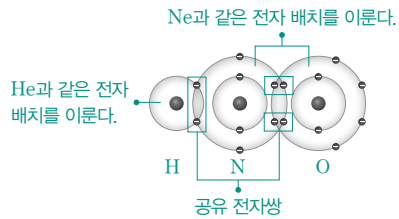
바로알기 | (1) 전기음성도가 Y>X이므로 (가)에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 Y 원자 쪽으로 치우친다.
(3), (5) 결합하는 두 원자의 전기음성도 차가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다. 전기음성도가 Z>Y>X이므로 결합의 극성은 Z−X 결합이 Z−Y 결합보다 크다.

난이도별 필수 기출

34쪽~41쪽

109 ⑤	110 ①	111 ②, ④	112 ④	113 해설 참조
114 ④	115 ①	116 ④	117 ①	118 해설 참조
119 ④	120 ①	121 ⑤	122 해설 참조	123 ⑤
124 ①, ⑥		125 ①, ④	126 ③	
127 해설 참조		128 ②	129 ③	130 ① 131 ③
132 ③, ⑤		133 ②	134 ④	135 ① 136 ④
137 ③	138 ⑤	139 해설 참조	140 ②, ⑥	
141 ②	142 ①	143 ②	144 ④	145 ④

109



ㄱ, ㄴ. HNO 분자는 H 원자와 N 원자가 전자쌍 1개를, N 원자와 O 원자가 전자쌍 2개를 공유하여 결합한다.
ㄷ. HNO 분자에서 N 원자와 O 원자는 각각 Ne(네온)과 같은 전자 배치를 이루며, H 원자는 He(헬륨)과 같은 전자 배치를 이룬다.

110 일반적으로 공유 결합 물질은 액체 상태에서도 전기 전도성이 없고, 이온 결합 물질은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다.
ㄱ. AB_2는 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이며, $MgCl_2$이다.

바로알기 | ㄴ. DB_2는 액체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질이며, OCl_2이다. 공유 결합은 비금속 원소의 원자들이 전자쌍을 공유하여 형성되는 화합 결합이다. O(B)와 Cl(D)는 모두 비금속 원소이다.
ㄷ. CB는 LiCl이므로 이온 결합 물질이다. 따라서 ㉠은 '있음'이다.

111 ① 순수한 물은 전류가 거의 흐르지 않지만, 물에 황산 나트륨이나 수산화 나트륨과 같은 전해질을 소량 녹이면 이온이 생겨 전류가 흐르게 되므로 전기 분해 할 수 있다.
③ (+)극에서 발생한 기체는 O_2 기체이다. O_2 기체에 불씨만 있는 향을 가져가면 불씨가 커진다.
⑤ 물을 전기 분해 하면 H_2O 분자를 구성하는 H 원자와 O 원자 사이의 결합이 끊어지고, 새로운 결합이 형성되어 H_2 기체와 O_2 기체가 발생한다. 이를 통해 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

바로알기 | ②, ④ 물을 전기 분해 하면 (−)극에서는 H_2 기체가 발생하고, (+)극에서는 O_2 기체가 발생한다. 이때 발생하는 기체의 부피비는 $H_2 : O_2=2 : 1$이다.

112 물의 전기 분해 반응에서 화학 반응식은 $2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$이므로 발생하는 기체의 부피비는 $H_2 : O_2=2 : 1$이다. 물에 전류를 흘려주면 H_2O 분자를 구성하는 H 원자와 O 원자 사이의 공유 결합이 끊어지고, 새로운 결합이 형성되어 H_2 기체와 O_2 기체가 발생한다. 이를 통해 화학 결합(공유 결합)에 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

113 **모범 답안** 순수한 물은 거의 전류가 흐르지 않으므로 물에 전류가 흘러 전기 분해 할 수 있도록 전해질인 황산 나트륨을 소량 넣어 녹여 준다.

채점 기준	배점
물에 황산 나트륨(전해질)을 넣으면 전류가 흐르게 되어 전기 분해 할 수 있게 된다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
그 외의 경우	0 %

114 AB는 A^{2+}과 B^{2-}이 결합한 이온 결합 물질이고, CD는 C^+과 D^-이 결합한 이온 결합 물질이다. A^{2+}, B^{2-}, C^+, D^- 모두 Ne(네온)과 같은 전자 배치를 이루므로 A는 Mg(마그네슘), B는 O(산소), C는 Na(나트륨), D는 F(플루오린)이다.
ㄱ. A(Mg)와 C(Na)는 금속 원소이고, B(O)와 D(F)는 비금속 원소이다.

바로알기 | ㄴ. A와 C는 3주기, B와 D는 2주기이다.

115 (가)는 H_2O(물)의 공유 결합 과정을, (나)는 NaCl(염화 나트륨)의 이온 결합 과정을 나타낸 것이다.
ㄱ. A_2B 분자는 A 원자 2개가 B 원자와 각각 전자쌍을 1개씩 공유하므로 공유 전자쌍 수는 2이다.
바로알기 | ㄴ. CD를 형성할 때 C는 전자를 잃고 양이온이 되고, D는 전자를 얻어 음이온이 되므로 전자는 C에서 D로 이동한다.
ㄷ. 이온 결합 물질은 액체 상태(용융액)에서 이온이 자유롭게 이동할 수 있어 전기 전도성이 있다. 따라서 액체 상태에서 CD는 전기 전도성이 있다.

116 ㄱ. 순수한 물은 전류가 거의 흐르지 않으므로 물의 전기 분해 실험에서 전류를 흐르게 하려면 황산 나트륨과 같은 전해질을 넣어 준다.
ㄴ. 물을 전기 분해 하면 (−)극에서는 H_2O 분자가 전자를 얻어 H_2 기체가 발생하고, (+)극에서는 H_2O 분자가 전자를 잃어 O_2 기체가 발생한다. 이때 발생한 기체의 부피비는 $H_2 : O_2 = 2 : 1$이다.
바로알기 | ㄷ. (+)극에서 모인 기체는 O_2이다. 불꽃을 가까이 가져가면 '퍽' 소리가 나며 타는 기체는 H_2이다.

117 ① 전해질도 전기 분해 될 수 있으므로 물보다 쉽게 전기 분해되지 않는 물질로 넣어 준다. 황산 나트륨이나 수산화 나트륨은 물보다 쉽게 전기 분해 되지 않아 전해질로 적합하다.
바로알기 | ②, ③ 물을 전기 분해 하면 (−)극에서는 H_2O 분자가 전자를 얻는 환원 반응이 일어나 H_2 기체가 발생하고, (+)극에서는 H_2O 분자가 전자를 잃어 산화 반응이 일어나 O_2 기체가 발생한다.
④, ⑤ 전체 화학 반응식은 $2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$이다. 이때 O_2 기체와 H_2 기체의 계수비가 1 : 2이므로 기체의 몰비도 $A(O_2) : B(H_2) = 1 : 2$이다.

118 모범 답안 물에 전류를 흘려주면 전자의 이동으로 물 분자를 구성하는 수소 원자와 산소 원자의 결합이 끊어진다. 이를 통해 수소 원자와 산소 원자의 결합이 형성될 때 전자가 관여하며, 화학 결합에는 전기적 성질이 있다는 것을 알 수 있다.

채점 기준	배점
물의 전기 분해 실험 결과를 포함하여 화학 결합에 전기적 성질이 있다고 옳게 서술한 경우	100 %
화학 결합에 전기적 성질이 있다고만 서술한 경우	50 %

119 ㄴ. 전극 A에서 발생한 기포의 양이 전극 B보다 많으므로 전극 A에서는 H_2 기체가 발생하고, 전극 B에서는 O_2 기체가 발생하였음을 알 수 있다. H_2 기체는 (−)극에서, O_2 기체는 (+)극에서 발생하므로 A는 (−)극, B는 (+)극이다.
ㄷ. 물에 전류를 흘려주면 전자의 이동으로 물 분자를 구성하는 H(수소) 원자와 O(산소) 원자의 결합이 끊어진다. 이를 통해 공유 결합에는 전자가 관여하며 전기적 성질이 있다는 것을 알 수 있다.
바로알기 | ㄱ. (−)극에서는 H_2O 분자가 전자를 얻어 H_2 기체가 발생하고, (+)극에서는 H_2O 분자가 전자를 잃어 O_2 기체가 발생한다.

120 ㄱ. 기체 A의 부피가 기체 B의 부피보다 작으므로 기체 A가 O_2이고, 기체 B가 H_2임을 알 수 있다.
바로알기 | ㄴ. 물을 전기 분해 하면 (−)극에서는 H_2 기체가 발생하고, (+)극에서는 O_2 기체가 발생한다. 따라서 기체 $A(O_2)$에 연결된 전극은 (+)극이다.
ㄷ. $\frac{\text{기체 A의 질량}}{\text{기체 B의 질량}} = \frac{1\ \text{mol} \times 32\ \text{g/mol}}{2\ \text{mol} \times 2\ \text{g/mol}} = 8$이다.

121 ㄱ. (−)극에서 생성된 A는 Na이고, (+)극에서 생성된 B는 Cl_2이다. Cl_2는 공유 결합 물질이다.
ㄴ. 염화 나트륨 용융액의 전기 분해 반응에서 화학 반응식은 $2NaCl(l) \longrightarrow 2Na(s) + Cl_2(g)$이므로 생성된 물질의 몰비는 $Na : Cl_2 = 2 : 1$이다. 즉, $a = 2$, $b = 1$이다.
ㄷ. NaCl이 형성될 때 전자는 Na에서 Cl로 이동하며, NaCl을 구성하는 양이온(Na^+)과 음이온(Cl^-) 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.

122 모범 답안 (1) $2NaCl(l) \longrightarrow 2Na(s) + Cl_2(g)$
(2) (−)극에서는 Na^+이 전자를 얻는 반응이 일어나 Na이 생성되고, (+)극에서는 Cl^-이 전자를 잃는 반응이 일어나 Cl_2 기체가 발생한다.

채점 기준		배점
(1)	화학 반응식을 옳게 쓴 경우	40 %
	그 외의 경우	0 %
(2)	(−)극과 (+)극에서 생성되는 물질의 종류를 모두 옳게 쓰고, 그 까닭을 각 극에서 일어나는 반응과 관련지어 옳게 서술한 경우	60 %
	(−)극과 (+)극에서 생성되는 물질의 종류만 옳게 쓴 경우	30 %

✓ 개념 보충

염화 나트륨 용융액의 전기 분해 반응에서 화학 반응식
염화 나트륨(NaCl) 용융액을 전기 분해 하면 각 전극에서 일어나는 반응과 전체 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$$(-)\text{극: } 2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na$$
$$(+)\text{극: } 2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$$
$$\text{전체 반응: } 2NaCl(l) \longrightarrow 2Na(s) + Cl_2(g)$$

123 염화 칼슘($CaCl_2$) 용융액의 전기 분해 반응에서 화학 반응식은 $CaCl_2(l) \longrightarrow Ca(s) + Cl_2(g)$이다.
ㄴ, ㄷ. 이온 결합 물질인 염화 칼슘 용융액에 전류를 흘려주면 (−)극에서는 Ca^{2+}이 전자를 얻어 Ca이 생성되고, (+)극에서는 Cl^-이 전자를 잃어 Cl_2 기체가 발생한다. 이를 통해 이온 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.
바로알기 | ㄱ. (−)극에서는 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

124

구분	(가) $H_2O(l)$		(나) $NaCl(l)$	
	(−)극	(+)극	(−)극	(+)극
생성물	H_2	O_2	Na	Cl_2
물질의 몰비	2	1	2	1
반응	전자 얻음 ➡ 환원	전자 잃음 ➡ 산화	전자 얻음 ➡ 환원	전자 잃음 ➡ 산화

① 물에 전해질인 Na_2SO_4(황산 나트륨)을 녹이면 수용액에 Na^+과 SO_4^{2-}이 존재하므로 전기 전도성이 있고, 이온 결합 물질인 NaCl(염화 나트륨)은 액체 상태일 때 Na^+과 Cl^-이 자유롭게 이동할 수 있어 전기 전도성이 있다. 따라서 전원 장치의 전원을 켜면 전류가 흐른다.
⑥ H_2O의 전기 분해 실험으로 공유 결합에 전자가 관여한다는 것을 알 수 있고, NaCl 용융액의 전기 분해 실험으로 이온 결합에 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.
바로알기 | ② (−)극에서는 환원 반응이 일어난다.
③ (+)극에서는 전자를 잃는 반응이 일어난다.
④ (가)의 (−)극에서는 H_2 기체가 발생하고, (나)의 (−)극에서는 Na이 생성된다.
⑤ 각 전극에서 생성된 물질의 몰비는 (−)극 : (+)극 = 2 : 1이다.

125 ① F(플루오린)은 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 가장 큰 원자이므로 전기음성도가 가장 크다.

바로알기 | ② F(플루오린)의 전기음성도를 4.0으로 정하고, 이를 기준으로 다른 원자들의 전기음성도를 상대적으로 정하였다.

③ 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 대체로 증가한다.

⑤ 전기음성도는 공유 결합을 형성할 때 각 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도를 상대적으로 비교하여 정한 값이다.

⑥ 일반적으로 전자를 잃기 쉬운 금속 원소는 전자를 얻기 쉬운 비금속 원소보다 전기음성도가 작다.

126 ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가한다. 따라서 C(O)>A(Li)이다.

ㄴ. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 감소한다. 따라서 B(Be)>E(Mg)이다.

바로알기 | ㄷ. 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 증가한다. 따라서 전기음성도는 D>B>E, D>F>E이므로 전기음성도 차는 |D−E|>|F−B|이다.

127 **모범 답안** X, Y, Z, W, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 증가한다. 따라서 전기음성도 큰 X, Y, Z, W 순으로 원자 번호도 크다.

채점 기준	배점
W~Z를 원자 번호가 큰 순서대로 옳게 나열하고, 그 까닭을 전기음성도의 주기성과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
W~Z를 원자 번호가 큰 순서대로 옳게 나열한 경우	40 %

128 **바로알기 |** ㄱ. 2주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 증가하므로 원자 번호는 F(플루오린)>Y>X>C(탄소)이다. 따라서 X는 N(질소), Y는 O(산소)이며, 원자가 전자 수는 X(N)가 5, Y(O)가 6이다.

ㄷ. Y(O)와 F으로 구성된 화합물은 OF_2이므로 공유 결합 물질이다.

129 ㄱ. F(플루오린)의 전기음성도는 4.0이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가한다. 같은 주기에서 원자 번호는 17족 원소가 1족 원소보다 크므로 (가)는 17족 원소이고, (나)는 1족 원소이다.

바로알기 | ㄴ. B와 D는 같은 3주기 원소이므로 전기음성도가 큰 B가 D보다 원자 번호가 크다.

130 A~D 중 하나는 F(플루오린)이므로 전기음성도는 4.0이며, 가장 큰 값이다. B가 F(플루오린)일 때 A와 B의 전기음성도 차가 2.1이므로 A의 전기음성도는 1.9이고, B와 C의 전기음성도 차가 2.5이므로 C의 전기음성도는 1.5이다. 이때 D의 전기음성도는 주어진 조건을 만족하는 값이 없으므로 성립하지 않는다.

C가 F일 때 B와 C의 전기음성도 차가 2.5이므로 B의 전기음성도는 1.5이다. A와 B의 전기음성도 차가 2.1이고 전기음성도가 B>A이므로 이를 만족하는 A의 전기음성도 값은 없다.

반면 D가 F일 때 A~D의 전기음성도는 각각 1.3, 3.4, 0.9, 4.0이며, 주어진 조건을 모두 만족한다.

ㄴ. 전기음성도는 D>B>A>C이다. 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 증가하므로 D는 F(플루오린), B는 O(산소), A는 Mg(마그네슘), C는 Na(나트륨)이다. A(Mg)와 D(F)가 옥텟 규칙을 만족하며 만드는 화합물은 이온 결합 물질인 AD_2(MgF_2)이다. 따라서 AD_2에서 몰비는 A : D=1 : 2이다.

바로알기 | ㄱ. 원자 번호는 C(Na)>D(F)이다.

ㄷ. A와 C의 전기음성도 차는 0.4이고, B와 D의 전기음성도 차는 0.6이다.

131 n=2, m=1인 경우, A^{2-}과 C^+의 전자 수의 합은 20이므로 A^{2-}과 C^+은 모두 Ne(네온)과 같은 전자 배치를 이룬다. 따라서 A^{2-}은 O^{2-}이고, C^+은 Na^+이다. B^-과 D^{2+}의 전자 껍질 수가 같으므로 B^-은 F^-이고, D^{2+}은 Mg^{2+}이다. 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도가 커지므로 전기음성도는 A(O)>D(Mg)>C(Na)이다. 따라서 |A−C|>|A−D|를 만족하므로 성립한다.

반면 n=1, m=2인 경우, A^-과 C^{2+}의 전자 수의 합은 20이므로 A^-과 C^{2+}은 모두 Ne(네온)과 같은 전자 배치를 이룬다. 따라서 A^-은 F^-이고, C^{2+}은 Mg^{2+}이다. B^{2-}과 D^+의 전자 껍질 수가 같으므로 B^{2-}은 O^{2-}이고, D^+은 Na^+이다. 이때 전기음성도는 A(F)>C(Mg)>D(Na)이므로 |A−C|>|A−D|를 만족하지 않는다.

ㄱ. n=2, m=1이므로 $n>m$이다.

ㄴ. A는 O, B는 F, C는 Na, D는 Mg이므로 A~D 중에서 원자 번호는 D가 가장 크다.

바로알기 | ㄷ. 전기음성도는 B>A이다.

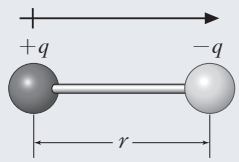
132 ① 결합하는 두 원자의 전기음성도 차가 0이면 무극성 공유 결합이다. 무극성 공유 결합은 전기음성도가 같아 공유 전자쌍이 어느 한 원자 쪽으로 치우치지 않는다. 즉, 원자가 부분적인 전하를 띠지 않는다.

② 극성 공유 결합에서는 전기음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

④ 쌍극자 모멘트(μ)의 크기는 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)를 곱한 값이다.

✓ 개념 보충

쌍극자 모멘트(μ)



쌍극자 모멘트의 크기는 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)를 곱한 값이다.

$$\mu = q \times r$$

⑥ 쌍극자 모멘트는 전기음성도가 작아 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자에서 전기음성도가 커 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다.

바로알기 | ③ 극성 공유 결합에서는 결합하는 두 원자의 전기음성도 차가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다.

⑤ 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크면 극성 공유 결합이다. 두 원자의 전기음성도가 다르므로 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 원자 쪽으로 치우친다.

133 F_2(F−F)과 O_2(O=O)의 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 무극성 공유 결합이다.

134 ㄴ. 전기음성도는 Cl>H이므로 HCl에서 전기음성도가 큰 Cl는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

ㄷ. 극성 공유 결합에서는 결합하는 두 원자의 전기음성도 차가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다. 전기음성도가 F>Cl>H이므로 결합의 극성은 HF>HCl이다.

바로알기 | ㄱ. 전기음성도는 F>H이므로 HF에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 F 원자 쪽으로 치우친다.

135 ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 증가하고, 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 감소한다. 즉, 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위로 갈수록 전기음성도가 증가하므로 전기음성도는 C>E이다.

바로알기 | ㄴ. F−D 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

ㄷ. 전기음성도는 D>B이므로 BD_3에서 전기음성도가 큰 D는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 B는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

136 (가)는 전기음성도 차가 0이므로 X는 H(수소)이고, (다)는 전기음성도 차가 가장 크므로 Z는 F(플루오린)이다. 따라서 Y는 Cl(염소)이다.

ㄴ. (가)는 전기음성도 차가 0이므로 무극성 공유 결합이 있다.

ㄷ. 전기음성도가 Z(F)>X(H)이므로 XZ에서 전기음성도가 큰 Z(F)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 X(H)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 따라서 쌍극자 모멘트는 X(H) 원자에서 Z(F) 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다.

$\overrightarrow{X-Z}$ 또는 $\overrightarrow{H-F}$

바로알기 | ㄱ. Y는 Cl이다.

137 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록, 위쪽으로 갈수록 전기음성도는 증가한다. 따라서 전기음성도는 F>O>Mg>Na이고, A는 Na(나트륨), B는 Mg(마그네슘), C는 O(산소), D는 F(플루오린)이다.

ㄱ. A는 Na이고, B는 Mg이므로 같은 3주기 원소이다.

ㄴ. 전기음성도가 D>C이므로 CD_2에서 전기음성도가 큰 D는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 C는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

바로알기 | ㄷ. $C_2(O_2)$와 $D_2(F_2)$는 모두 무극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트는 0으로 같다.

138 X는 전자 수가 6이므로 C(탄소)이고, Y는 전자 수가 8이므로 O(산소)이다.

ㄱ, ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 크므로 전기음성도는 Y(O)>X(C)이다. 따라서 X−Y 결합에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 Y 원자 쪽으로 치우친다.

ㄴ. $Y_2(O_2)$는 같은 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 무극성 공유 결합이다.

139 **모범 답안** 전기음성도는 Y>X이므로 XY_2에서 전기음성도가 큰 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 쌍극자 모멘트는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 X 원자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 Y 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다.

채점 기준	배점
전기음성도를 이용하여 부분적인 전하를 구분하고, 부분적인 전하와 관련지어 결합의 쌍극자 모멘트 화살표의 방향을 옳게 서술한 경우	100 %
전기음성도만 비교하여, 쌍극자 모멘트 화살표 방향을 옳게 서술한 경우	60 %
쌍극자 모멘트 화살표 방향만 옳게 서술한 경우	30 %

140 AB는 이온 결합 물질로 A는 Na(나트륨)이고, B는 F(플루오린)이다. C_2D는 공유 결합 물질로 C는 H(수소)이고, D는 O(산소)이다.

② B(F)와 C(H)는 비금속 원소의 원자이므로 CB(HF)는 전자쌍을 공유하여 형성되는 공유 결합 물질이다.

⑥ $B_2(F_2)$와 $C_2(H_2)$는 모두 무극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트는 0으로 같다. CB(HF)는 극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다. 따라서 B_2, C_2, CB 중 결합의 쌍극자 모멘트는 CB가 가장 크다.

바로알기 | ① F의 전기음성도는 가장 크다. 따라서 전기음성도는 B(F)>A(Na)이다.

③ C_2D에서 C−D 결합이 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

④ 전기음성도는 D>C이므로 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 D 원자 쪽으로 치우친다.

⑤ 전기음성도는 B(F)>D(O)이므로 $DB_2(OF_2)$에서 전기음성도가 큰 B는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 D는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

141 X~Z는 각각 O(산소), F(플루오린), C(탄소)이다. 따라서 XY_2는 OF_2이고, ZX_2는 CO_2이다.

ㄷ. $Y_2(F_2)$에는 무극성 공유 결합이 있으므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

바로알기 | ㄱ. ZX_2(X=Z=X)에서 Z=X 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합만 있다.

ㄴ. 극성 공유 결합에서는 결합하는 두 원자의 전기음성도 차가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다. 전기음성도는 Y(F)>X(O)>Z(C)이므로 X(O)와 Y(F)의 전기음성도 차가 Z(C)와 Y(F)의 전기음성도 차보다 작으므로 결합의 쌍극자 모멘트도 작다.

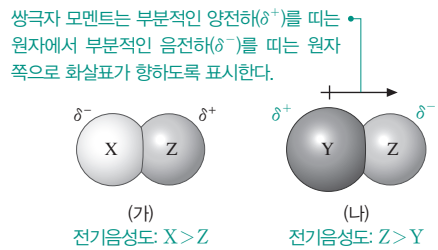
142 (가)에서 X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 Y>X이다. (나)에서 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기음성도는 Z>Y이다. 따라서 전기음성도는 Z>Y>X이다.

ㄱ. (가)의 결합은 극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

바로알기 | ㄴ. 전기음성도가 가장 큰 원자는 Z이다.

ㄷ. 전기음성도가 클수록 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다. 전기음성도가 Z>X이므로 X와 Z가 공유 결합을 형성할 때, Z가 X보다 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다.

143



ㄷ. (가)에서 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기음성도는 X>Z이다. (나)에서 화살표 방향이 Y 원자에서 Z 원자를 향하고 있으므로 전기음성도는 Z>Y이다. 따라서 전기음성도는 X>Z>Y이다.

바로알기 | ㄱ. (가)에서 전기음성도가 X>Z이므로 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 X 원자 쪽으로 치우친다.

ㄴ. 전기음성도가 Z>Y이므로 (나)에서 전기음성도가 큰 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

144 ㄴ. 쌍극자 모멘트(μ)의 크기는 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)를 곱한 값이다. 따라서 r가 커질수록 쌍극자 모멘트가 커진다.

ㄷ. 쌍극자 모멘트가 커질수록 대체로 결합의 극성이 커진다. 따라서 전하량이 커질수록 쌍극자 모멘트가 커지므로 결합의 극성이 커진다.

바로알기 | ㄱ. 쌍극자 모멘트는 양전하($+q$)에서 음전하($-q$) 쪽으로 화살표가 향하도록 표시하므로 ㉠이다.

145 (가)는 무극성 공유 결합, (나)는 극성 공유 결합, (다)는 이온 결합을 나타낸 것이다.

① (가)(Cl_2)의 공유 결합은 같은 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 무극성 공유 결합이고, 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

② (나)에서 쌍극자 모멘트를 나타내는 화살표가 H 원자에서 Cl 원자 쪽으로 향하므로 전기음성도는 Cl>H이다. 극성 공유 결합에서 공유 전자쌍은 전기음성도가 큰 원자 쪽으로 치우치므로 공유 전자쌍은 Cl 원자 쪽으로 치우친다.

③ NaCl은 이온 결합 물질로, Na^+(나트륨 이온)과 Cl^-(염화 이온) 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.

⑤ (가)는 무극성 공유 결합이므로 두 원자의 전기음성도 차가 0이다. (나)는 극성 공유 결합이므로 두 원자의 전기음성도 차가 0보다 크다. 따라서 결합하는 두 원자의 전기음성도 차는 (나)>(가)이다.

바로알기 | ④ (가)는 무극성 공유 결합이고, (나)는 극성 공유 결합이다.

✓ 개념 보충

전기음성도 차에 따른 화학 결합의 구분

- 결합을 이루는 두 원자 사이의 전기음성도 차에 따라 공유 결합의 종류가 달라진다.
  - ➡ 두 원자의 전기음성도 차가 0인 경우: 무극성 공유 결합
  - ➡ 두 원자의 전기음성도 차가 0이 아닌 경우: 극성 공유 결합
    - 전자가 완전히 이동하지 않고 한쪽으로 치우쳐 부분적인 전하(δ^+, δ^-)가 나타난다.
- 두 원자 사이의 전기음성도 차가 매우 클 때에는 전기음성도가 작은 원자로부터 큰 원자로 전자가 완전히 이동하여 양이온과 음이온이 형성된다. ➡ 이온 결합

전기음성도 차	0이다.	0보다 크다.	매우 크다.
예	Cl Cl Cl_2	δ^+ H Cl δ^- HCl	Na^+ Cl^- NaCl
결합의 종류	무극성 공유 결합	극성 공유 결합	이온 결합

05 루이스 전자점식

빈출 자료 보기 42쪽

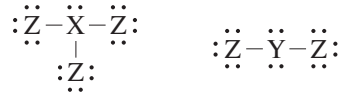
146 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ×

146 W는 원자가 전자 수가 4인 C(탄소), X는 원자가 전자 수가 5인 N(질소), Y는 원자가 전자 수가 6인 O(산소), Z는 원자가 전자 수가 7인 F(플루오린)이다.

(3) $X_2(N_2)$에는 삼중 결합(N≡N)이 있다.

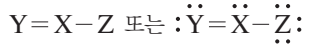
바로알기 | (1) W(C)의 원자가 전자 수가 4이므로 양성자수는 6이고, Y(O)의 원자가 전자 수가 6이므로 양성자수는 8이다.

(4) XZ_3와 YZ_2의 루이스 구조는 다음과 같다.



XZ_3의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{10}{3}$이고, YZ_2의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{8}{2}=4$이다.

(5) 루이스 구조를 나타낼 때에는 공유 전자쌍은 결합선(−)으로 나타낸다. 이때 단일 결합은 결합선 1개, 이중 결합은 결합선 2개, 삼중 결합은 결합선 3개로 나타낸다. 비공유 전자쌍은 점 2개를 한 쌍으로 표시하거나 생략할 수 있다. 따라서 YXZ의 루이스 구조는 다음과 같다.



(6) WZ_a는 CF_4이므로 a는 4이고, WY_b는 CO_2이므로 b는 2이다. 따라서 $a=2b$이다.

난이도별 필수 기출 43쪽~47쪽

147 ③, ④ 148 ③, ⑥ 149 ④
150 해설 참조 151 ④ 152 ③ 153 ①
154 해설 참조 155 해설 참조 156 ③
157 ③, ⑤ 158 ③ 159 해설 참조 160 ③
161 ④ 162 ⑤ 163 해설 참조 164 ③
165 해설 참조 166 ① 167 ① 168 ②, ④
169 ③, ④ 170 ③ 171 ④ 172 ① 173 ③
174 ②

147 ② 같은 족에서는 원자가 전자 수가 같으므로 표시되는 점의 개수가 같다.

⑤, ⑥ 루이스 구조는 루이스 전자점식에서 전자 배치를 간단하게 나타내기 위해 공유 전자쌍을 결합선(−)으로 나타낸다. 이때 단일 결합은 결합선 1개, 이중 결합은 결합선 2개, 삼중 결합은 결합선 3개로 나타내므로 루이스 전자점식과 루이스 구조로 단일 결합과 다중 결합을 구분할 수 있다.

바로알기 | ③ 원자의 루이스 전자점식을 나타낼 때에는 원소 기호 상하좌우에 원자가 전자를 1개씩 먼저 찍은 다음, 다섯 번째 전자부터 이미 찍은 점과 합쳐서 쌍을 이루도록 표시한다.

④ 분자의 루이스 전자점식을 나타낼 때에는 공유 전자쌍은 두 원자의

원소 기호 사이에 표시하고, 비공유 전자쌍은 각 원소 기호에 표시한다.

148 **바로알기 |**

① $:\ddot{\underset{\cdot}{\underset{\cdot}{O}}}\cdot$ ② $H:H$

④ $:\ddot{F}:\ddot{O}:\ddot{F}:$ ⑤ $H:\underset{\cdot\cdot}{B}:H$ (H 아래)

149 이온의 루이스 전자점식은 원자의 루이스 전자점식에서 이동한 전자 수만큼 빼거나 더하여 표시한다. 또한 이온 결합 물질은 대괄호([ ])를 사용하고, 대괄호의 오른쪽 위에 각 이온의 전하를 표시한다. 이때 양이온은 대괄호를 생략하여 나타낼 수도 있다.
NaCl의 루이스 전자점식은 다음과 같다.

$$[Na]^+[:\ddot{Cl}:]^- \text{ 또는 } Na^+[:\ddot{Cl}:]^-$$

150 전기음성도가 Cl>H이므로 HCl에서 전기음성도가 큰 Cl는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트는 H 원자에서 Cl 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다.

답 $\overset{+\longrightarrow}{H-Cl}$

151 H, C, O의 원자가 전자 수는 각각 1, 4, 6이다. HCOOH에서 C와 O는 옥텟 규칙을 만족하므로 C와 O 주위에 8개의 전자를 점이나 결합선으로 표시한다. 이때 O에는 비공유 전자쌍이 2개씩 있어야 한다.

152 4가지 분자의 루이스 구조를 비공유 전자쌍까지 나타내면 다음과 같다.

$$H-H \quad :N\equiv N: \quad :\ddot{O}=\ddot{O}: \quad :\ddot{F}-\ddot{F}:$$

ㄱ. 다중 결합이 있는 분자는 N≡N, O=O 2가지이다.
ㄴ. 비공유 전자쌍이 있는 분자는 N≡N, O=O, F−F 3가지이다.
바로알기 | ㄷ. N≡N, O=O, F−F에서 N, O, F 주위에 8개의 전자가 점이나 결합선으로 표시되어 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

153 ㄱ. 비공유 전자쌍 수는 Z_2가 6이고, Y_2가 2이다.
바로알기 | ㄴ. 공유 전자쌍 수는 XZ_3와 YZ_3가 모두 3이다.
ㄷ. Y_2Z_4의 루이스 구조는 다음과 같다.

$$\begin{array}{c} :\ddot{Z}: \\ | \\ :\ddot{Z}-\ddot{Y}-\ddot{Y}-\ddot{Z}: \\ | \\ :\ddot{Z}: \end{array}$$

따라서 Y_2Z_4에는 단일 결합만 있다.

154 X~Z의 원자가 전자 수는 각각 5, 6, 7이고, X~Z의 홀전자 수는 각각 3, 2, 1이다. 따라서 X_2, Z_2, XZ_3의 루이스 전자점식은 다음과 같다.

모범 답안

분자	X_2	Z_2	XZ_3
루이스 전자점식	$:\ddot{X}\vdots\ddot{X}:$	$:\ddot{Z}:\ddot{Z}:$	$:\ddot{Z}:\underset{\cdot\cdot}{X}:\ddot{Z}:$ ($:Z:$ 아래)

채점 기준	배점
X_2, Z_2, XZ_3의 루이스 전자점식을 모두 옥텟 규칙을 만족하게 나타낸 경우	100 %
X_2, Z_2, XZ_3 중 2개만 루이스 전자점식을 옥텟 규칙을 만족하게 나타낸 경우	60 %
X_2, Z_2, XZ_3 중 1개만 루이스 전자점식을 옥텟 규칙을 만족하게 나타낸 경우	30 %

155 루이스 전자점식으로 공유 전자쌍 수를 알 수 있으며, YZ_2와 ZXY의 루이스 전자점식은 다음과 같다.

$$:\ddot{Z}:\ddot{Y}:\ddot{Z}: \qquad :\ddot{Z}:\ddot{X}::\ddot{Y}:$$

모범 답안 ZXY>YZ_2, YZ_2에는 Y−Z 결합이 단일 결합으로 2개 있으므로 총 공유 전자쌍 수는 2이다. ZXY에는 Z−X 결합이 단일 결합으로 1개, X=Y 결합이 이중 결합으로 1개 있으므로 총 공유 전자쌍 수는 3이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 ZXY>YZ_2이다.

채점 기준	배점
공유 전자쌍 수를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
공유 전자쌍 수만 옳게 비교한 경우	40 %

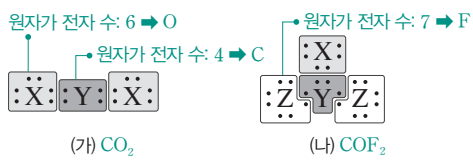
156 ㄱ. Y에서 ㉣에 점이 없으므로 a는 1이다.
ㄴ. 원자가 전자 수는 ㉠~㉣에 표시한 점의 수를 모두 더한 값이므로 X는 6이고, Y는 3이다.
바로알기 | ㄷ. Cl의 홀전자 수는 1이고, X(O)의 홀전자 수는 2이므로 XCl_m은 $XCl_2(OCl_2)$이다. 마찬가지로 Y(B)의 홀전자 수는 3이므로 YCl_n은 $YCl_3(BCl_3)$이다. 따라서 $\frac{n}{m}=\frac{3}{2}$이다.

157

분자	(가) HF	(나) H_2O	(다) NH_3
루이스 전자점식	$H:\ddot{F}:$	$H:\ddot{O}:H$	$H:\underset{\cdot\cdot}{\underset{H}{N}}:H$
공유 전자쌍 수	1	2	3
비공유 전자쌍 수	3	2	1

① (가)에서 공유 전자쌍 수는 1이고, 비공유 전자쌍 수는 3이다.
② (나)의 중심 원자인 O(산소)에 있는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 2로 같다.
④ (가)~(다)에서 결합은 모두 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.
⑥ (가)~(다)에서 F, O, N 주위에 8개의 전자가 점으로 표시되어 있으므로 (가)~(다)에서 F, O, N는 옥텟 규칙을 만족한다.
바로알기 | ③ (다)에서 공유 전자쌍 수는 3이고, 비공유 전자쌍 수는 1이다.
⑤ 공유 전자쌍 수는 (나)가 2이고, (다) 3이다.

158



ㄱ. 원자가 전자 수는 X(O)가 6이고, Y(C)가 4이다.
ㄷ. (가)와 (나)에서 X~Z 주위에 8개의 전자가 점으로 표시되어 있으므로 X~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.
바로알기 | ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 모두 4이다.

159

분자	(가)	(나)	(다)
루이스 구조	H−X−H H−$\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\text{X}}}$−H	X=Y=X $:\ddot{\text{X}}$=Y=$\ddot{\text{X}}:$	H−Y≡Z H−Y≡Z:
비공유 전자쌍 수	2	4	1

모범 답안 (가): 2, (나): 4, (다): 1, (다)의 Y≡Z 결합에서 두 원자가 옥텟 규칙을 만족하려면 Y의 비공유 전자쌍 수는 0이고, Z의 비공유 전자쌍 수는 1이다. (나)에서 Y의 비공유 전자쌍 수가 0이므로 X의 비공유 전자쌍 수는 2이다. 따라서 (가)~(다)의 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 4, 1이다.

채점 기준	배점
(가)~(다)의 비공유 전자쌍 수를 각각 옳게 쓰고, 그 까닭을 옥텟 규칙과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(다)의 비공유 전자쌍 수만 옳게 쓴 경우	40 %

160

분자	C_2H_2	C_2H_5OH	C_2H_6
루이스 구조	H−C≡C−H	H H H−C−C−$\ddot{\text{O}}$−H H H	H H H−C−C−H H H

O(산소)는 다른 원자와 공유 결합을 형성할 때 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍이 모두 있다. 반면 C(탄소)와 H(수소)는 다른 원자와 공유 결합을 형성할 때 비공유 전자쌍이 없고, 공유 전자쌍만 있다.

161

(가)~(다)에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)에서 원자가 전자 수가 1인 4개의 H와 결합한 X는 홀전자가 4개 있어야 한다. 따라서 X는 C(탄소)이다.

(다)에서 C−H 결합이 2개 있으므로 C=Y 결합은 이중 결합이어야 하며, Y는 비공유 전자쌍이 2개 있어야 하므로 Y는 O(산소)이다. (나)에서 X와 Y가 각각 C와 O일 때, 옥텟 규칙을 만족하는 Z는 F(플루오린)이다.

분자	(가) CH_4	(나) CH_3OF	(다) CH_2O
루이스 구조	H H−X−H H	H H−X−Y−Z H	Y H−X−H
실제 루이스 구조	H H−C−H H	H H−C−$\ddot{\text{O}}$−$\ddot{\text{F}}$: H	:O: H−C−H
비공유 전자쌍 수	0	5	2
공유 전자쌍 수	4	5	4

ㄱ. 원자가 전자 수는 X(C)가 4이고, Y(O)가 6이다.

ㄴ. (나)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{5}{5}=1$이고, (다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$이다.

바로알기 | ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가하므로 전기음성도는 Z(F)>X(C)이다.

다른 풀이 F은 공유 전자쌍을 가장 강하게 끌어당기는 원소로, 전기음성도가 4.0으로 가장 크다. 따라서 전기음성도는 Z(F)>X(C)이다.

162

분자	(가) CH_4	(나)CH_3COOH	(다) C_2H_5OH
루이스 구조	H H−C−H H	H O H−C−C−O−H H	H H H−C−C−O−H H H
	H H−C−H H	H :O: H−C−C−$\ddot{\text{O}}$−H H	H H H−C−C−$\ddot{\text{O}}$−H H H

ㄱ. (가)의 공유 전자쌍 수와 (나)의 비공유 전자쌍 수는 4로 같다.

ㄴ. 비공유 전자쌍 수비는 (나) : (다)=4 : 2=2 : 1이다.

ㄷ. 무극성 공유 결합이 있는 분자는 C−C 결합이 있는 (나)와 (다) 2가지이다.

163

분자	(가) C_2H_2	(나) C_2H_4	(다) C_2H_6
루이스 구조	H−C−C−H	H H C−C H H	H H H−C−C−H H H
	H−C≡C−H	H H C=C H H	H H H−C−C−H H H

모범 답안 (가), (나), C와 H의 홀전자 수는 각각 4와 1이므로 C−H 결합은 단일 결합만 형성할 수 있다. 따라서 (가)에서는 C와 C의 결합이 삼중 결합(C≡C)이고, (나)에서는 C와 C의 결합이 이중 결합(C=C)이다. 반면 (다)에서는 C와 C의 결합이 단일 결합(C−C)이므로 다중 결합이 없다.

채점 기준	배점
다중 결합이 있는 분자를 모두 찾아 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
다중 결합이 있는 분자만 모두 찾아 옳게 쓴 경우	40 %

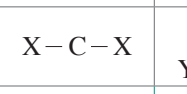
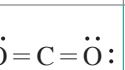
164

분자	루이스 구조	중심 원자	공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
CO_2	$:\ddot{\text{O}}$=C=$\ddot{\text{O}}:$	C	4	4
C_3H_8	H H H H−C−C−C−H H H H	C	10	0
CH_2O	:O: H−C−H	C	4	2
NF_3	$:\ddot{\text{F}}-\ddot{\text{N}}-\ddot{\text{F}}:$ $:\ddot{\text{F}}:$	N	3	10
FCN	$:\ddot{\text{F}}-\text{C}\equiv\text{N}:$	C	4	4

CO_2, C_3H_8, CH_2O, NF_3, FCN 중에서 다중 결합이 있는 분자는 CO_2, CH_2O, FCN이므로 $a=3$, 공유 전자쌍 수가 비공유 전자쌍 수보다 큰 분자는 C_3H_8, CH_2O이므로 $b=2$, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 NF_3이므로 $c=1$, 공유 전자쌍 수가 4 이상인 분자는

CO_2, C_3H_8, CH_2O, FCN이므로 $d=4$이다. 따라서 $\frac{ab}{c+d}=\frac{3\times2}{1+4}=\frac{6}{5}$이다.

[165~166]

분자	(가) CO_2	(나) COF_2	(다) O_2F_2
루이스 구조	X−C−X		Y−X−X−Y
실제 루이스 구조			
공유 전자쌍 수	4	4	3
비공유 전자쌍 수	4	8	10

165 모범 답안 X: 6, Y: 7, (가)에서 옥텟 규칙을 만족하므로 중심 원자인 C는 비공유 전자쌍이 없으며, C와 X의 결합은 이중 결합이다. 따라서 X에 있는 비공유 전자쌍 수는 2이다. (나)에서 C와 X의 결합은 이중 결합이므로 C와 Y의 결합은 단일 결합이며, Y에 있는 비공유 전자쌍 수는 3이다. 따라서 X와 Y는 각각 O(산소)와 F(플루오린)이며, 원자가 전자 수는 각각 6, 7이다.

채점 기준	배점
X와 Y의 원자가 전자 수를 모두 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
X와 Y의 원자가 전자 수만 옳게 쓴 경우	40 %

166 ㄱ. (가)와 (나)에는 이중 결합이 있다.

바로알기 | ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)=(나)>(다)이다.

ㄷ. 비공유 전자쌍 수비는 (가) : (나)=4 : 8=1 : 2이다.

167 원자 번호가 B>A이므로 A는 2주기 원소이고, B는 3주기 원소이다. 루이스 전자점식에서 $\frac{\text{전자쌍 수}}{\text{홀전자 수}}$는 A가 B의 9배이므로 A는 3이고, B는 $\frac{1}{3}$이다. 따라서 A는 17족 원소인 F(플루오린)이고, B는 15족 원소인 P(인)이다.

ㄱ. A(F)의 루이스 전자점식에서 전자쌍 수는 3이고, 홀전자 수는 1이다.

바로알기 | ㄴ. B(P)는 3주기 15족 원소이므로 원자가 전자 수는 5이다.

ㄷ. F의 전기음성도는 4.0으로 가장 크다. 따라서 전기음성도는 A(F)>B(P)이다.

168 화학 결합 모형에서 A~C는 각각 H, F, O이므로 화합물 AB는 HF이고, A_2C는 H_2O이다.

② 공유 전자쌍 수는 AB가 1이고, A_2C가 2이다.

④ $C_2(O=O)$의 공유 전자쌍 수는 2이다.

바로알기 | ① A~C의 원자가 전자 수는 각각 1, 7, 6이다.

③ 비공유 전자쌍 수는 AB(HF)가 3이고, $A_2C(H_2O)$가 2이다. 따라서 AB(HF)의 비공유 전자쌍 수는 $A_2C(H_2O)$의 1.5배이다.

⑤ 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 커지므로 전기음성도는 B(F)>C(O)이다. $CB_2(OF_2)$에서 전기음성도가 작은 C(O)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, 전기음성도가 큰 B(F)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

⑥ ACB(H−O−F)에는 다중 결합이 없다.

169 ③ X는 2주기 원소로 옥텟 규칙을 만족하므로 N(질소)이고, X(N)의 원자가 전자 수는 5이다.

④ X−H 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

바로알기 | ① X(N)에는 비공유 전자쌍이 1개 있다.

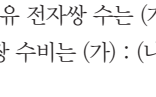
② 단일 결합만 있다.

⑤ 전기음성도가 X(N)>H이므로 X−H 결합에서 전기음성도가 큰 X(N)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

⑥ 비공유 전자쌍 수는 1이고, 공유 전자쌍 수는 3이다.

170 H(수소)와 Cl(염소)는 홀전자 수가 1이므로 중심 원자가 될 수 없다. 따라서 (가)에서 중심 원자는 X이고, X는 옥텟 규칙을 만족하므로 C(탄소)이다. (나)에서 X와 Y가 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 Y는 N(질소)이고, 분자식은 HCN이다. (나)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{1}{4}$이므로 (가)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{3}{4}$이다. 따라서 (가)의 분자식은 CH_3Cl이므로 $a=3$이고, $b=1$이다. c가 3이 아니며, Z가 옥텟 규칙을 만족하므로 (다)의 분자식은 CH_2O이고, Z는 O(산소)이다. 따라서 (다)(CH_2O)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{2}{4}=\frac{x}{4}$이므로 $x=2$이다. 따라서 $\frac{a+b+c}{x}=\frac{3+1+2}{2}=3$이다.

171

분자	(가) CHFO	(나) CH_2O	(다) COF_2
구성 원자 수	4	4	4
비공유 전자쌍 수	5	2	8
루이스 구조			
공유 전자쌍 수	4	4	4

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 모두 4이다.

ㄷ. (가)~(다)에는 C=O 결합이 모두 있다.

바로알기 | ㄴ. (다)의 구성 원소는 3가지이다.

172

분자	(가) CO_2	(나) FCN
루이스 구조	W−X−W	Y−X−Z
실제 루이스 구조		

ㄱ. X는 C(탄소)이고, Y는 F(플루오린) 혹은 N(질소)이다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기음성도가 증가한다. 따라서 F과 N의 전기음성도는 C보다 크므로 전기음성도는 Y>X이다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 이중 결합이, (나)는 삼중 결합이 있으므로 다중 결합이 있는 분자는 2가지이다.

ㄷ. (가)와 (나)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{4}{4}=1$로 같다.

173 ZX_4에서 X와 Z 모두 Ne(네온) 또는 Ar(아르곤)과 같은 전자 배치를 이루므로 Z는 Si(규소)이고, X는 F(플루오린) 또는 Cl(염소)이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17
2					·N·		:F·
3				·Si·		:S·	:Cl·

X가 F(플루오린)일 때 W는 같은 주기 원소이므로 N(질소)이다. 이때 원자가 전자 수는 Y>W(N)>Z(Si)이고, 전기음성도는 X(F)>Y>V이므로 Y는 Cl(염소)이며, V는 S(황)이다.

반면 X가 Cl일 때 W는 같은 주기 원소이므로 S이지만, Y와 V는 주어진 조건을 만족하지 않으므로 성립하지 않는다.

ㄱ. V는 S(황), W는 N(질소), X는 F(플루오린), Y는 Cl(염소), Z는 Si(규소)이다.

ㄴ. X(F)와 Z(Si)의 홀전자 수가 각각 1, 4이므로 Z(Si)는 4개의 X(F)와 결합하여 $ZX_4(SiF_4)$를 형성한다. Z−X 결합은 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

바로알기 | ㄷ. XWV(FNS)의 루이스 구조는 다음과 같다.

:F̈−N̈=S̈:

따라서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{6}{3}=2$이다.

174

C_2F_2, N_2F_2, O_2F_2 중 하나이다. ➡ N_2F_2

C_2F_4, N_2F_4, OF_2 중 하나이다. ➡ C_2F_4

분자	(가)	(나)	(다) NF_3
구성 원자 수비	1 : 1	1 : 2	1 : 3
$\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ (상댓값)	5	x 5	3
공유 전자쌍 수×비공유 전자쌍 수	$16N$	$36N$	yN
	32	72	30
	➡ $N=2$		➡ $y=15$

구성 원자 수는 6 이하이고 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하며, 구성 원자 수비 1 : 1을 만족하는 F(플루오린)과 2주기 원소로 구성된 분자 (가)는 C_2F_2, N_2F_2, O_2F_2 중 하나이다. 구성 원자 수비 1 : 2를 만족하는 F(플루오린)과 2주기 원소로 구성된 분자 (나)는 C_2F_4, N_2F_4, OF_2 중 하나이다. 구성 원자 수비 1 : 3을 만족하는 F(플루오린)과 2주기 원소로 구성된 분자 (다)는 NF_3만 존재한다.

(다)의 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{3}{10}$이고, (가)의 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{5}{10}=\frac{1}{2}$이며, (나)의 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{x}{10}$이다.

(가)는 C_2F_2, N_2F_2, O_2F_2 중에서 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$가 $\frac{1}{2}$인 분자이므로 N_2F_2이다. N_2F_2(F−N=N−F)의 공유 전자쌍 수는 4이고, 비공유 전자쌍 수는 8이다. 따라서 N_2F_2의 공유 전자쌍 수×비공유 전자쌍 수=4×8=32이므로 $N=2$이다. (다)(NF_3)의 공유 전자쌍 수는 3이고, 비공유 전자쌍 수는 10이다. 따라서 NF_3의 공유 전자쌍 수×비공유 전자쌍 수=3×10=30이므로 $y=15$이다.

(나)는 C_2F_4, N_2F_4, OF_2 중 하나인데, 공유 전자쌍 수×비공유 전자쌍 수가 각각 72, 70, 16이므로 (나)는 C_2F_4이다. C_2F_4의 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{x}{10}=\frac{6}{12}$이므로 $x=5$이다.

즉, $N\times\frac{x}{y}=2\times\frac{5}{15}=\frac{2}{3}$이다.

06 분자의 구조

빈출 자료 보기

49쪽

175 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) × (6) × (7) ○

175 한 원자는 다른 원자와 전자를 1개씩 공유하여 공유 전자쌍을 만들고, 공유하지 않는 2개의 전자는 비공유 전자쌍이 된다. 따라서 중심 원자에 있는 (공유 전자쌍 수)+(비공유 전자쌍 수×2)는 중심 원자의 원자가 전자 수와 같다. (가)는 중심 원자의 원자가 전자 수가 2이므로 $BeCl_2$이다. (나)는 중심 원자의 원자가 전자 수가 6이므로 OCl_2이다. (다)는 중심 원자의 원자가 전자 수가 3이므로 BCl_3이다. (라)는 중심 원자의 원자가 전자 수가 4이므로 CCl_4이다.

분자	(가) $BeCl_2$	(나) OCl_2	(다) BCl_3	(라) CCl_4
중심 원자의 공유 전자쌍 수	2	2	3	4
중심 원자의 비공유 전자쌍 수	0	2	0	0
비공유 전자쌍 수	6	8	9	12
공유 전자쌍 수	2	2	3	4
분자 구조	선형	굽은 형	평면 삼각형	정사면체
결합각	180°	약 104.5°	120°	109.5°

(7) (가)~(다)는 모든 원자가 동일 평면에 있는 평면 구조이고, (라)는 입체 구조이다.

바로알기 | (2) CO_2의 분자 구조는 선형이다.

(4) NH_3의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 1, 3이다. 비공유 전자쌍의 반발력이 커서 공유 전자쌍을 더 세게 밀어내므로 분자 구조는 삼각뿔이며, 결합각은 107°이다. 따라서 결합각은 $CCl_4>NH_3$이다.

(5) (가)와 (다)의 중심 원자는 각각 Be(베릴륨), B(붕소)이므로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

(6) (가)~(라)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 각각 3, 4, 3, 3이다.

난이도별 필수 기출

50쪽~57쪽

176 ④, ⑤ **177** ⑤ **178** ③ **179** 해설 참조
180 ③ **181** ① **182** ③ **183** ②, ③ **184** ④
185 ⑤ **186** ① **187** ② **188** ① **189** ① **190** ④
191 ② **192** 해설 참조 **193** ②, ④ **194** ③
195 ④ **196** ② **197** ⑤ **198** ③ **199** ③, ⑥
200 ① **201** ② **202** 해설 참조 **203** ④ **204** ①
205 해설 참조 **206** ① **207** ③ **208** ⑤ **209** ⑤
210 ②

176 ④ 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍 수에 따라 전자쌍의 배치가 달라지므로 분자의 구조가 달라진다.

⑤ 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 중심 원자 주위의 공간을 더 많이 차지하므로 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수가 많을수록 전자쌍 사이의 반발력이 커져서 결합각은 작아진다.

바로알기 | ①, ② 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 모두 음전하를 띠므로 정전기적 반발력이 작용하여 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있으려고 한다.
③ 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.
⑥ 중심 원자에 있는 공유 전자쌍 수가 같더라도 비공유 전자쌍 수가 다르면 분자 구조가 달라진다.

177 ㄱ. 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍 사이에는 정전기적 반발력이 작용한다.
ㄴ. BF_3는 중심 원자인 B(붕소)에 비공유 전자쌍이 없고, 공유 전자쌍이 3개 있으므로 (나)에 해당한다.
ㄷ. (다)에서 중심 원자 주위에는 4개의 전자쌍이 있으므로 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

178 학생 C. 고리가 연결된 부분이 중심 원자이고 고리는 중심 원자에 있는 공유 전자쌍이라고 가정하면, 정전기를 일으킨 막대를 고리에 가까이 가져가면 고리 사이의 반발력이 최소가 되도록 고리들이 서로 최대한 멀리 배치된다. 이를 통해 전자쌍들은 같은 전하를 띠므로 정전기적 반발력이 작용하여 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있으려고 한다는 전자쌍 반발 이론을 확인할 수 있다.
바로알기 | 학생 B. 고리가 4개일 때에는 고리가 정사면체의 꼭짓점에 배치될 때 반발력이 가장 작다. 정사각형의 꼭짓점에 배치되면 고리와 고리가 이루는 각도가 90°에 불과하여 정사면체에 배치될 때의 각도(109.5°)보다 반발력이 더 크다.

179 **모범 답안** 고리의 수가 많아질수록 정전기를 일으킨 막대를 가까이 가져갔을 때 고리 사이의 각도가 작아진다. 따라서 공유 전자쌍 수가 많아질수록 중심 원자와 전자쌍이 이루는 각도가 작아진다.

채점 기준	배점
중심 원자와 전자쌍이 이루는 각도가 작아진다고 쓰고, 그 까닭을 탐구 결과와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
중심 원자와 전자쌍이 이루는 각도가 작아진다고만 쓴 경우	40 %

180 ㄱ. (나)는 중심 원자 주위에 3개의 공유 전자쌍이 서로 반발력을 최소화하면서 배치되므로 ㉠은 평면 삼각형이다.
ㄴ. BeF_2(F−Be−F)의 분자 구조는 선형이다.
바로알기 | ㄷ. 중심 원자에 있는 4개의 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 배치될 때 전자쌍 사이의 반발력은 최소가 된다. 따라서 중심 원자에 같은 원자가 결합되어 있을 때 (다)와 같은 분자 구조는 정사면체이며, 결합각은 109.5°이다.

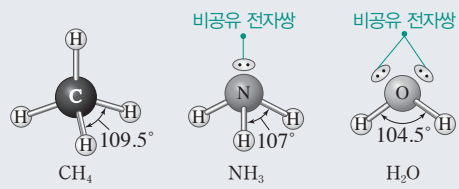
181 ㄱ. CH_4의 중심 원자에 공유 전자쌍 수가 4이고, CH_4의 분자 구조는 정사면체이므로 결합각이 109.5°이다. NH_3의 중심 원자에 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이고, NH_3의 분자 구조는 삼각뿔이므로 결합각은 107°이다. 따라서 결합각은 $CH_4 > NH_3$이다.
바로알기 | ㄴ. NH_3의 비공유 전자쌍 수가 1이므로 ㉡은 비공유 전자쌍이 될 수 없고, 공유 전자쌍이다. ㉢은 공유 전자쌍이다.
ㄷ. BeF_2과 BF_3의 결합각이 차이나는 까닭은 중심 원자에 있는 공유 전자쌍 수가 다르기 때문이다.

182 ③ CF_4의 분자 구조는 정사면체로 입체 구조이다.
바로알기 | ① BCl_3의 분자 구조는 평면 삼각형으로 평면 구조이다.
② H_2O의 분자 구조는 굽은 형으로 평면 구조이다.
④, ⑤ BeF_2과 C_2H_2의 분자 구조는 선형으로 평면 구조이다.

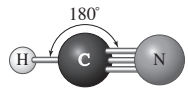
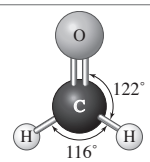
183 (가)는 비공유 전자쌍이 없고, 공유 전자쌍 수가 4이므로 X는 C(탄소)이며 분자식은 CH_4이다. (나)는 비공유 전자쌍 수가 1이고, 공유 전자쌍 수가 3이므로 Y는 N(질소)이며 분자식은 NH_3이다. (다)는 비공유 전자쌍 수가 2이고, 공유 전자쌍 수가 2이므로 Z는 O(산소)이며 분자식은 H_2O이다.
① (가)~(다)의 분자 구조는 각각 정사면체, 삼각뿔, 굽은 형이다.
④ 2주기에서는 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가한다. 따라서 전기음성도는 Z(O) > Y(N) > X(C)이다.
⑤ 결합각 α~γ는 각각 109.5°, 107°, 104.5°이다.
⑥ (가)~(다) 중 입체 구조인 분자는 (가), (나) 2가지이다.
바로알기 | ② (가)와 (나)의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 3이다.
③ (나)와 (다)의 비공유 전자쌍 수는 각각 1, 2이다.

✓ 개념 보충

비공유 전자쌍 수와 결합각
- 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 중심 원자 주위의 공간을 더 많이 차지한다.
- 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.
  ➡ 비공유 전자쌍 수가 많을수록 결합각은 작아진다.



184

분자	(가) HCN	(나) CH_2O
분자 모형		
루이스 구조	H−C≡N:	:O: ‖ H−C−H
분자 구조	선형	평면 삼각형
결합각	180°	약 120°

ㄴ. (가)와 (나)의 분자 구조는 각각 선형과 평면 삼각형이므로 평면 구조이다.
바로알기 | ㄱ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 (가)가 $\frac{1}{4}$이고, (나)가 $\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$이다.

185 ㄱ. 화학 결합 모형에서 XYZ는 HCN이다. XYZ(HCN)는 중심 원자인 C(탄소)에 비공유 전자쌍은 없고, 다중 결합은 단일 결합으로 취급하므로 HCN의 분자 구조는 선형이다.
ㄴ. $YX_4(CH_4)$의 분자 구조는 정사면체이므로 결합각은 109.5°이고, $ZX_3(NH_3)$의 분자 구조는 삼각뿔이므로 결합각은 107°이다.
ㄷ. $Z_2(N_2)$와 $X_2(H_2)$의 공유 전자쌍 수는 각각 3, 1이다.

186 ㄱ. 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 NH_3가 1, CH_4이 0이다.
바로알기 | ㄴ. CH_4의 분자 구조는 정사면체이고, NH_3의 분자 구조는 삼각뿔이며, H_2O의 분자 구조는 굽은 형이다. 따라서 입체 구조인 분자는 CH_4과 NH_3 2가지이다.
ㄷ. 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력이 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 작다.

187 ㄷ. 탐구 결과가 가설에 어긋나므로 가설은 옳지 않다.

바로알기 | ㄱ. H_2O의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 104.5°이다. 따라서 ㉠으로 적절하지 않다.

ㄴ. HCN는 중심 원자에 결합한 원자 수가 NH_3보다 작다. ㉡으로 적절한 분자는 CH_4이다.

188 ㄴ. ACD(H−C≡N)의 결합각은 180°이므로 분자 구조는 선형이다.

바로알기 | ㄱ. $DA_3(NH_3)$의 분자 구조는 삼각뿔이므로 결합각은 107°이고, $BE_3(BF_3)$의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 120°이다.

ㄷ. $CA_4(CH_4)$에는 단일 결합만 있고, D_2A_2(H−N=N−H)에는 이중 결합이 있다.

189 2주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 증가하므로 전기음성도는 F>O>C>H이다. 이때 H(수소) 원자와의 전기음성도 차가 클수록 전기음성도가 크므로 X는 C(탄소), Y는 O(산소), Z는 F(플루오린)이다.

ㄱ. 전기음성도가 X(C)>H이므로 H−X 결합에서 전기음성도가 큰 X가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기음성도가 작은 H가 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

바로알기 | ㄴ. H_2Y_2의 루이스 구조는 다음과 같다.

$$H-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Y}}-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Y}}-H$$

$H_2Y_2(H_2O_2)$에는 중심 원자인 O(산소)에 비공유 전자쌍이 있으므로 H_2Y_2의 결합각은 180°보다 작아지며, 분자 구조는 선형이 아니다.

ㄷ. $XY_2(CO_2)$의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이고, $YZ_2(OF_2)$의 분자 구조는 굽은 형이므로 약 104.5°이다.

190 C, N, O, F 중 3가지 원소로 구성된 3원자 분자 중 주어진 자료를 모두 만족하는 분자는 FNO이다. FNO의 루이스 구조는 다음과 같다.

$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{N}}=\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}:$$

ㄴ. 2주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가하므로 전기음성도는 F>O>N이다. 따라서 중심 원자인 N는 F과 O보다 전기음성도가 작으므로 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{6}{3}=2$이다.

바로알기 | ㄱ. FNO는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 있으므로 결합각은 180°보다 작아지며 분자 구조는 선형이 아니다.

191

분자	(가)	(나)	(다)	(라)
분자식	CO_2	BCl_3	NF_3	OF_2
분자 구조	선형	㉠ 평면 삼각형	㉡ 삼각뿔	굽은 형
결합각	α 180°	β 120°		γ 약 104.5°
평면 혹은 입체 구조	평면	평면	입체	평면

ㄴ. (가)(CO_2)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이고, (나)(BCl_3)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 120°이며, (라)(OF_2)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 약 104.5°이다.

바로알기 | ㄱ. BCl_3는 중심 원자인 B에 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 구조는 평면 삼각형이고, NF_3는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 있으므로 분자 구조는 삼각뿔이다.

ㄷ. (가)~(라) 중 모든 원자가 동일 평면에 존재하는 분자는 (가), (나), (라) 3가지이다.

192 (2) 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 비공유 전자쌍이 있는 (나)의 결합각 β가 (가)의 결합각 α보다 작다.

모범 답안 (1) BCl_3는 중심 원자인 B에 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 구조는 평면 삼각형이고, NCl_3는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 있으므로 분자 구조는 삼각뿔이다.

(2) $\alpha>\beta$

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나)의 분자 구조를 옳게 예측하고, 그 까닭을 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍의 유무와 관련지어 옳게 서술한 경우	70 %
	(가)와 (나)의 분자 구조만 옳게 예측한 경우	40 %
(2)	α와 β의 크기를 옳게 비교한 경우	30 %
	그 외의 경우	0 %

193 ①, ③ H_2S와 OF_2는 각각 중심 원자인 S(황)과 O(산소)에 비공유 전자쌍이 2개씩 있으므로 분자 구조는 굽은 형이다. 또한 평면 구조인 분자는 굽은 형인 H_2S와 OF_2, 선형인 BeF_2 3가지이다.

⑤ H 원자와 Be 원자 주위에 있는 전자 수는 각각 2, 4이므로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다. 따라서 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 분자는 CF_4와 OF_2 2가지이다.

⑥ $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 CF_4가 $\frac{12}{4}=3$이고, H_2S가 $\frac{2}{2}=1$이다.

바로알기 | ② 결합각이 180°인 분자는 선형이므로 BeF_2 뿐이다.

④ 4가지 분자 모두 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합만 있다.

194

분류 기준	예	아니요
결합각이 110° 이하인가?	(가) CCl_4, NH_3, H_2O	(나) $BeCl_2$, BCl_3, CH_2O
입체 구조인가?	(다) CCl_4, NH_3	(라) $BeCl_2$, BCl_3, H_2O, CH_2O
$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=3$인가?	(마) $BeCl_2$, BCl_3, CCl_4	(바) NH_3, H_2O, CH_2O

ㄱ. (가)와 (다)에 공통으로 해당하는 분자는 CCl_4, NH_3이다.

ㄴ. (나)와 (바)에 공통으로 해당하는 분자는 CH_2O이며, CH_2O에는 이중 결합이 있다.

바로알기 | ㄷ. (라)와 (마)에 공통으로 해당하는 분자는 $BeCl_2$, BCl_3이다. $BeCl_2$에서 중심 원자인 Be 주위에 있는 전자 수는 4이고, BCl_3에서 중심 원자인 B 주위에 있는 전자 수는 6이므로 모두 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

195 주어진 자료를 만족하는 W~Z의 원자 번호($n-4$, $n-2$, $n+2$, $n+4$) 조합은 (3, 5, 9, 11), (4, 6, 10, 12), (5, 7, 11, 13), (6, 8, 12, 14), (7, 9, 13, 15), (8, 10, 14, 16), (9, 11, 15, 17) 7

가지이다. 7가지 조합 중 W~Z는 18족 원소가 해당하지 않으므로 제외하고, W~Z 중에서 Y 원자가 전기음성도가 가장 작은 것을 만족하는 조합은 (5, 7, 11, 13), (6, 8, 12, 14), (7, 9, 13, 15) 3가지이다. 3가지 조합 중에서 W~Z의 원자가 전자 수의 합은 18보다 크다는 것을 만족하는 조합은 (7, 9, 13, 15) 1가지이다. 따라서 W는 N(질소), X는 F(플루오린), Y는 Al(알루미늄), Z는 P(인)이다.

ㄴ. $WX_3(NF_3)$는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 분자 구조는 삼각뿔이고, 입체 구조이다.

ㄷ. W_2X_2는 N_2F_2(F−N=N−F)이므로 이중 결합이 있다.

바로알기 | ㄱ. $n=11$이다.

196

W는 원자가 전자 수가 4인 C(탄소), X는 원자가 전자 수가 5인 N(질소), Y는 원자가 전자 수가 6인 O(산소), Z는 원자가 전자 수가 7인 F(플루오린)이다.

① 2주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도는 증가하므로 전기음성도는 Z(F) > Y(O) > X(N) > W(C)이다.

③ WY_2는 CO_2이고, W_2Z_2는 C_2F_2이다. CO_2(O=C=O)와 C_2F_2(F−C≡C−F)에는 중심 원자인 C에 비공유 전자쌍이 없고 다중 결합은 단일 결합으로 취급하므로 CO_2와 C_2F_2의 분자 구조는 모두 선형이다.

④ $WZ_4(CF_4)$의 분자 구조는 정사면체이므로 결합각은 109.5°이고, $YZ_2(OF_2)$의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 약 104.5°이다.

⑤ $XZ_3(NF_3)$의 분자 구조는 삼각뿔이므로 입체 구조이다.

⑥ $WYZ_2(COF_2)$의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{8}{4}=2$이다.

바로알기 | ② WY_2는 CO_2(O=C=O)이므로 공유 전자쌍 수가 4이고, YZ_2는 OF_2(F−O−F)이므로 공유 전자쌍 수가 2이다.

197

H_2X와 H^+이 결합하였을 때 X 주위 전자 수가 8이므로 X는 O(산소)이다.

YH_3와 H^+이 결합하였을 때 Y 주위 전자 수가 8이므로 Y는 N(질소)이다.



(가) H_3O^+ (나) NH_4^+

ㄱ. (가)는 중심 원자에 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 (가)의 분자 구조는 삼각뿔이고, (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍 수가 4이므로 (나)의 분자 구조는 정사면체이다.

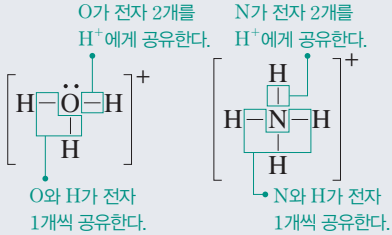
ㄷ. 원자가 전자 수는 X(O)는 6이고, Y(N)는 5이다.

바로알기 | ㄴ. 결합각은 (가)는 약 107°이고, (나)는 109.5°이다.

☑ 개념 보충

배위 결합

공유 결합은 두 원자가 전자를 1개씩 내어 전자쌍을 공유하여 형성되는 화학 결합이다. 배위 결합은 한 원자가 비공유 전자쌍을 모두 제공하고, 다른 원자가 그 전자쌍을 받아 형성되는 공유 결합이다.



198

ㄱ. |공유 전자쌍 수−비공유 전자쌍 수|비는 (가) : (나) = |4−1| : |3−9| = 1 : 2이다.

ㄷ. (가)~(다)의 분자 구조는 각각 선형, 평면 삼각형, 정사면체이므로 평면 구조는 (가), (나) 2가지이다.

바로알기 | ㄴ. (가)의 중심 원자는 C, (나)의 중심 원자는 B, (다)의 중심 원자는 C이다. 따라서 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 없다.

199

분자	(가) COF_2	(나) OF_2	(다) NF_3
루이스 구조	W | Z−Y−Z	Z−W−Z	Z−X−Z | Z
실제 루이스 구조	:O: ‖ :F−C−F:	:F−O−F:	:F−N−F: | :F:
분자 구조	평면 삼각형	굽은 형	삼각뿔
비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수	$\frac{8}{4}=2$	$\frac{8}{2}=4$	$\frac{10}{3}$

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

⑥ 2주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가하므로 Z(F) > W(O) > X(N) > Y(C)이다.

다른 풀이 F의 공유 전자쌍을 가장 강하게 끌어당기는 원소로, 전기음성도가 4.0으로 가장 크다. 따라서 W~Z 중 전기음성도가 가장 큰 원자는 Z(F)이다.

바로알기 | ① (가)의 분자 구조는 평면 삼각형이다.

② (가)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 약 120°이고, (나)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 약 104.5°이다.

④ (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 (가) 1가지이다.

⑤ 공유 전자쌍 수는 X_2(N≡N)가 3이고, W_2(O=O)가 2이다.

200

분자	(가) NF_3	(나) COF_2
루이스 구조	Y−Z−Y | Y	W ‖ Y−X−Y
실제 루이스 구조	:F−N−F: | :F:	:O: ‖ :F−C−F:
분자 구조	삼각뿔	평면 삼각형

ㄱ. W는 O(산소), X는 C(탄소), Y는 F(플루오린), Z는 N(질소)이다. 2주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가하므로 전기음성도는 W(O) > Z(N)이다.

바로알기 | ㄴ. (가)(NF_3)의 분자 구조는 삼각뿔이고, (나)(COF_2)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 같지 않다.

ㄷ. $XW_2(CO_2)$의 분자 구조는 선형이다.

[201~202]

분자	(가) CH_2O	(나) HCN
루이스 구조	Y | W−X−W	W−X−Z
실제 루이스 구조	:O: ‖ H−C−H	H−C≡N:
분자 구조	평면 삼각형	선형
결합각	약 120°	180°

201 ② W는 H(수소), X는 C(탄소), Y는 O(산소)이므로 (가)의 모든 원자의 원자가 전자 수의 합은 4+1+1+6=12이다.

바로알기 | ① Z는 N이다.

③ (나)(HCN)에는 삼중 결합이 있다.

④ 결합각은 (가)(CH_2O)가 (나)(HCN)보다 작다.

⑤ 비공유 전자쌍 수는 (가)가 2이고, (나)가 1이다.

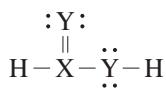
202 **모범 답안** (가): 평면 삼각형, (나): 선형, (가)와 (나)는 모두 중심 원자인 X(C)에 비공유 전자쌍이 없고, 다중 결합은 단일 결합으로 취급한다. 따라서 (가)의 분자 구조는 평면 삼각형이고, (나)의 분자 구조는 선형이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 분자 구조를 모두 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)의 분자 구조만 옳게 쓴 경우	40 %

203 (가)와 (나)에서 X는 공유 전자쌍 수가 4이므로 C(탄소)이고, (다)에서 Y는 옥텟 규칙을 만족하며 공유 전자쌍 수가 2이므로 O(산소)이다.

ㄴ. (나)에서 X(C)는 비공유 전자쌍이 없고 이중 결합은 단일 결합으로 취급하므로 (나)에서 ∠HXX는 약 120°이다.

ㄷ. XH_2Y_2의 루이스 구조는 다음과 같다.



따라서 $XH_2Y_2(CH_2O_2)$의 공유 전자쌍 수는 5이다.

바로알기 | ㄱ. 원자 번호는 Y(O)>X(C)이다.

204

분자	CO_2	H_2O	NH_3	CH_4
중심 원자와 결합한 원자 수	2	2	3	4
공유 전자쌍 수	4	2	3	4
	↓ (라)	↓ (가)	↓ (나)	↓ (다)
비공유 전자쌍 수	4	2	1	0
분자 구조	선형	굽은 형	삼각뿔	정사면체
결합각	180°	104.5°	107°	109.5°

ㄱ. (가)(H_2O)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 104.5°이고, (나)(NH_3)의 분자 구조는 삼각뿔이므로 결합각은 107°이다.

바로알기 | ㄴ. (라)(CO_2)의 비공유 전자쌍 수는 4이고, (나)(NH_3)의 비공유 전자쌍 수는 1이다.

ㄷ. (다)(CH_4)의 분자 구조는 정사면체이다.

205 **모범 답안** BF_3, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 NF_3이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 분자는 CF_4와 BF_3이다. 이 중 CF_4의 분자 구조는 정사면체이므로 입체 구조이고, BF_3의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 평면 구조이다. 따라서 (가)에 해당하는 분자는 BF_3이다.

채점 기준	배점
(가)에 해당하는 분자의 화학식을 옳게 쓰고, 기준에 따른 분류 과정과 관련지어 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)에 해당하는 분자의 화학식만 옳게 쓴 경우	40 %

206 중심 원자의 전자쌍 수의 합은 (가)~(다)가 각각 4, 4, 3인데, 분자의 전체 전자쌍 수는 (가)~(다)가 각각 13, 16, 12이므로 W는 F(플루오린)임을 알 수 있다. 이에 따라 X는 N(질소), Y는 C(탄소), Z는 B(붕소)이다. 따라서 (가)는 NF_3, (나)는 CF_4, (다)는 BF_3이다.

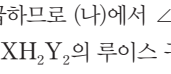
ㄴ. (나)(CF_4)의 분자 구조는 정사면체이므로 결합각(a)은 109.5°이고, (다)(BF_3)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각(b)은 120°이다.

바로알기 | ㄱ. (가)(NF_3)의 분자 구조(㉠)는 삼각뿔이고, (다)(BF_3)의 분자 구조(㉡)는 평면 삼각형이다.

ㄷ. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$는 (나)($CF_4$)가 $\frac{4}{12}=\frac{1}{3}$이고, (다)(BF_3)가 $\frac{3}{9}=\frac{1}{3}$이다.

207 각 분자 1 mol에 존재하는 원자 몰비는 H : X=1 : 1, H : Y=1 : 1, X : Y=1 : 2이므로 X는 C(탄소)이고, Y는 F(플루오린)이다. 분자당 구성 원자 수는 모두 6 이하이므로 H : X=1 : 1을 만족하는 분자는 C_2H_2이고, H : Y=1 : 1을 만족하는 분자는 HF이고, X : Y=1 : 2를 만족하는 분자는 C_2F_4이다.

C_2H_2, HF, C_2F_4의 루이스 구조와 전자쌍 수를 정리하면 다음과 같다.

분자	(가) C_2H_2	(나) HF	(다) C_2F_4
루이스 구조			
공유 전자쌍 수	5	1	6
비공유 전자쌍 수	0	3	12

ㄱ. (가)(C_2H_2)는 중심 원자인 C에 비공유 전자쌍이 없고, 삼중 결합은 단일 결합으로 취급하므로 분자 구조는 선형이다.

ㄴ. (다)에는 C=C 결합이 이중 결합이므로 다중 결합이 있다.

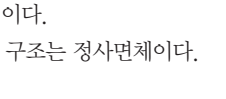
바로알기 | ㄷ. 비공유 전자쌍 수비는 (나) : (다)=HF : C_2F_4=3 : 12=1 : 4이다.

208 C, N, O, F 중 3종류 원소가 1개씩 포함된 3원자 분자는 FCN과 FNO 두 가지이다. 이를 루이스 구조로 나타내면 다음과 같다.



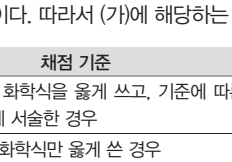
이 중에서 비공유 전자쌍이 6개인 FNO가 (가)이고, 비공유 전자쌍이 4개인 FCN이 (나)이다. 따라서 Y는 O(산소)이고, Z는 C(탄소)이다.

(다)는 W, C, O로 구성된 4원자 분자이면서 비공유 전자쌍이 8개인 분자이므로 COF_2이다. 이를 루이스 구조로 나타내면 다음과 같다.



따라서 W는 F(플루오린)이고 X는 N(질소)이다.

(라)는 C, N, O, F으로 구성된 6원자 분자이면서 비공유 전자쌍이 12개인 분자이므로 CF_3NO이다. 이를 루이스 구조로 나타내면 다음과 같다.



ㄴ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 (나)(FCN)가 $\frac{4}{4}=1$이고, (라)(CF_3NO)가 $\frac{12}{6}=2$이다.

ㄷ. (나)(FCN)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이고, (다)(COF_2)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 약 120°이다.

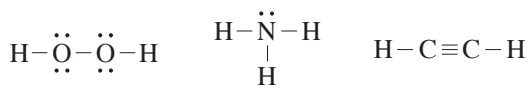
바로알기 | ㄱ. (가)(FNO)는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 있으므로 결합각은 180°보다 작아지며, 분자 구조는 선형이 아니다.

209 ② C를 포함하지 않고 O와 H로 구성된 분자이다. ➡ H_2O_2 ① 비공유 전자쌍 수가 1이므로 N 원자가 1개 있다. ➡ NH_3 ③ 비공유 전자쌍이 없는 분자는 C와 H로 이루어진 분자이다. ➡ C_2H_2

분자	(가)	(나)	(다)
공유 전자쌍 수	3	y 3	z 5
비공유 전자쌍 수	x 4	1	0
모든 구성 원자의 원자가 전자 수 합	$n+4$ 14	$n-2$ 8	n 10

H(수소)와 C(탄소), N(질소), O(산소) 중 1가지 원소로 구성되고 C, N, O는 옥텟 규칙을 만족하는 분자 중에서 비공유 전자쌍 수가 1인 분자는 N 원자가 1개 있어야 한다. 따라서 (나)는 NH_3이다. 공유 전자쌍 수가 3이면 C가 포함될 수 없으므로 O와 H로 구성된 분자이다. 따라서 (가)는 H_2O_2이다. (다)는 비공유 전자쌍이 없는 분자이므로 C와 H로 구성된 분자이다. 이때 모든 원자의 원자가 전자 수 합이 (가)에서 14이고, (나)에서 8이므로 $n=10$이다. 따라서 (다)는 C_2H_2이다.

(가)~(다)의 루이스 구조는 다음과 같다.



(가) H_2O_2 (나) NH_3 (다) C_2H_2

ㄱ. $\frac{x+y+z}{n}=\frac{4+3+5}{10}=\frac{6}{5}$이다.

ㄴ. (가)와 (나)의 구성 원자 수는 4로 같다.

ㄷ. (다)(C_2H_2)는 중심 원자인 C에 비공유 전자쌍이 없고 다중 결합은 단일 결합으로 취급하므로 C_2H_2의 분자 구조는 선형이다.

210 (가)~(다)의 구성 원자 수는 5 이하이므로 m은 4 이하이고, n은 1 또는 2이다. n이 1인 분자 XY와 ZY에서 2주기 원소 X~Z는 옥텟 규칙을 만족하지 않으므로 $n=2$이다. 2주기 원소 중 옥텟 규칙을 만족하는 원소는 C, N, O, F 4가지이다. (나)와 (다)에 해당하는 X_2Y_2와 Z_2Y_2로 가능한 분자는 C_2F_2, N_2F_2, O_2F_2, C_2O_2, N_2O_2이다. 이 중 Y가 O(산소)인 C_2O_2와 N_2O_2는 비공유 전자쌍 수가 각각 4, 6이므로 주어진 조건을 만족하지 않는다. 반면 Y가 F(플루오린)인 C_2F_2, N_2F_2, O_2F_2는 비공유 전자쌍 수가 각각 6, 8, 10이다. 따라서 비공유 전자쌍 수비는 (나) : (다)=4 : 3을 만족하는 (나)는 N_2F_2이고, (다)는 C_2F_2이다. 또한 (가)는 NF_3이다.

ㄴ. $m=3$이고, $n=2$이므로 $m+n=5$이다.

바로알기 | ㄱ. (나)에서 중심 원자인 X(N)에 비공유 전자쌍이 있으므로 결합각 ∠YXX는 180°보다 작고, (다)에서 중심 원자인 Z(C)에 비공유 전자쌍이 없으므로 결합각 ∠YZZ는 180°이다.

ㄷ. X(N), Y(F), Z(C)로 구성된 3원자 분자는 FCN이며, 분자 구조는 선형이다.

07 분자의 극성과 물질의 성질

빈출 자료 보기 59쪽

211 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ×

211 (1) (가)(H_2O)와 (나)(NH_3)는 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않고 한 방향으로 합해지므로 극성 분자이고, (다)(CH_4)는 분자 구조가 대칭을 이루어 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되므로 무극성 분자이다.

(2) (가)(H_2O)는 극성 분자이므로 양전하를 띤 대전체를 가까이 대면 H_2O 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 O(산소) 원자가 대전체 쪽으로 끌려간다.

바로알기 | (3) (나)(NH_3)는 극성 분자이고, (다)(CH_4)는 무극성 분자이므로 기체 상태의 (나)와 (다)를 전기장 속에 넣으면 (나)는 일정한 방향으로 배열되지만, (다)는 무질서하게 배열된다.

(4) 무극성 분자인 헥세인은 극성 분자인 (가)(H_2O)와 잘 섞이지 않는다.

(5) 분자량이 비슷할 때 일반적으로 극성 분자는 무극성 분자보다 분자 사이에 작용하는 인력이 크므로 녹는점과 끓는점이 높다. 따라서 끓는점은 극성 분자인 (나)(NH_3)가 무극성 분자인 (다)(CH_4)보다 높다.

(6) (다)(CH_4)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (가)(H_2O)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)>(다)이다.

난이도별 필수 기출 60쪽~67쪽

212 ①, ⑥ 213 ① 214 ④ 215 ③
216 해설 참조 217 ② 218 ② 219 ③, ⑤
220 해설 참조 221 ③ 222 ④, ⑤
223 ②, ⑥ 224 ③, ⑥ 225 ③ 226 ①
227 ① 228 ② 229 ⑤ 230 ④ 231 ⑤ 232 ①
233 ① 234 ② 235 ⑤ 236 ③ 237 ④, ⑤
238 해설 참조 239 ④ 240 ③ 241 ① 242 ③
243 해설 참조 244 ⑤ 245 ① 246 해설 참조
247 ③ 248 ②, ⑤ 249 ④ 250 ②

212 ①, ⑥ 분자의 쌍극자 모멘트를 이용하여 무극성 분자와 극성 분자로 구분할 수 있다. 무극성 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, 극성 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

바로알기 | ② 전기음성도 차가 0인 이원자 분자는 무극성 분자이고, 전기음성도 차가 0이 아닌 이원자 분자는 극성 분자이다.

③ 극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

④ 각 결합은 극성 공유 결합이지만, 분자 구조가 대칭이면 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 되므로 무극성 분자가 된다.

⑤ 무극성 분자는 분자 내 전하가 고르게 분포하여 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자이고, 극성 분자는 분자 내 전하가 고르게 분포하지 않아 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자이다.

213 학생 A. H_2에는 같은 원자 사이에 형성되는 공유 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

바로알기 | 학생 B. HCl는 서로 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 이원자 분자이므로 극성 분자이다.

학생 C. HCN는 두 결합의 쌍극자 모멘트가 같은 방향이므로 상쇄되지 않고 한 방향으로 합해지므로 극성 분자이다.

214 화학 결합 모형에서 XY는 HF이다.

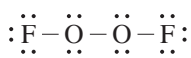
ㄱ. H−F 결합은 단일 결합이다.

ㄴ. XY(HF)는 서로 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 이원자 분자이므로 극성 분자이다.

바로알기 | ㄷ. 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

215 화학 결합 모형에서 X_2Y_2는 O_2F_2이다.

ㄱ. $X_2Y_2(O_2F_2)$의 루이스 구조는 다음과 같다.



중심 원자인 O(산소) 사이에 무극성 공유 결합이 있다.

ㄴ. 화학 결합 모형에서 X는 O이고, Y는 F이다. 따라서 원자가 전자 수는 X(O)가 6이고, Y(F)가 7이다.

바로알기 | ㄷ. $X_2(O_2)$와 $Y_2(F_2)$는 모두 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 모두 0이다.

216 **모범 답안** BCl_3의 각 결합은 극성 공유 결합이지만 분자 구조가 평면 삼각형으로 대칭이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 된다. 따라서 BCl_3는 무극성 분자이다.

채점 기준	배점
분자 구조가 대칭이고, 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 된다는 내용을 포함하여 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
대칭이나 상쇄 중 한 가지만 언급하여 까닭을 서술한 경우	50 %

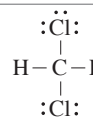
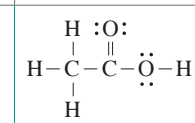
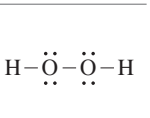
217 주기율표에서 A는 H(수소), B는 C(탄소), C는 O(산소), D는 F(플루오린), E는 Cl(염소)이다.

ㄷ. 공유 전자쌍 수는 $C_2(O=O)$가 2, $D_2(F-F)$가 1, $E_2(Cl-Cl)$가 1이므로 합은 4이다.

바로알기 | ㄱ. $A_2C(H_2O)$의 분자 구조는 굽은 형이므로 평면 구조이다.

ㄴ. $BE_4(CCl_4)$는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, $BCD_2(COF_2)$는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

218

분자	(가)	(나)	(다)
화학식	CH_2Cl_2	CH_3COOH	H_2O_2
루이스 구조			
공유 전자쌍 수	4	8	3
비공유 전자쌍 수	6	4	4

ㄴ. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$는 (나)$(CH_3COOH)$가 $\frac{8}{4}=2$이고, (다)(H_2O_2)가 $\frac{3}{4}$이다.

바로알기 | ㄱ. (가)(CH_2Cl_2)의 중심 원자인 C에 결합한 원자의 종류가 다르므로 극성 분자이다.

ㄷ. (가)(CH_2Cl_2)와 (다)(H_2O_2)에는 모두 단일 결합만 있고, (나)(CH_3COOH)에는 이중 결합이 있으므로 다중 결합이 있다.

219 (가)는 CO_2이고, (나)는 H_2O이다.

③ (가)에서는 C=O 결합이 극성 공유 결합이고, (나)에서는 O−H 결합이 극성 공유 결합이다.

⑤ (가)(CO_2)는 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{4}{4}=1$이고, (나)$(H_2O)$는 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{2}{2}=1$이다.

바로알기 | ① (가)(O=C=O)에는 이중 결합이 있으므로 다중 결합이 있고, (나)(H−O−H)에는 단일 결합만 있다.

② (가)(CO_2)의 분자 구조는 선형이고, (나)(H_2O)의 분자 구조는 굽은 형이다.

④ (가)(CO_2)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)(H_2O)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

220 B, O, F 중 2가지 원소로 구성되고 구성 원자 수가 3이며, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 2인 분자는 OF_2이다. 또 B, O, F 중 2가지 원소로 구성되고 구성 원자 수가 4이며, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 0인 분자는 BF_3이다. 따라서 (가)는 OF_2이고, (나)는 BF_3이다. OF_2는 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않고 한 방향으로 합해지므로 극성 분자이고, BF_3는 세 결합의 쌍극자 모멘트가 모두 120° 방향으로 향하여 쌍극자 모멘트가 상쇄되므로 무극성 분자이다.

모범 답안 (가)>(나), (가)는 OF_2이고, (나)는 BF_3이다. OF_2는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, BF_3는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 분자의 쌍극자 모멘트의 크기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)의 분자의 쌍극자 모멘트의 크기만 옳게 비교한 경우	40 %

221 ㄷ. ㉠은 CO_2이고, ㉡은 HCl이며, ㉢은 NaCl으로 이온 결합 물질이다.

바로알기 | ㄱ. 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 무극성 분자이다.

ㄴ. ㉡(HCl)에서 H−Cl 결합이 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

222

분류 기준	예	아니요
분자의 쌍극자 모멘트가 0인가?	㉠ $BeCl_3$, CH_4, SiH_4	㉡ HCl, PCl_3
입체 구조인가?	PCl_3, CH_4, SiH_4	㉢ HCl, $BeCl_2$
(가)	$BeCl_2$, PCl_3	HCl, CH_4, SiH_4

④, ⑤ CH_4과 SiH_4의 분자 구조는 정사면체이므로 결합각은 109.5°이다.

바로알기 | ① ㉠에 해당하는 분자는 $BeCl_3$, CH_4, SiH_4 3가지이다.

② ㉡과 ㉢에 공통으로 해당하는 분자는 HCl 1가지이다.

③ 무극성 공유 결합으로 이루어진 분자는 없다.

⑥ $BeCl_2$의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 6이며, 합은 8이다. PCl_3의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 3과 10

이며, 합은 13이다. HCl의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 1과 3이며, 합은 4이다. CH_4와 SiH_4의 공유 전자쌍 수는 4이고 비공유 전자쌍은 없다. 5가지 분자 모두 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수의 합이 3 이상이다. 따라서 '공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수의 합이 3 이상인가?'는 (가)로 적절하지 않다.

223

분류 기준		평면 구조인가?	
		예	아니요
분자의 쌍극자 모멘트가 0인가?	예	(가) BCl_3	(나) CH_4
	아니요	(다) HCN	(라) NF_3, $CHCl_3$

② CH_4의 분자 구조는 정사면체이다.

⑥ (가)~(다)에 해당하는 분자는 각각 1가지이지만, (라)에 해당하는 분자는 2가지이다.

바로알기 | ① BCl_3의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{9}{3}=3$이다.

③ (다)에 해당하는 분자는 HCN 1가지이다.

④ NF_3의 중심 원자인 N에는 비공유 전자쌍이 있지만, $CHCl_3$의 중심 원자인 C에는 비공유 전자쌍이 없다.

⑤ H_2O의 분자 구조는 굽은 형이므로 평면 구조이고, 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다. 따라서 (다)에 해당된다.

224

X는 원자가 전자 수가 1인 H(수소), Y는 원자가 전자 수가 6인 O(산소), Z는 원자가 전자 수가 4인 C(탄소)이다.

① X의 원자가 전자 수가 1이므로 1족 원소인 H이다.

② Y_2(O=O)에는 이중 결합이 있으므로 다중 결합이 있다.

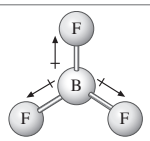
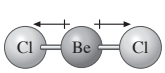
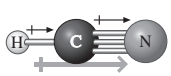
④ Z_2X_2(H−C≡C−H)에는 같은 원자 사이에 형성되는 공유 결합인 Z≡Z(C≡C) 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

⑤ 공유 전자쌍 수는 (가)가 2이고, (나)가 4이다.

바로알기 | ③ X는 H, Y는 O, Z는 C이므로 원자가 전자 수는 각각 1, 6, 4이다. 따라서 X~Z의 원자가 전자 수의 합은 11이다.

⑥ (가)(H_2O)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, (나)(CO_2)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

225

분자	(가) BF_3	(나) $BeCl_2$	(다) HCN
루이스 구조	F−B−F (F)	Cl−Be−Cl	H−C≡N
분자 모형			
분자의 극성 여부	무극성	무극성	극성
분자 구조	평면 삼각형	선형	선형
결합각	120°	180°	180°

③ (나)와 (다)의 분자 구조는 모두 선형이므로 결합각은 180°이다.

바로알기 | ① (가)의 분자 구조는 평면 삼각형이다.

② (다)는 두 결합의 쌍극자 모멘트가 같은 방향이므로 상쇄되지 않고 한 방향으로 합해지므로 극성 분자이다.

④ (가)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (다)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

⑤ 분자 내 전하가 고르게 분포하여 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 (가)와 (나) 2가지이다.

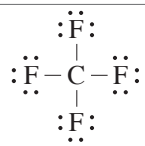
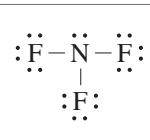
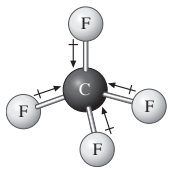
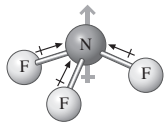
226

ㄴ. O(산소)에 비공유 전자쌍이 존재하므로 (가)~(다)의 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 4, 4이다.

바로알기 | ㄱ. (가)의 중심 원자인 O(산소)는 비공유 전자쌍이 있으므로 분자 구조가 굽은 형이며, 결합각은 104.5°이다. (나)의 중심 원자인 C(탄소)는 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 구조가 선형이며, 결합각은 180°이다.

ㄷ. (가)와 (다)는 극성 분자이고, (나)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 (나) 1가지이다.

227

분자	(가) CF_4	(나) NF_3
루이스 구조	Y (Y−X−Y) Y	Y−Z−Y (Y)
실제 루이스 구조		
분자 모형		
분자의 극성 여부	무극성	극성
분자 구조	정사면체(입체 구조)	삼각뿔(입체 구조)

(가)와 (나)에서 X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하고 2주기 원소이므로 (가)의 중심 원자인 X는 C(탄소)이고, Y는 F(플루오린)이다. Y가 F이므로 (나)에서 Z는 N(질소)이다. 따라서 (가)는 CF_4이고, (나)는 NF_3이다.

ㄱ. (가)(CF_4)와 (나)(NF_3)의 분자 구조는 각각 정사면체와 삼각뿔이므로 모두 입체 구조이다.

바로알기 | ㄴ. (가)(CF_4)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{12}{4}=3$이고, (나)($NF_3$)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{10}{3}$이다.

ㄷ. (가)(CF_4)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)(NF_3)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

228

분자	OF_2	H_2O_2	CF_4	CO_2
비공유 전자쌍 수	8	4	12	4
공유 전자쌍 수	2	3	4	4

(가)는 (나)와 공유 전자쌍 수가 같고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$가 (라)보다 크므로 CF_4이다. 이에 따라 (나)는 CO_2, (다)는 OF_2, (라)는 H_2O_2이다.

ㄴ. (나)(CO_2)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이고, (다)(OF_2)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 약 104.5°이다.

바로알기 | ㄱ. $a=4$이다.

ㄷ. (가)(CF_4)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이고, (다)(OF_2)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0보다 크다.

229

분자	결합각	$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$	
BeF_2	180°	$\frac{6}{2}=3$	
C_2H_4	약 120°	$\frac{0}{6}=0$	➡ (나)
H_2O	104.5°	$\frac{2}{2}=1$	
HCN	180°	$\frac{1}{4}$	➡ (다)
NH_3	107°	$\frac{1}{3}$	➡ (가)

ㄱ. (가)는 NH_3이므로 α는 107°이고, (다)는 HCN이므로 β는 180°이다.
ㄴ. (다)는 HCN이므로 분자 구조는 선형이며, 평면 구조이다.
ㄷ. (가)(NH_3)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, (나)(C_2H_4)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

230

분자	CF_4	BF_3	OF_2	F_2
비공유 전자쌍 수	12	9	8	6
공유 전자쌍 수	4	3	2	1
분자의 극성 유무	무극성	무극성	극성	무극성
입체 또는 평면 구조	입체	평면	평면	평면

ㄱ. (가)는 OF_2, (나)는 CF_4, (다)는 F_2, (라)는 BF_3이다.
ㄷ. (가)(OF_2)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 약 104.5°이고, (라)(BF_3)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 120°이다.

바로알기 | ㄴ. (가)(OF_2)의 $a\left(=\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}\right)=\frac{8}{2}=4$이고, (나)($CF_4$)의 $b\left(=\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}\right)=\frac{12}{4}=3$이므로 $a\times b=12$이다.

231

분자	HF	H_2O	NH_3	CH_4
비공유 전자쌍 수	3	2	1	0
공유 전자쌍 수	1	2	3	4
분자의 극성 유무	극성	극성	극성	무극성

ㄱ. (가)는 CH_4, (나)는 NH_3, (다)는 H_2O, (라)는 HF이다.
ㄴ. 2주기에서 원자 번호가 커질수록 전기음성도가 증가하므로 전기음성도는 O>N>C이다. 따라서 전기음성도는 (다)의 중심 원자인 O가 (나)의 중심 원자인 N보다 크다.
ㄷ. (다)와 (라)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

232

2주기 원소 C, N, O, F으로 구성된 분자 중 서로 다른 2종류의 원소로 구성되어 있으며, 모두 옥텟 규칙을 만족하면서 분자당 원자 수가 3~5인 분자는 다음과 같다.

분자	(가)	(나)	(다)
분자당 원자 수	3	4	5
분자식	CO_2, OF_2	NF_3, C_2F_2 N_2F_2, O_2F_2	CF_4

(가)의 CO_2, OF_2 중에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$가 1인 분자는 CO_2이다. 따라서 (가)는 CO_2이다. CO_2의 공유 전자쌍 수가 4이므로 $a=4$이다. CF_4도 공유 전자쌍 수가 4이므로 (다)는 CF_4이다.
(다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{12}{4}=3$이므로 $y=3$이다.
(나)의 NF_3, C_2F_2, N_2F_2, O_2F_2 중에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$가 3보다 큰 분자는 $NF_3\left(=\frac{10}{3}\right)$와 $O_2F_2\left(=\frac{10}{3}\right)$이다. 이 중에서 (가)와 (나)에 공통으로 포함된 원소가 없는 조건을 만족하는 (나)는 NF_3이다. 따라서 (가)는 CO_2, (나)는 NF_3, (다)는 CF_4이다.
ㄱ. $a=4$이고, $b=3$이므로 $a>b$이다.

바로알기 | ㄴ. (다)(CF_4)의 분자 구조는 정사면체이므로 입체 구조이다.
ㄷ. (가)(CO_2)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)(NF_3)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

233

(가)는 원자 수가 5 이하의 분자이므로 분자식은 YX_4이다. X와 Y는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 Y는 C(탄소)이고, X는 F(플루오린)이다. 따라서 (가) YX_4는 CF_4이다. CF_4의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{12}{4}=3$이므로 (나)~(라)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 각각 $\frac{a}{3}$, 1, $\frac{10}{3}$이다.
(나)는 원자 수가 5 이하의 분자이므로 분자식은 YZX_2이다. X와 Y와 Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 Z는 O(산소)이고, W는 N(질소)이다. 따라서 (나) YZX_2는 COF_2이고, (다) XYW는 FCN이며, (라) WX_3는 NF_3이다.
ㄴ. (나)(COF_2)에서 C=O 결합이 이중 결합이고, (다)(FCN)에서 C≡N 결합이 삼중 결합이므로 다중 결합이 있는 분자는 2가지이다.

바로알기 | ㄱ. (나) COF_2에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 $\frac{8}{4}=2=\frac{a}{3}$이므로 $a=6$이다.
ㄷ. (가)(CF_4)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (라)(NF_3)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

234

② 기체 상태의 분자 X를 전기장 속에 넣었을 때 분자가 일정한 방향으로 배열되었으므로 분자 X는 극성 분자이다. NF_3는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 있어 분자 구조가 비대칭이므로 극성 분자이다.

바로알기 | ①, ③, ④, ⑤ H_2, CO_2, C_2H_2, Cl_2는 모두 무극성 분자이다.

235

기체 상태의 분자를 전기장 속에 넣었을 때, 극성 분자는 분자 내 부분적인 전하가 전기장의 영향을 받아 일정한 방향으로 배열되고, 무극성 분자는 전기장의 영향을 받지 않아 무질서하게 배열된다. 또한 액체 상태의 극성 분자에 전하를 띤 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려간다. 이때 극성 분자는 한 분자 안에 서로 다른 부분적인 전하를 띠고 있으므로 대전체가 띠는 전하의 종류와 관계없이 대전체 쪽으로 끌려간다.

236

ㄱ, ㄷ. 물과 에탄올은 극성 물질이므로 전하를 띤 대전체를 가까이 가져갔을 때 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려간다.

바로알기 | ㄴ. 양전하를 띤 대전체를 가까이 가져가도 물줄기가 그림처럼 휘어진다.

237

① 기체 상태의 분자 X를 전기장 속에 넣었을 때 분자가 일정한 방향으로 배열되었으므로 분자 X는 극성 분자이다.
② 분자 X는 서로 다른 원자 ㉠과 ㉡으로 구성되어 있으므로 극성 공유 결합이 있다.
③ HF(*g*)는 극성 분자이다.
⑥ 분자 X는 극성 분자이므로 액체 상태일 때 전하를 띤 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려간다.

바로알기 | ④ 원자 ㉡이 (+)극 쪽으로 향하므로 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 원자 ㉠이 (−)극 쪽으로 향하므로 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 따라서 전기음성도는 원자 ㉡ > 원자 ㉠이다.
⑤ 분자 X는 분자 내 전하가 고르게 분포하지 않아 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

238 **모범 답안** (−)극과 (+)극을 바꾸면 분자의 배열 방향은 반대가 되어 원자 ㉠과 원자 ㉡의 위치는 서로 바뀌지만, 분자는 일정한 방향으로 배열된다.

채점 기준	배점
원자의 위치는 서로 바뀌지만, 분자는 일정한 방향으로 배열된다는 내용이 포함된 경우	100 %
분자가 일정한 방향으로 배열된다는 내용만 포함된 경우	50 %

239 기체 상태의 분자 X는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되므로 극성 분자이고, 기체 상태의 분자 Y는 전기장 속에서 무질서하게 배열되므로 무극성 분자이다.
ㄱ. X는 극성 분자이므로 액체 상태일 때 전하를 띤 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려간다.
ㄷ. BF_3는 무극성 분자이므로 기체 상태의 BF_3는 전기장 속에서 무질서하게 배열된다.
바로알기 | ㄴ. X는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, Y는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

240 ㄱ. 이온 결합 물질인 $CuSO_4$(황산 구리(Ⅱ))가 용매 Ⅰ에 거의 녹지 않으므로 용매 Ⅰ은 무극성 물질인 C_6H_{14}(헥세인)이다.
ㄴ. 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 녹으므로 '잘 녹음'은 ㉠으로 적절하다.
바로알기 | ㄷ. C_6H_{14}은 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, H_2O은 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

☑ 개념 보충

분자의 극성과 용해성
- 극성 물질이나 이온 결합 물질은 극성 물질에 잘 용해된다.
  - 예 • 극성 물질인 H_2O은 NaCl(염화 나트륨)이나 $CuSO_4$(Ⅱ)와 같은 이온 결합 물질을 잘 녹인다.
  - 극성 물질인 H_2O과 C_2H_5OH(에탄올)은 잘 섞인다.
- 무극성 물질은 무극성 물질에 잘 용해된다.
  - 예 • 무극성 물질인 I_2(아이오딘)은 무극성 물질인 CCl_4(사염화 탄소)에 잘 녹는다.
  - 무극성 물질인 C_6H_{14}과 C_6H_6은 잘 섞인다.
- 극성 물질과 무극성 물질은 서로 잘 섞이지 않는다.
  - 예 • 극성 물질인 H_2O과 무극성 물질인 식용유나 C_6H_{14}은 잘 섞이지 않고 분리되어 층을 이룬다.

241 ㄱ. (가)에서 H_2O이 C_6H_{14}보다 아래에 있으므로 밀도는 $H_2O > C_6H_{14}$이다. (나)에서 CCl_4가 H_2O보다 아래에 있으므로 밀도는 $CCl_4 > H_2O$이다. 따라서 밀도는 $CCl_4 > H_2O > C_6H_{14}$이다.
바로알기 | ㄴ. C_6H_{14}은 극성 분자인 H_2O과 잘 섞이지 않으므로 무극성 분자이다.
ㄷ. 무극성 분자인 C_6H_{14}과 CCl_4는 서로 잘 섞이지만, 극성 분자인 H_2O은 잘 섞이지 않으므로 H_2O의 액체층과 C_6H_{14}과 CCl_4의 혼합층으로 분리된다.

242 ㄱ. X는 극성 물질인 H_2O에 거의 녹지 않으므로 X는 무극성 물질이다. 또한 Y에는 잘 녹으므로 Y는 무극성 물질이다.
ㄴ. 무극성 물질인 Y가 들어 있는 시험관에 이온 결합 물질인 NaCl(염화 나트륨)을 넣으면 거의 녹지 않는다.
바로알기 | ㄷ. 극성 물질인 H_2O과 무극성 물질인 Y는 잘 섞이지 않는다.

243 **모범 답안** 물은 극성 물질이고 유성 물감은 무극성 물질이므로 서로 섞이지 않는다. 이 성질을 이용하여 물 위에 물감으로 무늬를 만든 뒤 종이를 덮으면 그 무늬가 종이에 옮겨진다.

채점 기준	배점
물은 극성 물질이고 유성 물감은 무극성 물질임을 판단하고, 두 물질이 서로 섞이지 않는다는 내용을 모두 포함하여 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
물과 유성 물감의 극성 유무를 옳게 판단하였거나, 두 물질이 서로 섞이지 않는다는 내용 중 한 가지만 포함하여 까닭을 서술한 경우	50 %

244 학생 A~C의 대화 내용 모두 분자의 극성을 이용한 사례이다.

☑ 개념 보충

물질의 극성을 이용한 사례
- 드라이클리닝은 물 대신 기름 성분으로 이루어진 유기 용매를 사용하여 세탁하는 방법이다. 이때 사용하는 유기 용매는 무극성 물질이므로 기름때와 같은 무극성 오염 물질을 잘 녹인다.
- 당근에 들어 있는 베타 카로틴은 지용성이므로 기름과 함께 조리하면 체내 흡수율이 높아진다.
- 식용유를 만들 때는 지용성 용매인 헥세인을 사용하여 원료의 기름을 녹인 뒤 이를 정제하여 만든다.
- 무극성 물질인 이산화 탄소를 용매로 사용하면 커피의 맛과 향은 유지하면서 극성 물질인 카페인을 선택적으로 제거하여 디카페인 커피를 만들 수 있다.

245 ㄱ. 기체 상태의 XH_3는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되므로 극성 분자이고, 기체 상태의 YH_4는 전기장 속에서 무질서하게 배열되므로 무극성 분자이다.
바로알기 | ㄴ. XH_3는 극성 분자이므로 극성 용매와 잘 섞이지만, YH_4는 무극성 분자이므로 극성 용매와 잘 섞이지 않는다.
ㄷ. 분자량이 비슷할 때 일반적으로 극성 분자는 무극성 분자보다 분자 사이에 작용하는 인력이 크므로 끓는점은 극성 분자인 XH_3가 YH_4보다 높다.

246 **모범 답안** 분자량이 비슷할 때 일반적으로 극성 분자는 무극성 분자보다 분자 사이에 작용하는 인력이 크므로 녹는점과 끓는점이 높다. 따라서 극성 분자인 H_2O이 무극성 분자인 CH_4보다 녹는점과 끓는점이 높다.

채점 기준	배점
물과 메테인의 극성 유무를 판단하고, 극성 분자가 끓는점이 높은 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
물과 메테인의 극성 유무만 판단하여 그 까닭을 서술한 경우	50 %

247 ㄱ. (가)와 (나)는 분자량이 비슷하지만, 끓는점은 (가)가 (나)보다 낮으므로 ㉠은 무극성 분자이다.
ㄴ. (가)와 (다)는 분자량이 비슷하지만, (다)는 극성 분자이고 (가)는 무극성 분자이므로 끓는점은 (다)가 (가)보다 높다. 따라서 $a > -161$이다.
바로알기 | ㄷ. (가)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (다)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

248 ② NH_3는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.
⑤ CH_4에서 C−H 결합이 서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합이므로 극성 공유 결합이다.

바로알기 | ① CH_4은 무극성 분자이다.
③ 일반적으로 분자량이 비슷할 때 극성 분자가 무극성 분자보다 끓는점이 높다. 따라서 $b>a$이다.
④ CH_4에는 비공유 전자쌍이 없고, NH_3에는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 1개 있다.
⑥ CH_4의 분자 구조는 정사면체이므로 결합각은 109.5°이고, NH_3의 분자 구조는 삼각뿔이므로 결합각은 107°이다.

249 ㄴ. (가)와 (나)의 분자식은 C_2H_6O로 같다.
ㄷ. (가)와 (나)에는 O(산소)에 비공유 전자쌍이 있으므로 (가)와 (나)는 모두 극성 분자이다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.
바로알기 | ㄱ. (가)는 극성 분자이므로 극성 분자인 물에 잘 용해된다.

250 ㄴ. 분자량이 비슷할 때 일반적으로 극성 분자는 무극성 분자보다 분자 사이에 작용하는 인력이 크므로 녹는점과 끓는점이 높다. 따라서 끓는점은 (가)가 (나)보다 높다.
바로알기 | ㄱ. (가)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.
다른 풀이 (가)는 중심 원자인 O(산소)에 비공유 전자쌍이 있으므로 분자 구조가 비대칭이다. 따라서 (가)는 극성 분자이다.
ㄷ. (가)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각(α)은 약 104.5°이다. (나)에서 C(탄소) 원자 주위에 공유 전자쌍이 3개 있으므로 결합각(β)은 약 120°이다.

최고 수준 도전 기출 68쪽~69쪽

251 ⑤ 252 ③ 253 ② 254 ③ 255 ① 256 ④
257 ② 258 ①

251

원자	루이스 전자점식	홀전자 수	$\frac{\text{쌍을 이루는 전자 수}}{\text{홀전자 수}}$	
Li	$Li\cdot$	1	$\frac{0}{1}=0$	
Be	$\cdot Be\cdot$	2	$\frac{0}{2}=0$	➡ Y
B	$\cdot\dot{B}\cdot$	3	$\frac{0}{3}=0$	➡ W
C	$\cdot\dot{C}\cdot$	4	$\frac{0}{4}=0$	
N	$\cdot\ddot{N}\cdot$	3	$\frac{2}{3}$	➡ X
O	$:\ddot{O}\cdot$	2	$\frac{4}{2}=2$	
F	$:\ddot{F}\cdot$	1	$\frac{6}{1}=6$	➡ Z

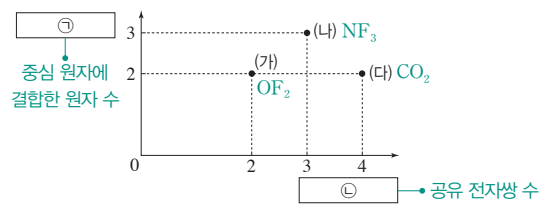
$\frac{\text{쌍을 이루는 전자 수}}{\text{홀전자 수}}$비가 X : Z=$z$: $9z$=1 : 9이므로 X는 N(질소)이고, Z는 F(플루오린)이며, $z=\frac{2}{3}$이다. 또한 N와 F의 홀전자 수가 각각 3과 1이므로 x=2이다. $\frac{\text{쌍을 이루는 전자 수}}{\text{홀전자 수}}$가 0으로 같고, 홀전자 수가 각각 2와 3인 원소는 Be과 B이다. 따라서 Y는 Be(베릴륨)이고, W는 B(붕소)이다.

ㄱ. x=2, y=0, $z=\frac{2}{3}$이므로 $\frac{x+y}{z}$=3이다.

ㄷ. W~Z 중 Cl(염소) 원자와 공유 결합하여 옥텟 규칙을 만족하는 분자를 만드는 원자는 원자가 전자 수가 4보다 큰 X(N)와 Z(F) 2가지(NCl_3, FCl)이다.

바로알기 | ㄴ. 원자가 전자 수는 W(B)와 X(N)가 각각 3과 5이고, Y(Be)와 Z(F)가 각각 2와 7이므로 원자가 전자 수의 합은 Y+Z>W+X이다.

252



ㄱ. 분자의 중심 원자가 1개이고 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하므로 공유 전자쌍 수는 중심 원자에 결합한 원자 수보다 항상 크거나 같다. 따라서 ㉠은 중심 원자에 결합한 원자 수이고, ㉡은 공유 전자쌍 수이다. 이때 조건을 만족하는 (가)는 OF_2, (나)는 NF_3, (다)는 CO_2이다.
ㄷ. 비공유 전자쌍 수비는 (가)(OF_2) : (나)(NF_3)=8 : 10=4 : 5이다.
바로알기 | ㄴ. (가)(OF_2)의 분자 구조는 굽은 형이므로 결합각은 약 104.5°이고, (다)(CO_2)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이다.

253 C, N, O, F 중 2종류의 원소로 구성되고, 원자 수가 4 이하인 분자에서 원자 수비는 1 : 2이고, $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=1$을 만족하는 분자는 CO_2이다. 따라서 (라)는 CO_2이고, Y는 C(탄소), Z는 O(산소)이다.
(가)는 N(질소)와 F(플루오린)이 1 : 1로 구성되고, 원자 수가 4 이하인 분자이며, $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{1}{2}$을 만족하는 분자이므로 N_2F_2이다.
(나)는 N, F, C로 구성되고, 원자 수가 4 이하인 분자이고 C와 N 또는 C와 F이 1 : 1로 구성된 분자이므로 (나)는 FCN이다.
(다)에서 X는 N(질소)와 F(플루오린) 중 하나이다. X가 F(플루오린)이라면 (다)는 C, O, F으로 구성된 원자 수가 4 이하인 분자이며 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{1}{2}$을 만족하고 F과 O가 2 : 1로 구성된 분자이므로 (다)는 COF_2이다. 반면 X가 N(질소)라면 (다)는 CON_2이므로 주어진 조건에 만족하지 않는다.
즉, (가)는 N_2F_2, (나)는 FCN, (다)는 COF_2, (라)는 CO_2이다.
ㄴ. (가)(F−N=N−F)에는 같은 원자 사이에 형성되는 공유 결합인 N=N 결합이 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.
바로알기 | ㄱ. (나)(FCN)의 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=\frac{4}{4}=1$이다.
ㄷ. (가)(N_2F_2)에는 N=N 결합에 (다)(COF_2)에는 C=O 결합에, (라)(CO_2)에는 C=O 결합에 이중 결합이 있다.

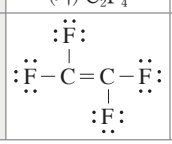
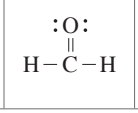
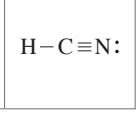
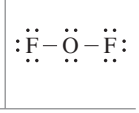
254 C, N, O, F이 (가)~(라)에서 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 C, N, O, F이 (가)~(라)를 구성할 때 원자 1개당 비공유 전자쌍 수는 C(탄소)는 0, N(질소)는 1, O(산소)는 2, F(플루오린)은 3이다.

(다)에서 구성 원자 수가 3이고 비공유 전자쌍 수가 1이므로 (다)는 H, C, N로 구성된 3원자 분자이다. 따라서 (다)는 HCN이다.

(다)를 구성하는 원자 중 X는 3가지 분자에 포함되어 있고, Z는 1가지 분자에 포함되어 있으며, V는 2가지 분자에 포함되어 있으므로 V는 H(수소)이다.

(나)는 비공유 전자쌍 수가 2이므로 비공유 전자쌍을 가질 수 있는 N, O, F 중 O(산소) 원자 1개가 포함되어 있거나 N(질소) 원자 2개가 포함되어 있어야 한다. 따라서 O 1개와 H, C로 구성된 4원자 분자는 CH_2O이다.

(나)와 (다)에 공통으로 들어 있는 원자는 C이므로 X는 C(탄소)이다. 따라서 W는 O(산소)이고, Z는 N(질소)이며, Y는 F(플루오린)이다. C_2F_4, CH_2O, HCN, OF_2의 루이스 구조는 다음과 같다.

분자	(가) C_2F_4	(나) CH_2O	(다) HCN	(라) OF_2
루이스 구조				

ㄱ. O(산소)가 포함된 분자는 (나)와 (라) 2가지이다.

ㄴ. (나)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 결합각은 약 120°이고, (다)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이다.

바로알기 | ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 (가)가 $\frac{12}{6}=2$, (라)가 $\frac{8}{2}=4$이다.

255 1, 2주기 원소 중 공유 결합하는 원소는 H, Be, B, C, N, O, F 7가지이다. 7가지 원소 중 2가지 원소로만 구성된 3원자 분자 또는 4원자 분자 중 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍을 모두 가지고 있는 분자는 BeF_2, BF_3, CO_2, NH_3, NF_3, H_2O, OF_2이다. 이 중에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=1$인 분자는 CO_2와 H_2O이고, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=3$인 분자는 BeF_2와 BF_3이다. CO_2와 BeF_2의 결합각은 180°이고, BF_3의 결합각은 120°이고, H_2O의 결합각은 104.5°이다. 따라서 (가)는 CO_2, (나)는 H_2O, (다)는 BeF_2, (라)는 BF_3이다.

ㄱ. (가)~(라) 중 한 분자당 원자 수가 4인 분자는 (라) 1가지이다.

바로알기 | ㄴ. (가)(CO_2)와 (다)(BeF_2)의 분자 구조는 선형이고, (나)(H_2O)의 분자 구조는 굽은 형, (라)(BF_3)의 분자 구조는 평면 삼각형이므로 모두 평면 구조이다.

ㄷ. (라)는 BF_3이므로 결합각은 120°이다. 따라서 $\beta=120$이다.

256

분자	N_2	HF	CH_3Cl	CO_2
공유 전자쌍 수	3	1	4	4
비공유 전자쌍 수	2	3	3	4

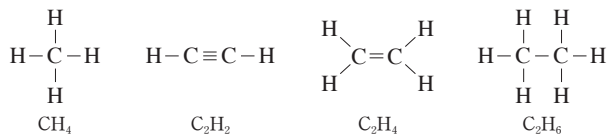
따라서 (가)는 HF, (나)는 N_2, (다)는 CO_2, (라)는 CH_3Cl이다.

ㄱ. (가)의 공유 전자쌍 수는 1이고, (라)의 비공유 전자쌍 수는 3이므로 a는 4이다.

ㄷ. (나)(N_2)는 같은 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 이원자 분자이므로 무극성 분자이며, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. (라)(CH_3Cl)는 중심 원자인 C(탄소)에 결합한 원자의 종류가 서로 다르므로 분자가 비대칭 구조이다. 따라서 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0보다 크다.

바로알기 | ㄴ. (다)(CO_2)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이고, (라)의 분자 구조는 사면체이므로 결합각은 약 109.5°이다.

257 CH_4, C_2H_2, C_2H_4, C_2H_6의 루이스 구조는 다음과 같다.



(다)는 다중 결합과 무극성 공유 결합이 없으므로 CH_4이고, (나)는 다중 결합은 없지만 무극성 공유 결합은 있으므로 C_2H_6이다. C_2H_2의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이다. 따라서 (가)는 C_2H_4, (라)는 C_2H_2이다.

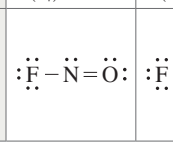
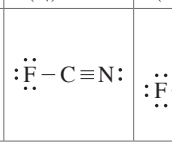
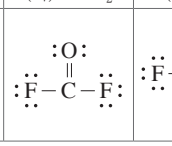
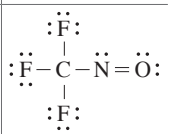
ㄴ. (다)(CH_4)의 분자 구조는 정사면체이므로 결합각은 109.5°이고, (라)(C_2H_2)의 분자 구조는 선형이므로 결합각은 180°이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 C_2H_4이다.

ㄷ. (나)(C_2H_6)의 공유 전자쌍 수는 7이고, (다)(CH_4)의 공유 전자쌍 수는 4이다.

258 C, N, O, F이 (가)~(라)에서 옥텟 규칙을 만족하므로 C, N, O, F이 (가)~(라)를 구성할 때 원자 1개당 비공유 전자쌍 수는 C는 0이고, N는 1이고, O는 2이고, F은 3이다. (가)에서 구성 원자 수가 3이고, 비공유 전자쌍 수가 6이므로 (가)는 N, O, F으로 구성된 FNO이다. (나)에서 구성 원자 수가 3이고 비공유 전자쌍 수가 4이므로 (나)는 C, N, F으로 구성된 FCN이다. (다)에서 구성 원자 수가 4이고, 비공유 전자쌍 수가 8이므로 (다)는 C, O, F으로 구성된 COF_2이다. (라)에서 구성 원자 수가 4이고, 비공유 전자쌍 수가 12이므로 (라)는 CF_3NO이다. 따라서 W는 F, X는 N, Y는 O, Z는 C이다.

FNO, FCN, COF_2, CF_3NO의 루이스 구조는 다음과 같다.

분자	(가) FNO	(나) FCN	(다) COF_2	(라) CF_3NO
루이스 구조				

ㄴ. (다)(COF_2)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{8}{4}=2$이고, (나)(FCN)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=\frac{4}{4}=1$이다.

바로알기 | ㄱ. (가)(FNO)의 중심 원자인 N(질소)에 결합한 원자의 종류가 서로 다르므로 분자가 비대칭 구조이다. 따라서 극성 분자이다.

ㄷ. (라)의 분자식은 CF_3NO이므로 (라)에서 원자 수는 W(F)가 Z(C)의 3배이다.

08 화학 평형

빈출 자료 보기

71쪽

259 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ○

259 (2) (다) 이후 시험관 속 기체의 색이 일정하게 유지되므로 (나)는 동적 평형에 도달하기 전이다. 따라서 (나)에서는 $NO_2(g)$가 $N_2O_4(g)$를 생성하는 정반응 속도가 $N_2O_4(g)$가 $NO_2(g)$로 분해되는 역반응 속도보다 크다.

(7) 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 반응물과 생성물의 농도가 일정하다.

바로알기 | (3) $N_2O_4(g)$의 생성과 분해 반응은 가역 반응이므로 (다)에서 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

(4) 정반응은 기체 분자 수가 감소하는 반응이고, 반응 초기에 반응물인 $NO_2(g)$를 넣어 주었으므로 평형에 도달할 때까지 기체 분자 수가 감소하다가 일정해진다. 따라서 전체 기체 분자 수는 (가)>(나)>(다)이다.

난이도별 필수 기출

72쪽~77쪽

260 ③ **261** ②, ⑤ **262** 해설 참조 **263** ①
264 ③ **265** ④ **266** ④, ⑤ **267** ⑤ **268** ②
269 ② **270** ① **271** ② **272** ② **273** ① **274** ③
275 해설 참조 **276** ⑤, ⑥ **277** ④ **278** ②
279 ② **280** ③ **281** ② **282** ② **283** 해설 참조
284 ② **285** ③

260 ㄱ. 가역 반응은 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어나는 반응이다.

ㄴ. 가역 반응은 정반응을 나타내는 '⟶'와 역반응을 나타내는 '⟵'를 함께 나타낸 '⟷'를 사용해 하나의 화학 반응식으로 나타낼 수 있다.

바로알기 | ㄷ. 비가역 반응에서는 한쪽 반응만 일어나므로 충분한 시간이 지나도 동적 평형에 도달하지 않는다.

261 ② 황산 구리(Ⅱ) 오수화물을 가열하면 물이 빠져나가면서 황산 구리(Ⅱ)가 생성되고, 황산 구리(Ⅱ)에 물을 떨어뜨리면 황산 구리(Ⅱ) 오수화물이 생성되므로 이 반응은 가역 반응이다.

⑤ 염화 코발트(Ⅱ) 육수화물을 가열하면 물이 빠져나가면서 염화 코발트(Ⅱ)가 생성되고, 염화 코발트(Ⅱ)에 물을 떨어뜨리면 염화 코발트(Ⅱ) 육수화물이 생성되므로 이 반응은 가역 반응이다.

바로알기 | ①, ③ 메테인의 연소 반응, 강산과 강염기의 중화 반응은 비가역 반응이다.

④ 묽은 염산에 마그네슘을 넣으면 수소 기체가 발생한다. 기체가 발생하는 반응은 비가역 반응이다.

262 (가)의 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어나는 반응이므로 가역 반응이다. 반면 (나)는 정반응만 일어나는 비가역 반응이다.

모범 답안 (가)의 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어나는 반응이므로 가역 반응이고, (나)는 정반응만 일어나는 반응이므로 비가역 반응이다.

채점 기준	배점
가역 반응과 비가역 반응의 구분을 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
가역 반응과 비가역 반응의 구분만 옳은 경우	50 %

263 ㄱ. 파란색 염화 코발트(Ⅱ)가 공기 중의 수분과 반응하여 붉은색 염화 코발트(Ⅱ) 육수화물($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)이 생성되고, 가열하면 붉은색 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$이 물을 잃고 파란색 염화 코발트(Ⅱ)가 되는 것으로 보아 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$의 생성과 분해 반응은 가역 반응이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서는 파란색 염화 코발트(Ⅱ)가 공기 중의 수분과 반응하여 붉은색 염화 코발트(Ⅱ) 육수화물($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)이 생성되는 반응이 우세하게 일어난다.

ㄷ. (나)에서는 붉은색 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$이 물을 잃고 파란색 염화 코발트(Ⅱ)가 되는 분해 반응이 우세하게 일어난다.

264 ㄱ. 석순은 탄산수소 칼슘 수용액에서 물이 증발하고 이산화탄소가 빠져나가는 역반응이 진행되면서 생성되므로 석순의 주성분은 $CaCO_3(s)$이다.

ㄷ. 석회 동굴과 석순의 생성 반응은 정반응과 역반응 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.

바로알기 | ㄴ. ㉡은 석순이 생성되는 반응이다. 석회 동굴이 생성되는 반응은 ㉠이다.

265 ④ (다)는 동적 평형 상태이므로 증발 속도=응축 속도이다.

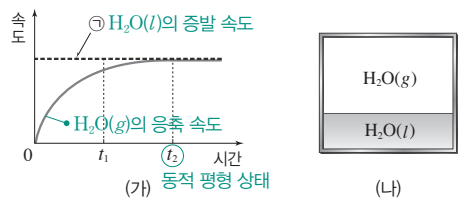
바로알기 | ① 일정한 온도에서 증발 속도는 일정하므로 증발 속도는 (가)=(나)=(다)이다.

② 응축 속도는 용기 내 $H_2O(g)$의 양(mol)이 많을수록 커지므로 응축 속도는 (다)>(나)>(가)이다.

③ 동적 평형에 도달할 때까지 $H_2O(g)$의 양은 증가하다가 동적 평형에 도달하면 일정해지므로 $H_2O(g)$의 양(mol)은 (다)>(나)>(가)이다.

⑤ 동적 평형 상태에서는 $H_2O(l)$의 증발과 $H_2O(g)$의 응축이 모두 일어난다.

266



① H_2O은 증발과 응축이 모두 일어나므로 H_2O의 증발과 응축은 가역 반응이다.

② ㉠은 속도가 일정하므로 $H_2O(l)$의 증발 속도이고, 실선으로 표시된 것은 $H_2O(g)$의 응축 속도이다.

③ $H_2O(l)$의 양(mol)은 점점 감소하다가 일정해지고, $H_2O(g)$의 양(mol)은 점점 증가하다가 일정해진다. 따라서 $H_2O(l)$의 양(mol)은 t_1일 때가 t_2일 때보다 많다.

⑥ t_2 이후는 동적 평형 상태이므로 용기 내 $H_2O(l)$의 양(mol)과 $H_2O(g)$의 양(mol)은 각각 일정하다.

바로알기 | ④ 일정한 온도에서 $H_2O(l)$의 증발 속도는 일정하고, $H_2O(g)$의 응축 속도는 용기 속 수증기의 양(mol)이 많을수록 커진다. $H_2O(l)$을 넣은 초기에는 일정한 속도로 증발이 일어나고, 응축 속도가 점점 증가하다가 증발 속도와 응축 속도가 같아질 때 동적 평형에 도달한다. 따라서 $H_2O(g)$의 응축 속도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다.

⑤ H_2O의 증발과 응축은 가역 반응이므로 t_2일 때 H_2O의 증발과 응축은 모두 일어난다.

267 일정한 온도에서 $H_2O(l)$의 증발 속도는 일정하고, $H_2O(g)$의 응축 속도는 용기 내 수증기의 양(mol)이 많을수록 커진다. $H_2O(l)$을 넣은 초기에는 일정한 속도로 증발이 일어나고, 응축 속도가 점점 증가하다가 증발 속도와 응축 속도가 같아질 때 동적 평형에 도달한다.

ㄱ. t_1일 때는 동적 평형에 도달하기 전이므로 H_2O의 증발 속도는 응축 속도보다 크다.

ㄴ. t_2일 때 동적 평형에 도달하므로 t_2 이후 용기 내 $H_2O(l)$의 질량은 일정하다.

ㄷ. 용기 내 $H_2O(g)$의 양(mol)은 동적 평형에 도달한 t_2일 때가 동적 평형에 도달하기 전인 t_1일 때보다 많다.

268 ㄷ. $H_2O(l)$의 증발 속도는 t_1일 때와 t_2일 때가 같고, $H_2O(g)$의 응축 속도는 t_2일 때가 t_1일 때보다 크다. 따라서 H_2O의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}}$는 t_2일 때가 t_1일 때보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 일정한 온도에서 $H_2O(l)$의 증발 속도는 일정하므로 $H_2O(l)$의 증발 속도는 t_1일 때와 t_2일 때가 같다.

ㄴ. (가)에서 t_2일 때 $H_2O(l)$의 질량이 일정하게 유지되므로 H_2O의 증발과 응축이 같은 속도로 일어나는 동적 평형에 도달한다. 따라서 $H_2O(g)$가 $H_2O(l)$로 되는 반응과 $H_2O(l)$이 $H_2O(g)$로 되는 반응이 같은 속도로 일어난다.

269 ㄴ. 수용액 속 용질의 농도가 증가할수록 석출 속도가 증가하다가 용해 속도와 석출 속도가 같아지면 용해 평형에 도달한다. 따라서 수용액 속 Na^+의 농도는 용해 평형 상태인 (나)에서가 용해 평형 전인 (가)에서보다 크다.

바로알기 | ㄱ. NaCl의 용해와 석출은 가역 반응이므로 (가)에서 (나)로 될 때 용해와 석출이 모두 일어난다.

ㄷ. (나)는 용해 평형 상태이므로 NaCl의 석출과 용해는 같은 속도로 일어난다.

270 일정한 온도에서 설탕의 석출 속도는 설탕 수용액의 농도가 클수록 커지다가 용해 평형에 도달하면 설탕의 용해 속도와 석출 속도는 같아진다.

ㄱ. 설탕의 용해와 석출은 가역 반응이므로 t일 때 설탕의 용해와 석출은 모두 일어난다.

ㄴ. $4t$일 때 설탕 수용액은 용해 평형에 도달하므로 설탕의 용해 속도와 석출 속도는 같다. 즉, 석출되는 설탕의 양(mol)과 용해되는 설탕의 양(mol)은 같다.

바로알기 | ㄷ. $4t$일 때와 $8t$일 때는 모두 용해 평형 상태이므로 설탕의 석출 속도는 같다.

ㄹ. $4t$일 때 설탕 수용액은 용해 평형에 도달하므로 설탕 수용액의 몰농도(M)는 $4t$ 이후 일정하다.

271 ㄷ. 용해 평형 상태에서 석출 속도와 용해 속도가 같으므로 용해 평형 상태에서 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}}=1$이다. 따라서 용해 평형 상태에서 X의 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}}$는 (나)에서와 (다)에서가 같다.

바로알기 | ㄱ. 일정한 온도에서 일정량의 물에 용해 평형에 도달할 때까지 녹은 X의 질량은 (가)와 (나)에서 26 g으로 같다. 따라서 (다)에서도 용해 평형에 도달할 때까지 녹은 X의 질량은 26 g이므로 녹지 않고 남은 X(s)의 질량(g)은 $80-26=54$이고, $w=54$이다.

ㄴ. (가)~(다)에서 모두 일정량의 물에 녹아 있는 X의 질량이 26 g으로 같으므로 X(aq)의 농도는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

272 ㄷ. 충분한 시간이 지나면 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나는 화학 평형에 도달하므로 $NO_2(g)$의 농도는 일정하게 유지된다.

바로알기 | ㄱ. $2NO_2(g) \rightleftarrows N_2O_4(g)$ 반응에서 반응물인 $NO_2(g)$를 넣고 반응이 진행될 때 초기에는 정반응이 우세하게 일어나면서 $NO_2(g)$의 농도가 감소한다. 이때 $N_2O_4(g)$의 농도가 증가하면서 역반응 속도가 점점 커지다가 정반응 속도와 역반응 속도가 같아지는 화학 평형에 도달한다. 따라서 적갈색이 점점 연해지다가 연한 적갈색이 일정하게 유지된다.

ㄴ. 충분한 시간이 지나면 $NO_2(g)$가 $N_2O_4(g)$를 생성하는 반응과 $N_2O_4(g)$가 $NO_2(g)$를 생성하는 반응이 같은 속도로 일어난다.

273 ㄱ. $N_2(g)$와 $H_2(g)$가 반응하여 $NH_3(g)$를 생성하는 정반응과 $NH_3(g)$가 분해되어 $N_2(g)$와 $H_2(g)$를 생성하는 역반응이 모두 일어나므로 $NH_3(g)$의 생성과 분해 반응은 가역 반응이다.

바로알기 | ㄴ. 같은 양(mol)의 $N_2(g)$와 $H_2(g)$를 넣고 반응시키면 화학 평형에 도달할 때까지 반응한 몰비는 $N_2 : H_2=1 : 3$이므로 $N_2(g)$의 몰농도와 $H_2(g)$의 몰농도는 같지 않다.

ㄷ. 화학 평형 상태에서 $NH_3(g)$가 생성되는 정반응과 $NH_3(g)$가 분해되는 역반응은 같은 속도로 일어난다.

274 ㄱ. X(g)로부터 Y(g)가 생성되는 반응은 가역 반응이므로 X(g)를 넣고 반응시킬 때 반응 초기에 X(g)의 농도는 감소하다가 화학 평형에 도달한 이후 일정하게 유지된다.

ㄷ. 충분한 시간이 지나 화학 평형에 도달하면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다.

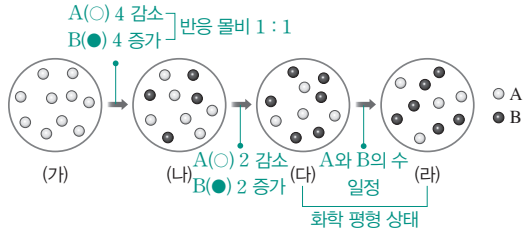
바로알기 | ㄴ. 충분한 시간이 지나 화학 평형에 도달하면 Y(g)를 생성하는 반응과 Y(g)가 소모되는 반응이 같은 속도로 일어나므로 시험관 속에는 X(g)와 Y(g)가 함께 존재한다.

275 $NO_2(g)$와 $CO(g)$가 반응하여 $NO(g)$와 $CO_2(g)$를 생성하는 반응은 가역 반응이므로 시험관에 반응물인 $NO_2(g)$와 $CO(g)$를 넣고 밀폐시킨 후 반응시키면 정반응 속도는 점점 감소하고, 역반응 속도는 점점 증가하다가 정반응 속도와 역반응 속도가 같아지는 화학 평형에 도달한다.

모범 답안 적갈색이 점점 연해지다가 충분한 시간이 지나 화학 평형에 도달하면 연한 갈색이 일정하게 유지된다.

채점 기준	배점
색 변화를 화학 평형과 관련지어 서술한 경우	100 %
적갈색이 연해지다가 일정해진다고만 서술한 경우	50 %

276



⑤ (다) → (라)에서 A와 B의 농도가 각각 일정하게 유지되므로 (다)는 화학 평형 상태이다.

⑥ (라)는 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

바로알기 | ① (가) → (나)에서 A 분자 수가 4만큼 감소할 때 B 분자 수는 4만큼 증가한다. 즉, 반응 몰비는 A : B=1 : 1이다. 한편 (다) 이후 용기 속 A와 B의 양(mol)이 일정하게 유지되는 것으로 보아 A(g)가 반응하여 B(g)를 생성하는 반응은 가역 반응이고, 화학 반응식은 $A(g) \rightleftarrows B(g)$이다.

② A(g)가 반응하여 B(g)를 생성하는 반응은 가역 반응이므로 (나)에서는 A(g)가 반응하여 B(g)를 생성하는 반응과 B(g)가 반응하여 A(g)를 생성하는 반응이 모두 일어난다.
③, ④ (다)와 (라)는 모두 화학 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다. 따라서 정반응 속도는 (다)에서와 (라)에서가 같고, 역반응 속도도 (다)에서와 (라)에서가 같다.

277 일정한 온도에서 밀폐된 용기에 $NO_2(g)$를 넣고 반응시킬 때 $NO_2(g)$가 $N_2O_4(g)$를 생성하는 정반응 속도는 점점 작아지고, $N_2O_4(g)$가 $NO_2(g)$를 생성하는 역반응 속도는 점점 커지다가 정반응 속도와 역반응 속도가 같아지는 화학 평형에 도달한다.
ㄴ. NO_2의 농도와 N_2O_4의 농도가 일정하게 유지되는 구간은 화학 평형 상태이다. t_2 이후 반응물과 생성물의 농도가 일정해지므로 t_2일 때 화학 평형에 도달한다.
ㄷ. t_2일 때 화학 평형에 도달하므로 t_2 이후 $[NO_2]$와 $[N_2O_4]$는 각각 일정하여 $\frac{[NO_2]}{[N_2O_4]}$는 일정하다.
바로알기 | ㄱ. 가역 반응에서는 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

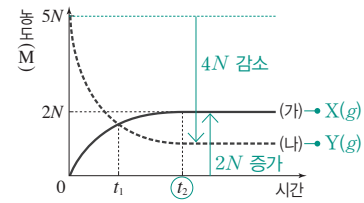
278 ㄴ. (나)는 화학 평형에 도달하기 전이므로 $N_2O_4(g)$가 생성되는 정반응 속도는 $N_2O_4(g)$가 분해되는 역반응 속도보다 크다.
바로알기 | ㄱ. $NO_2(g)$가 $N_2O_4(g)$를 생성하는 반응이 (다)에서 화학 평형에 도달한 것으로 보아 이 반응은 가역 반응이다. 따라서 (가)에서 (다)로 될 때 $NO_2(g)$가 $N_2O_4(g)$를 생성하는 정반응과, $N_2O_4(g)$가 $NO_2(g)$를 생성하는 역반응이 모두 일어난다.
ㄷ. 화학 반응식의 계수비는 평형에 도달할 때까지 반응물과 생성물의 반응의 양적 관계를 의미한다. 화학 반응식의 계수비는 평형 상태에서 존재하는 물질의 농도비와 무관하다. (다)에서 NO_2와 N_2O_4의 농도비는 4 : 3이다.

279 ㄴ. HI의 농도는 화학 평형에 도달할 때까지 감소하다가 평형에 도달하면 일정해지고, I_2의 농도는 화학 평형에 도달할 때까지 증가하다가 평형에 도달하면 일정해진다. 따라서 화학 평형에 도달할 때까지 $\frac{[I_2]}{[HI]}$는 증가하다가 일정해진다.
바로알기 | ㄱ, ㄷ. HI(g)를 넣고 반응시키면 화학 평형에 도달할 때까지 역반응 속도는 점점 작아지고, 정반응 속도는 점점 커지다가 정반응 속도와 역반응 속도가 같아지는 평형에 도달한다. 따라서 역반응뿐만 아니라 정반응도 일어난다.

280 ㄱ, ㄷ. t 이후 NO_2의 농도와 N_2O_4의 농도가 일정해지므로 t일 때 평형에 도달한다. 반응 초기에 $N_2O_4(g)$를 넣고 반응시켰으므로 평형에 도달할 때까지 $N_2O_4(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$ 반응이 $2NO_2(g) \longrightarrow N_2O_4(g)$ 반응보다 빠르게 일어난다.
바로알기 | ㄴ. t일 때 $N_2O_4(g)$의 분해 반응과 $N_2O_4(g)$의 생성 반응이 같은 속도로 일어난다.

281 ㄷ. (다)는 화학 평형 상태이므로 정반응인 ㉠ 반응의 속도와 역반응인 ㉡ 반응의 속도가 같다.
바로알기 | ㄱ. (가)는 제시된 화학 반응식에서 반응물만 넣은 초기 상태이므로 평형 상태인 (다)에 도달할 때까지 정반응 속도가 역반응 속도보다 크다.
ㄴ. (나)는 제시된 화학 반응식에서 생성물만 넣은 초기 상태이므로 평형 상태인 (다)에 도달할 때까지 역반응 속도가 정반응 속도보다 크다.

282



화학 평형 도달

화학 반응식의 계수비는 화학 평형에 도달할 때까지 반응한 물질의 몰비와 같다. 이때 반응 용기의 부피가 일정하므로 몰비는 농도비와 같다. (가)의 농도 변화가 $2N$일 때 (나)의 농도 변화는 $3N$보다 크고, 반응 몰비는 X : Y = 1 : 2이므로 (가)는 X(g)이고, (나)는 Y(g)이다.
ㄷ. 0~t_2 동안 X(g)의 농도 변화는 $2N$ M이므로 Y(g)의 농도 변화는 $4N$ M이다. 따라서 t_2일 때 Y(g)의 농도는 N M이다.
바로알기 | ㄱ. 농도 변화는 (나)가 (가)보다 크다. 따라서 (가)는 X(g)이고, (나)는 Y(g)이다. (나)의 농도는 점점 감소하다가 일정해지므로 반응 초기에 넣어 준 (나)는 Y(g)이다.
ㄴ. t_1일 때는 화학 평형에 도달하기 전이므로 Y가 X로 되는 역반응 속도가 X가 Y로 되는 정반응 속도보다 크다.

283 A를 넣고 반응시켰으므로 반응 초기부터 각 물질의 농도가 일정하게 유지되는 화학 평형에 도달할 때까지 정반응 속도가 역반응 속도보다 크다.
모범 답안 (1) 화학 평형에 도달할 때까지 A의 농도 변화는 2 M이고, B의 농도 변화는 1 M이다. 용기의 부피가 일정하므로 몰농도비는 몰비와 같다. 따라서 반응 몰비는 A : B = 2 : 1이므로 반응 계수비는 A : B = 2 : 1이고, a = 2이다.
(2) 1분일 때는 화학 평형에 도달하기 전이고, 반응 초기에 반응물인 A(g)를 넣고 반응시켰으므로 정반응 속도인 v_1이 역반응 속도인 v_2보다 크다. 따라서 $v_1 > v_2$이다.

채점 기준		배점
(1)	a를 평형 상태에 도달할 때까지의 농도 변화를 근거로 옳게 구한 경우	50 %
	a만 옳게 구한 경우	30 %
(2)	v_1과 v_2의 비교와 까닭이 모두 옳은 경우	50 %
	v_1과 v_2의 비교만 옳은 경우	30 %

284 화학 반응식의 계수는 X와 Y가 같고, 반응 초기에 넣어 준 X와 Y의 양이 1 mol로 같으므로 반응이 진행되는 동안 X와 Y의 양(mol)은 같다.
ㄴ. X와 Y의 양(mol)은 t_1일 때가 t_2일 때보다 많고, 각 반응 시간에 X와 Y의 양(mol)은 같다. 따라서 t_1일 때 Y의 양(mol)은 t_2일 때 X의 양(mol)보다 많다.
바로알기 | ㄱ. t_1일 때는 화학 평형에 도달하기 전이다.
ㄷ. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 반응이 일어나는 동안 용기 속 전체 기체의 양(mol)은 일정하다.

285 ㄱ. 반응 초기에 생성물인 $NH_3(g)$를 넣었으므로 평형에 도달할 때까지 역반응 속도인 v_2는 감소하고, 정반응 속도인 v_1은 증가한다.
ㄷ. 반응 초기부터 화학 평형에 도달할 때까지 생성된 $H_2(g)$의 양이 0.3 mol이므로 생성된 $N_2(g)$의 양은 0.1 mol이다. 따라서 평형 상태에서 $NH_3(g)$의 몰농도는 $N_2(g)$의 몰농도의 4배이다.
바로알기 | ㄴ. 화학 평형에 도달할 때까지 생성된 $H_2(g)$의 양이 0.3 mol이므로 반응한 $NH_3(g)$의 양은 0.2 mol이다. 이때 평형 상태에서 $NH_3(g)$의 양이 0.4 mol이므로 반응 초기에 넣어 준 $NH_3(g)$의 양(mol) x = 0.6이다.

09 평형 상수와 반응의 진행 방향

빈출 자료 보기 79쪽

286 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×

287 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

286 (1) 반응 초기 1 L 강철 용기에 넣어 준 A, B의 양은 각각 0.4 mol, 0.3 mol이고, 평형에 도달할 때까지 반응한 A의 양은 0.3 mol, B의 양은 0.1 mol이고, 생성된 C의 양은 0.2 mol이다. 이로부터 반응 몰비는 A : B : C=3 : 1 : 2이므로 화학 반응식은 $3A(g)+B(g) \rightleftarrows 2C(g)$이다.

(2) t_1부터 화학 평형에 도달하는 t_2까지 반응물의 농도는 감소하고, 생성물의 농도는 증가하므로 t_1일 때 정반응이 우세하게 일어난다.

(3) t_2일 때 화학 평형에 도달한다.

바로알기 | (4), (5) 평형 상수식은 $K=\frac{[C]^2}{[A]^3[B]}$이고, 각 물질의 평형 농도는 [A]=0.1 M, [B]=0.2 M, [C]=0.2 M이므로 $K=\frac{0.2^2}{0.1^3\times0.2}=200$이다.

287 (3) 실험 Ⅱ에서 각 물질의 초기 농도를 평형 상수식에 넣어 반응 지수(Q)를 구하면 $Q=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}=\frac{0.4^2}{0.4\times0.2^3}=50$이다. $Q=K$로 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

(4) 실험 Ⅲ에서 각 물질의 초기 농도를 평형 상수식에 넣어 반응 지수(Q)를 구하면 $Q=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}=\frac{0.2^2}{0.5\times0.1^3}=80$이다. $Q>K$이고, 역반응이 우세하게 일어난다.

바로알기 | (1), (2) 실험 Ⅰ에서 각 물질의 초기 농도를 평형 상수식에 넣어 반응 지수(Q)를 구하면 $Q=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}=\frac{0.1^2}{0.1\times0.2^3}=12.5$이다. 따라서 $Q<K$이고, 정반응이 우세하게 일어난다.

난이도별 필수 기출 80쪽~87쪽

288 ⑤, ⑥ **289** (1) $K=\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$ (2) $K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$

290 ⑤ **291** 해설 참조 **292** ③ **293** 2.5

294 ③ **295** ③ **296** ① **297** ② **298** 해설 참조

299 ④ **300** $\frac{8}{3}$ **301** ① **302** 해설 참조 **303** ④

304 ⑤ **305** ④ **306** ③ **307** ④ **308** ③, ⑤

309 ③ **310** ⑤ **311** ② **312** 해설 참조 **313** ④

314 해설 참조 **315** ③ **316** ⑤ **317** 해설 참조

318 ⑤ **319** ② **320** ① **321** ②

288 ⑤ 평형 상수가 1보다 매우 큰 반응은 평형 상태에서 생성물의 농도가 반응물의 농도에 비해 매우 큰 값을 갖는다.

⑥ 일정한 온도에서 어떤 반응의 평형 상수가 정반응에서 K일 때 역반응에서는 $\frac{1}{K}$이다.

바로알기 | ① 평형 상수는 화학 평형 상태에서 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비를 의미한다.

② 평형 상수는 반응물의 농도, 압력에는 영향을 받지 않지만, 온도에 따라 그 값이 달라진다.

③ 고체나 액체의 경우 농도가 일정하므로 평형 상수식에 포함하지 않는다.

④ 온도가 일정하면 반응물의 농도와 관계없이 평형 상수는 일정한 값을 갖는다.

289 평형 상수는 평형 상태에서 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비로 나타낸다.

(1) $K=\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$ (2) $K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$

290 ㄱ, ㄴ. 화학 평형 상태에서 반응물과 생성물의 농도는 일정하므로 용기 속 전체 기체의 양(mol)은 일정하다.

ㄷ. 평형 상수는 평형 상태에서 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비로 나타내므로 평형 상수식은 $K=\frac{[B]^2}{[A]}$이다.

291 평형 상수는 평형 상태에서 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비로 나타낸다.

모범 답안 제시된 반응의 평형 상수식은 $K=\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$이고, 이 식에 각 물질의 평형 농도를 대입하여 평형 상수를 구하면 $K=\frac{0.4^2}{0.1^2\times0.2}=80$이다.

채점 기준	배점
K 값과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
K 값만 옳은 경우	60 %

292 ㄱ. 화학 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.

ㄴ. 평형 상수 $K=\frac{[C][D]}{[A][B]}$이고, 이 값이 1보다 크므로 [A][B]<[C][D]이다.

바로알기 | ㄷ. 평형 상수는 반응물의 농도와 관계없이 온도가 일정하면 일정한 값을 갖는다. 따라서 같은 온도에서 반응물의 양을 2배로 하여 반응시켜 도달한 평형에서 평형 상수는 10이다.

293 반응 초기부터 각 물질의 농도가 일정하게 유지되는 화학 평형에 도달할 때까지 반응 몰비는 A : B=2 : 1이므로 $a=2$이다. 제시된 반응의 평형 상수식은 $K=\frac{[B]}{[A]^2}$이고, 평형 농도는 [A]=1 M, [B]=2.5 M이므로 $K=\frac{2.5}{1^2}=2.5$이다.

294 ㄱ. 반응 초기에 반응물인 $NO_2(g)$만 넣고 반응시키므로 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 일어난다. 정반응은 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 평형에 도달할 때까지 전체 기체 분자 수는 감소한다.

ㄷ. 평형 농도는 $[NO_2]=0.2$ M, $[N_2O_4]=0.2$ M이므로 평형 상수 $(K)=\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}=\frac{0.2}{0.2^2}=5$이다.

바로알기 | ㄴ. 평형에 도달하였을 때 생성된 $N_2O_4(g)$의 양이 0.2 mol이므로 반응한 $NO_2(g)$의 양은 0.4 mol이다. 따라서 평형 상태에서 $NO_2(g)$의 양(mol)은 0.6−0.4=0.2이므로 $N_2O_4(g)$의 양(mol)과 같다.

295 제시된 반응의 화학 반응식은 $H_2(g)+I_2(g) \rightleftarrows 2HI(g)$이다.

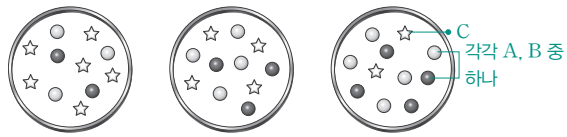
ㄱ. Ⅰ은 평형에 도달하기 전이고 Ⅰ에서 $HI(g)$의 농도가 증가하므로 $HI(g)$의 생성 속도는 분해 속도보다 크다.

ㄷ. Ⅱ는 평형 상태로 반응물과 생성물의 농도가 일정하므로 $\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$는 일정하다.

바로알기 | ㄴ. 일정한 온도와 부피에서 기체의 압력은 기체 분자 수에 비례하는데, 반응이 진행되는 동안 전체 기체 분자 수가 일정하므로 용기 속 전체 기체의 압력은 Ⅰ에서와 Ⅱ에서가 같다.

296 (가)의 $K_1=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{2^2}{2\times1}=2$이다. (나)의 $K_2=\frac{[D]^2}{[B][C]^3}=\frac{4^2}{2\times1^3}=8$이다. 따라서 $K_1\times K_2=16$이다.

297



시간의 순서: (다) → (나) → (가)

ㄷ. $K=\frac{[C]^2}{[A][B]}$이다. 강철 용기의 부피를 V L라고 하고, 모형 1개를 1 mol이라고 하면 $K=\frac{\left(\frac{6}{V}\right)^2}{\frac{2}{V}\times\frac{3}{V}}=6$이다.

바로알기 | ㄱ. $A(g)+B(g) \rightleftarrows 2C(g)$에서 반응 초기에 $A(g)$와 $B(g)$를 넣고 반응이 진행되므로 평형에 도달할 때까지 $A(g)$와 $B(g)$의 양(mol)은 감소하고, $C(g)$의 양(mol)은 증가한다.

(가)~(다)에서 기체 분자 수는 다음과 같다.

구분	(가)	(나)	(다)
○ 수	3	4	5
☆ 수	6	4	2
● 수	2	3	4

(다) → (나) → (가)에서 ○ 수와 ● 수가 각각 1만큼 감소할 때 ☆ 수는 2만큼 증가하므로 ●은 A와 B 중 하나이고, ☆은 C이다. 시간의 순서는 (다) → (나) → (가)이고, (가)는 평형 상태이다.

ㄴ. (가)는 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

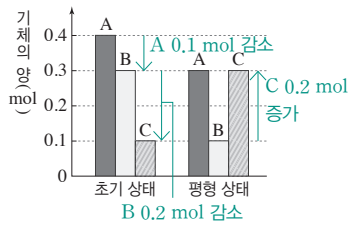
298

	$A(g)$	+	$3B(g)$	$\rightleftarrows$	$2C(g)$
초기 상태(mol)	1		3		0
반응(mol)	−0.5		−1.5		+1
평형 상태(mol)	0.5		1.5		1

모범 답안 화학 평형에 도달할 때까지 생성된 C의 양이 1 mol이므로 반응한 $A(g)$의 양은 0.5 mol, $B(g)$의 양은 1.5 mol이다. 따라서 각 물질의 평형 농도는 [A]=0.5 M, [B]=1.5 M, [C]=1 M이므로 $K=\frac{[C]^2}{[A][B]^3}=\frac{1^2}{0.5\times1.5^3}=\frac{16}{27}$이다.

채점 기준	배점
K와 풀이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
K만 옳게 구한 경우	60 %

299



ㄴ. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응물인 A와 B의 양(mol)은 감소하고, 생성물인 C의 양(mol)은 증가하므로 초기 상태부터 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행된다.

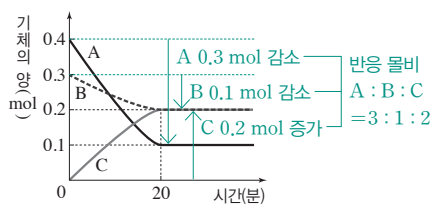
ㄷ. 평형 농도는 [A]=0.3 M, [B]=0.1 M, [C]=0.3 M이므로 평형 상수 $K=\frac{[C]^2}{[A][B]^2}=\frac{0.3^2}{0.3\times0.1^2}=30$이다.

바로알기 | ㄱ. 반응 몰비는 A : B : C=1 : 2 : 2이므로 반응 계수비는 A : B : C=1 : 2 : 2이고, $b=c=2$이다. 따라서 $b+c=4$이다.

300 강철 용기에 A를 넣고 반응시켜 각 물질의 농도가 일정하게 유지되는 구간, 즉 평형에 도달할 때까지 감소한 A의 양은 1 mol이고, 증가한 B의 양은 2 mol이므로 반응 몰비는 A : B=1 : 2이고, $b=2$이다. 이로부터 평형 상수식은 $K=\frac{[B]^2}{[A]}$이고, 평형 농도는 [A]=3 M, [B]=2 M이므로 $K=\frac{2^2}{3}=\frac{4}{3}$이다. 따라서 $b\times K=2\times\frac{4}{3}=\frac{8}{3}$이다.

301 실험 Ⅰ에서 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 감소한 A의 농도는 1 M이고, 증가한 C의 농도는 2 M인데, 강철 용기의 부피가 일정하므로 농도비는 몰비와 같다. 이로부터 반응 몰비는 A : C=1 : 2이므로 $c=2$이다. 실험 Ⅱ에서 증가한 B의 농도는 1 M이고, 감소한 C의 농도는 1 M이므로 반응 몰비는 B : C=1 : 1이고, $b=2$이다. 따라서 실험 Ⅰ에서 감소한 B의 농도는 2 M이므로 B의 초기 농도 $y=4$이고, 실험 Ⅱ에서 증가한 B의 농도가 1 M이므로 A의 초기 농도 $z=0.5$이다. 따라서 $K=\frac{[C]^2}{[A][B]^2}=\frac{4^2}{4\times2^2}=1$이고, $\frac{y\times z}{x}=\frac{4\times0.5}{1}=2$이다.

302



모범 답안 A와 B가 평형에 도달할 때까지 반응한 양은 각각 0.3 mol, 0.1 mol이고, 생성된 C의 양은 0.2 mol이므로 반응 몰비는 A : B : C=3 : 1 : 2이고, 화학 반응식은 $3A(g)+B(g) \rightleftarrows 2C(g)$이다. 따라서 $K=\frac{[C]^2}{[A]^3[B]}=\frac{0.2^2}{0.1^3\times0.2}=200$이다.

채점 기준	배점
K와 풀이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
K만 옳게 구한 경우	60 %

303 ㄴ. 반응 초기에 반응물인 $X(g)$를 넣어 반응시켰으므로 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 일어난다. 정반응은 기체 분자 수가 증가하는 반응이므로 전체 기체 분자 수는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 크다.

ㄷ. $K=\frac{[Y]^2}{[X]}=\frac{0.4^2}{0.8}=0.2$이다.

바로알기 | ㄱ. t일 때는 평형에 도달하기 전으로 정반응과 역반응이 모두 일어나고, 정반응 속도가 역반응 속도보다 크다.

304 ㄱ. A(g)를 넣고 반응시켜 평형에 도달할 때까지 감소한 A의 농도는 1 M이고, 증가한 B의 농도는 2 M이므로 반응 몰비는 A : B=1 : 2이다. 따라서 반응 계수비는 A : B=1 : 2이고, a=1이다.
ㄴ. A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응은 기체 분자 수가 증가하는 반응이므로 반응 초기부터 평형, 즉 (가)에 도달할 때까지 전체 기체 분자 수가 증가한다.
ㄷ. $K=\frac{[B]^2}{[A]}$이고, 평형 농도는 [A]=1 M, [B]=2 M이므로 $K=\frac{2^2}{1}=4$이다.

305 (가)에서 평형 농도는 [A]=0.5 M, [B]=1 M, [C]=1 M이므로 온도 T에서의 $K=\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}=\frac{1^2}{\left(\frac{1}{2}\right)^2\times1}=4$이고, (나)에서도 온도가 T로 같으므로 평형 상수(K)는 4이다. (나)에서 평형 농도는 [A]=1 M, [B]=$\frac{1}{4}$ M, [C]=$\frac{x}{2}$ M이므로 $K=\frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2}{1^2\times\frac{1}{4}}=4$, $x^2=4$이고, x=2이다. 따라서 $K\times x=4\times2=8$이다.

306 ①, ② 반응 지수(Q)는 평형 상수식에 현재 농도를 대입하여 구한 값으로, 일정한 온도에서 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작으면 정반응이 우세하게 진행된다.
④ 일정한 온도에서 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 크면 평형에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행되므로 생성물의 농도가 감소한다.
⑤ 일정한 온도에서 반응물을 넣고 반응시키면 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되다가 평형에 도달한다. 즉, 반응 초기에 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 작고, 정반응이 우세하게 진행되면서 반응물의 양은 감소하고 생성물의 양이 증가하므로 반응 지수(Q)는 점점 증가하다가 평형 상수(K)와 같아진다.
바로알기 | ③ 일정한 온도에서 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)가 같으면 평형 상태이므로 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.

307 ㄴ. (나)는 반응 지수(Q)와 평형 상수(K)가 같으므로 평형 상태이다. 따라서 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.
ㄷ. (다)는 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 크므로 역반응이 우세하게 진행된다. 즉, 생성물인 C의 농도가 감소하는 방향으로 반응이 우세하게 진행된다.
바로알기 | ㄱ. (가)는 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작으므로 정반응이 우세하게 진행된다. 즉, 반응물인 A와 B의 농도는 감소하고 생성물인 C의 농도가 증가하는 방향으로 반응이 우세하게 진행된다.

308 ③ t_2일 때는 평형 상태이므로 $Q=K$이다.
⑤ $K=\frac{[B]^b}{[A]}$이다. t_1일 때는 역반응이 우세하게 진행되므로 $Q>K$이고, t_2일 때는 평형 상태이므로 $Q=K$이다. 따라서 $\frac{[B]^b}{[A]}$는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.
바로알기 | ①, ② 일정한 온도에서 부피가 일정한 용기에 생성물인 B를 넣고 반응시킬 때 각 물질의 농도가 일정하게 유지되는 평형에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다. 따라서 t_1일 때 역반응 속도가 정반응 속도보다 크고, 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 크다.
④ 농도가 감소하는 물질은 B이고, 농도가 증가하는 물질은 A이다. 따라서 반응 몰비는 A : B=1 : 2이고 b=2이다.
⑥ 평형 농도는 [A]=2 M, [B]=4 M이므로 $K=\frac{[B]^2}{[A]}=\frac{4^2}{2}=8$이다.

309 ㄱ. A~C의 현재 농도는 [A]=1 M, [B]=1 M, [C]=1 M이므로 반응 초기에 반응 지수 $Q=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{1^2}{1\times1}=1$이다. 즉, 반응 초기에는 $Q<K$이므로 정반응이 우세하게 진행된다.
ㄷ. 평형에 도달할 때까지 반응한 A의 양을 x mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	A(g)	+	B(g)	⟷	2C(g)
초기 상태(mol)	1		1		1
반응(mol)	$-x$		$-x$		$+2x$
평형 상태(mol)	$1-x$		$1-x$		$1+2x$

이로부터 다음과 같은 관계식이 성립한다.
$K=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{(1+2x)^2}{(1-x)(1-x)}=4$
이 식을 풀면 $x=\frac{1}{4}$이다. 따라서 평형 상태에서 [C]=$\frac{3}{2}$ M이고, [A]=$\frac{3}{4}$ M이므로 평형 상태에서 [C]=2[A]이다.
바로알기 | ㄴ. 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행된다는 것은 정반응 속도가 역반응 속도보다 크다는 것이며, 역반응도 일어난다.

310 ㄱ. 초기 상태 (가)에서보다 평형 상태 (나)에서 C의 양이 많으므로 (가)에서 (나)에 도달할 때까지 C의 양(mol)이 증가하는 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 (가)에서는 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작다.
ㄴ. (가)에서 (나)에 도달할 때까지 증가한 C의 양이 0.8 mol이므로 반응한 A와 B의 양은 각각 0.4 mol이다. 따라서 (나)에서 A와 B의 양은 각각 1.6 mol이므로 $x+y$=3.2이다.
ㄷ. 평형 농도는 [A]=1.6 M, [B]=1.6 M, [C]=2.8 M이므로 $K=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{2.8^2}{1.6\times1.6}=\frac{49}{16}$이다.

311 ㄴ. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 증가한 A의 농도가 0.4 M일 때 감소한 B의 농도는 0.2 M이다. 이로부터 반응 몰비는 A : B=2 : 1이므로 b=1이다.
바로알기 | ㄱ. 반응 초기에 B와 C를 넣고 반응시킬 때 B의 농도가 감소하고, A의 농도가 증가하므로 평형에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다. 따라서 t_1일 때 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)인 0.25보다 크다.
ㄷ. t_2일 때 [C]=x M라고 하면 $K=\frac{[B][C]}{[A]^2}=\frac{0.1\times x}{0.4^2}=\frac{1}{4}$이므로 x=0.4이다. 따라서 t_2일 때 [C]=0.4 M이다.

312 모범 답안 반응 초기부터 화학 평형에 도달할 때까지 A의 농도는 0.2 M 감소, B의 농도는 0.1 M 감소하였고, C의 농도는 0.2 M 증가, D의 농도는 0.1 M 증가하였다. 따라서 반응 몰비는 A : B : C : D =2 : 1 : 2 : 1이므로 화학 반응식은 2A(g) + B(g) ⟷ 2C(g) + D(g)이다.
평형 농도는 [A]=0.2 M, [B]=0.2 M, [C]=0.2 M, [D]=0.1 M이므로 평형 상수 $K=\frac{[C]^2[D]}{[A]^2[B]}=\frac{0.2^2\times0.1}{0.2^2\times0.2}=\frac{1}{2}$이다. 같은 온도에서 A($g$)~D($g$)의 농도가 모두 0.1 M일 때 반응 지수 $Q=\frac{0.1^2\times0.1}{0.1^2\times0.1}=1$이고, $Q>K$이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

채점 기준	배점
K를 구한 후, Q와 K를 비교하여 반응의 진행 방향을 옳게 서술한 경우	100 %
Q와 K를 옳게 비교하였으나 반응의 진행 방향이 옳지 않은 경우	50 %
반응의 진행 방향만 옳은 경우	40 %

313

기체	A(g)	B(g)	C(g)
초기 농도(M)	0.6	0.4	0.1
평형 농도(M)	0.2 (0.4 M 감소)	0.2 (0.2 M 감소)	0.5 (0.4 M 증가)

반응 몰비 A : C=1 : 1

ㄴ. 반응 몰비가 A : B =2 : 1이므로 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 감소한 B의 농도는 0.2 M이고, B의 평형 농도는 0.2 M이다. 따라서 $K=\frac{0.5^2}{0.2^2\times0.2}=\frac{125}{4}$이다.

ㄷ. [A]=0.1 M, [B]=0.1 M, [C]=0.2 M일 때 반응 지수 $Q=\frac{0.2^2}{0.1^2\times0.1}=40$이다. $Q>K$이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

바로알기 | ㄱ. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 증가한 C의 농도와 감소한 A의 농도가 0.4 M로 같으므로 반응 몰비는 A : C=1 : 1이다. 따라서 $a=2$이고, 평형 상수식은 $K=\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$이다. 평형 상수식에 초기 농도를 대입하여 구한 $Q=\frac{0.1^2}{0.6^2\times0.4}=\frac{5}{72}$이다.

314 **모범 답안** (1) 실험 Ⅰ에서 감소한 A의 농도가 1 M이고 증가한 B의 농도가 2 M이므로 반응 몰비는 A : B=1 : 2이다. 실험 Ⅱ에서 증가한 B의 농도가 2 M이므로 감소한 A의 농도는 1 M이고, $x=2$이다.

(2) $b=2$이므로 화학 반응식은 A(g) ⟷ 2B(g)이다. 실험 Ⅰ에서 평형 상수 $K=\frac{[B]^2}{[A]}=\frac{2^2}{0.5}=8$이다. 온도가 일정하므로 실험 Ⅲ에서 평형 상수(K)는 8이고, 반응 초기의 반응 지수 $Q=\frac{4^2}{6}=\frac{8}{3}$이다. $Q<K$이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

채점 기준		배점
(1)	x와 풀이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	x만 옳게 구한 경우	20 %
(2)	평형 상수와 반응 지수를 옳게 구하여 비교한 후 반응의 진행 방향을 서술한 경우	50 %
	반응의 진행 방향만 옳은 경우	20 %

315 ㄱ. 화학 반응식에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 반응이 일어나는 동안 반응한 반응물의 양만큼 생성물이 생성되어 전체 기체 분자 수는 일정하다. 평형 상태에서 전체 기체의 양이 3 mol이므로 반응 전 반응물의 전체 양은 3 mol이다. 따라서 (가)에서 B의 양은 2 mol이므로 $x=2$이다.

ㄴ. (가)에서 칸막이를 제거하면 정반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달한다. (가)에서 (나)에 도달할 때까지 반응한 A와 B의 양을 각각 y mol이라고 하면, 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	A(g)	+ B(g)	⟷ 2C(g)
초기 상태(mol)	1	2	0
반응(mol)	$-y$	$-y$	$+2y$
평형 상태(mol)	$1-y$	$2-y$	$2y$

이때 C의 양이 0.8 mol이므로 $y=0.4$이고, A의 양은 0.6 mol, B의 양은 1.6 mol이다. 따라서 (나)에서 [B]=2[C]이다.

바로알기 | ㄷ. 평형 농도는 [A]=0.6 M, [B]=1.6 M, [C]=0.8 M이므로 $K=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{0.8^2}{0.6\times1.6}=\frac{2}{3}$이다.

316 ㄱ. (가)에서 전체 기체의 양은 0.7 mol이고, 평형 상태인 (나)에서 전체 기체의 양은 0.8 mol이다. 따라서 (가)에서 (나)에 도달할 때까지 전체 기체의 양이 증가하는 정반응이 우세하게 진행되었다. 이로부터 (가)에서 (나)에 도달할 때까지 반응한 A의 양을 $2x$ mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	2A(g)	⟷ 3B(g)
초기 상태(mol)	0.4	0.3
반응(mol)	$-2x$	$+3x$
평형 상태(mol)	$0.4-2x$	$0.3+3x$

(나)에서 전체 기체의 양(mol)은 $0.7+x=0.8$이므로 $x=0.1$이고 (나)에서 B의 양은 0.6 mol이다.

ㄴ. (나)에서 A의 양은 0.2 mol이므로 A의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

ㄷ. (가)에서 $Q=\frac{0.3^3}{0.4^2}=\frac{27}{160}$이다. (나)에서 평형 농도는 [A]=0.2 M, [B]=0.6 M이므로 $K=\frac{0.6^3}{0.2^2}=\frac{27}{5}$이다. 따라서 $K=32Q$이다.

317 (1) 반응 초기 A의 농도가 0.5 M이고, 용기의 부피가 1 L이므로 넣어 준 A의 양은 0.5 mol이다. 평형에 도달할 때까지 반응한 A의 양은 0.4 mol이고, 생성된 B의 양은 0.2 mol이므로 반응 몰비는 A : B=2 : 1이고, $a=2$이다.

반응 초기부터 (가)까지 반응한 A의 양을 $2x$ mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	2A(g)	⟷ B(g)
초기 상태(mol)	0.5	0
반응(mol)	$-2x$	$+x$
(가)(mol)	$0.5-2x$	x

(가)에서 A와 B의 양(mol)이 같으므로 $0.5-2x=x$, $x=\frac{1}{6}$이다.

[A]=$\frac{1}{6}$ M, [B]=$\frac{1}{6}$ M이므로 $Q=\frac{\frac{1}{6}}{\left(\frac{1}{6}\right)^2}=6$이다.

모범 답안 (1) 6

(2) t_1일 때는 평형 상태이고, 평형 상수 $K=\frac{0.2}{0.1^2}=20$이다. t_1일 때 부피를 2 L로 증가시킨 직후 [A]=0.05 M, [B]=0.1 M이고 $Q=\frac{\frac{1}{10}}{\left(\frac{1}{20}\right)^2}=40$이다. $Q>K$이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

채점 기준		배점
(1)	Q를 옳게 구한 경우	50 %
(2)	평형 상수와 반응 지수를 옳게 구하여 비교한 후 반응의 진행 방향을 옳게 서술한 경우	50 %
	반응의 진행 방향만 옳게 서술한 경우	20 %

318 ㄱ. (가)에서 기체의 양(mol)은 C가 B의 6배인데, (나)에서는 C가 B의 2배이다. 이로부터 (가)에서 (나)에 도달할 때까지 C의 양(mol)은 감소하고 B의 양(mol)은 증가한다. 따라서 (가)에서 (나)에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행되므로 (가)에서 반응 지수(Q)는 평형 상수(K)보다 크고 $\frac{\text{반응 지수}(Q)}{\text{평형 상수}(K)}>1$이다.

ㄴ. (가)에서 (나)에 도달할 때까지 반응한 C의 양을 $2z$ mol이라고 하면, 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	A(g)	+	B(g)	$\rightleftarrows$	2C(g)
초기 상태(mol)	0.3		0.1		0.6
반응(mol)	$+z$		$+z$		$-2z$
평형 상태(mol)	$0.3+z$		$0.1+z$		$0.6-2z$

평형 상태에서 C의 양(mol)이 B의 양(mol)의 2배이므로 $0.6-2z=2(0.1+z)$이고, $z=0.1$이다. 따라서 (나)에서 $x=0.4$, $y=0.2$이므로 $x+y=0.6$이다.

ㄷ. (나)에서 실린더의 부피를 V L라고 하면 평형 농도는 $[A]=\frac{0.4}{V}$ M, $[B]=\frac{0.2}{V}$ M, $[C]=\frac{0.4}{V}$ M이므로 $K=\frac{\left(\frac{0.4}{V}\right)^2}{\frac{0.4}{V}\times\frac{0.2}{V}}=2$이다.

319 ㄴ. 꼭지를 연 직후 $[A]=\frac{1}{2}$ M, $[B]=\frac{5}{4}$ M, $[C]=\frac{1}{4}$ M이다. 따라서 반응 지수 $Q=\frac{\frac{5}{4}\times\frac{1}{4}}{\left(\frac{1}{2}\right)^2}=\frac{5}{4}$이다. $Q>K$이므로 역반응이 우세하게 진행되며, 역반응 속도가 정반응 속도보다 크므로 $\frac{\text{정반응 속도}}{\text{역반응 속도}}<1$이다.

바로알기 | ㄱ. 온도가 일정하므로 Ⅰ에서의 평형 상수와 꼭지를 열고 반응시켜 도달한 평형 상태에서의 평형 상수가 같다. 이때 Ⅰ에서 평형 농도는 $[A]=1$ M, $[B]=\frac{1}{2}$ M, $[C]=\frac{1}{2}$ M이므로 $K=\frac{\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}}{1^2}=\frac{1}{4}$이다.

ㄷ. 꼭지를 연 직후부터 새로운 평형에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행되고, 반응한 B와 C의 양을 각각 x mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	2A(g)	$\rightleftarrows$	B(g)	+	C(g)
초기 상태(mol)	1		2.5		0.5
반응(mol)	$+2x$		$-x$		$-x$
평형 상태(mol)	$1+2x$		$2.5-x$		$0.5-x$

평형 농도는 $[A]=\frac{1+2x}{2}$ M, $[B]=\frac{2.5-x}{2}$ M, $[C]=\frac{0.5-x}{2}$ M이므로 $K=\frac{\frac{2.5-x}{2}\times\frac{0.5-x}{2}}{\left(\frac{1+2x}{2}\right)^2}=\frac{1}{4}$이고, $x=\frac{1}{4}$이다. 따라서 평형 상태에서 A의 양은 $\frac{3}{2}$ mol, B의 양은 $\frac{9}{4}$ mol, C의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이므로 $\frac{\text{B의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{9}{16}$이다.

320 ㄱ. Ⅰ에는 반응물만 들어 있는 초기 상태이므로 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행된다. 이때 반응한 A와 B의 양을 각각 x mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	A(g)	+	B(g)	$\rightleftarrows$	C(g)
초기 상태(mol)	2		2		0
반응(mol)	$-x$		$-x$		$+x$
평형 상태(mol)	$2-x$		$2-x$		x

평형 상태에서 전체 기체의 양은 $(4-x)$ mol이고, A의 양은 $(2-x)$ mol이며, $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{2-x}{4-x}=\frac{1}{3}$이므로 $x=1$이다. 따라서 Ⅰ에서 평형 농도는 $[A]=\frac{1}{2}$ M, $[B]=\frac{1}{2}$ M, $[C]=\frac{1}{2}$ M이므로 $K=\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}}=2$이다.

바로알기 | ㄴ. Ⅱ에서 반응 초기 A와 B의 양이 1 mol로 같고, 반응 몰비는 A : B=1 : 1이므로 평형 상태에서 A와 B의 양(mol)은 같다. 평형 상태에서 A와 B의 양을 각각 y mol이라고 하면 $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{1}{4}$이므로 C의 양은 $2y$ mol이다. 평형 농도는 $[A]=\frac{y}{2}$ M, $[B]=\frac{y}{2}$ M, $[C]=y$ M이므로 $K=\frac{y}{\frac{y}{2}\times\frac{y}{2}}=2$, $y=2$이다. 이로부터 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	A(g)	+	B(g)	$\rightleftarrows$	C(g)
초기 상태(mol)	1		1		a
반응(mol)	$+1$		$+1$		-1
평형 상태(mol)	2		2		4

따라서 $a=5$이다.

ㄷ. Ⅱ에서 초기 농도는 $[A]=\frac{1}{2}$ M, $[B]=\frac{1}{2}$ M, $[C]=\frac{5}{2}$ M이므로 반응 지수 $Q=\frac{\frac{5}{2}}{\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}}=10$이다. $Q>K$이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

321 ㄴ. 초기 상태에서 $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{B의 양(mol)}}=\frac{3}{4}$이고, 평형 상태에서 $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{B의 양(mol)}}=2$이다. 따라서 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 A의 양(mol)은 증가하고 B의 양(mol)은 감소하는 역반응이 우세하게 진행되었다. 역반응은 기체 분자 수가 감소하는 방향이므로 평형 상태에서는 초기 상태에서보다 전체 기체의 양이 감소하여 평형 상태에서 전체 기체의 양은 0.7 mol보다 작다.

바로알기 | ㄱ. A 1 mol이 반응하여 B 2 mol을 생성하고, 화학 반응에서 반응 전후 질량이 보존되므로 A 1 mol의 질량과 B 2 mol의 질량이 같다. 따라서 분자량은 A가 B의 2배이고, B의 분자량을 w라고 하면 A의 분자량은 $2w$이다. 이로부터 A 0.3 mol의 질량이 $0.6w$ g일 때 B 0.4 mol의 질량은 $0.4w$ g이다. 따라서 초기 상태에서 기체의 밀도비는 A : B=$\frac{0.6w}{1}$: $\frac{0.4w}{2}$=3 : 1이다.

ㄷ. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 반응한 B의 양을 $2x$ mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	A(g)	$\rightleftarrows$	2B(g)
초기 상태(mol)	0.3		0.4
반응(mol)	$+x$		$-2x$
평형 상태(mol)	$0.3+x$		$0.4-2x$

평형 상태에서 $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{B의 양(mol)}}=\frac{0.3+x}{0.4-2x}=2$이므로 $x=0.1$이고, 평형 농도는 $[A]=\frac{0.4}{3}$ M, $[B]=\frac{0.2}{3}$ M이다. 따라서 평형 상수 $K=\frac{[B]^2}{[A]}=\frac{\left(\frac{0.2}{3}\right)^2}{\frac{0.4}{3}}=\frac{1}{30}$이다.

10 화학 평형 이동

빈출 자료 보기

89쪽

322 (1) ○ (2) ○ (3) ×

323 (1) ○ (2) × (3) ×

322 (1) 평형 Ⅰ에서 X를 추가했을 때 N_2의 농도만 급격하게 증가한 것으로 보아 추가한 물질 X는 N_2이다.

(2) N_2는 제시된 반응의 반응물이므로 N_2를 추가하면 반응물의 농도를 감소시키는 방향인 정반응이 우세하게 진행되다가 새로운 평형 Ⅱ에 도달한다. 따라서 (가)에서는 정반응 속도가 역반응 속도보다 크다.

바로알기 | (3) 평형 Ⅰ과 평형 Ⅱ에서 온도가 같으므로 평형 상수(K)는 같다.

323 (1) 기체 반응에서 압력을 가해 부피를 줄이면 평형이 깨지고, 평형이 깨진 시점부터 압력을 감소시키는 방향, 즉 전체 기체 분자 수를 줄이는 방향으로 평형이 이동한다. 따라서 (나)에서 (다)로 될 때까지 정반응이 우세하게 진행되므로 적갈색이 연해진다.

바로알기 | (3) (다)에서 부피를 늘려 압력을 낮추면, 전체 기체 분자 수가 증가하는 역반응이 우세하게 진행되어 적갈색이 점점 진해진다.

난이도별 필수 기출

90쪽~99쪽

324 ④, ⑥	325 ③	326 ①	327 ②	
328 해설 참조	329 ⑤	330 ③	331 ⑤	332 ⑤
333 ⑤	334 ①	335 ②	336 해설 참조	337 ①
338 ③	339 ⑤	340 ④	341 ②	342 해설 참조
343 ③	344 ①	345 해설 참조	346 ⑤	347 ⑤
348 해설 참조	349 ④	350 ⑤	351 ⑤	352 ③
353 ②	354 ⑤	355 ⑤	356 ①	357 ④
358 해설 참조	359 ⑤	360 ②	361 ①	362 ⑤
363 ③				

324 ① 일정한 온도에서 반응물을 넣으면 반응물의 농도를 줄이는 방향인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

② 일정한 온도에서 생성물을 제거하면 제거한 생성물의 농도가 증가하는 방향인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

③ 일정한 온도에서 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하여 압력을 줄이는 방향으로 평형이 이동한다.

⑤ 일정한 온도에서 반응 전후 전체 기체 분자 수가 변하지 않으면 압력 변화에 의해 평형이 이동하지 않는다.

바로알기 | ④ 일정한 온도에서 반응물을 넣어 새로운 평형에 도달하더라도 온도가 일정하므로 평형 상수는 변하지 않는다.

⑥ 온도와 용기의 부피가 일정할 때 용기에 비활성 기체를 첨가하면 비활성 기체에 의해 전체 기체 압력이 증가하더라도 반응물과 생성물의 양(mol)은 변화가 없으므로 농도가 일정하다. 따라서 평형이 이동하지 않는다.

325 ㄱ. $FeCl_3(aq)$에는 Fe^{3+}과 Cl^-이 존재하므로 (가)에 $FeCl_3(aq)$을 소량 넣으면 반응물인 Fe^{3+}을 넣은 것과 같다. 따라서 반응물의 농도 증가에 의해 평형이 깨진 직후부터 새로운 평형에 도달할 때까지 반응물의 농도를 감소시키는 정반응이 우세하게 진행되다가 새로운 평형에 도달한다.

ㄴ. (나)에서 역반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. (나)가 평형 상태에 있을 때, 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 역반응이 우세하게 진행되다가 새로운 평형에 도달한다.

바로알기 | ㄷ. $K_2Cr_2O_7(s)$을 소량 넣으면 반응물인 $Cr_2O_7^{2-}$의 농도가 증가하므로 $Cr_2O_7^{2-}$의 농도가 감소하는 정반응이 우세하게 진행된다.

326 ㄱ. $NaCl(s)$을 넣으면 혼합 수용액 속 Cl^-의 농도가 증가하여 반응물을 넣은 것과 같으므로 반응물의 농도가 감소하는 방향인 정반응이 우세하게 진행되다가 새로운 평형에 도달하므로 수용액의 색은 푸른색이 진해진다.

바로알기 | ㄴ. 정반응이 우세하게 진행되므로 반응물인 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$의 농도는 감소한다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 변하지 않는다.

327 ㄷ. 압력을 높이면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

바로알기 | ㄱ. 제시된 반응의 반응물인 $O_2(g)$를 제거하면 $O_2(g)$의 농도를 증가시키는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. 생성물인 $SO_3(g)$을 넣으면 $SO_3(g)$의 농도를 감소시키는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

328 모범 답안 (1) (가)에서 H_2의 농도만 급격하게 증가하였으므로 (가)에서 H_2를 넣었고, 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. (나)에서 NH_3의 농도만 급격하게 감소하였으므로 (나)에서 NH_3를 제거하였고, 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(2) (가)와 (나)에서 조건을 변화시켰을 때 온도는 일정하므로 평형 Ⅰ~Ⅲ에서 평형 상수는 모두 같다.

채점 기준		배점
(1)	(가), (나)의 조건 변화와 평형 이동 방향이 모두 옳은 경우	50 %
	(가), (나) 중 1가지만 옳은 경우	25 %
(2)	평형 상수의 크기와 설명이 모두 옳은 경우	50 %
	평형 상수의 크기만 옳게 비교한 경우	20 %

329 ㄱ. (가)에서 압력을 가하면 부피가 감소하므로 $NO_2(g)$의 농도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

ㄴ. 압력을 가한 직후인 (나)에서 새로운 평형인 (다)에 도달할 때까지 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. 제시된 반응의 평형 상수(K)는 $\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$이고, (가)와 (다)에서 온도가 같으므로 $\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$는 (가)에서와 (다)에서가 같다.

✓ 개념 보충

기체의 압력과 농도

일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례한다. 이때 기체의 농도(M)는 $\frac{\text{양(mol)}}{\text{부피(L)}}$이므로 압력이 커지면 부피가 감소하여 농도는 증가한다.

330 ㄱ. 시간 t에서 C(g)의 농도가 급격히 감소하는 것으로 보아 C(g)의 일부를 제거하였다.

ㄴ. 시간 t에서 C(g)의 농도가 감소하므로 평형 (나)에 도달할 때까지 C(g)의 농도가 증가하는 방향인 정반응이 우세하게 진행된다. 따라서 반응물인 A(g)의 농도(M)는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

바로알기 | ㄷ. (가)와 (나)에서 온도가 같으므로 평형 상수(K)는 같다.

331 ㄱ. t_1일 때 C(g)를 추가하였으므로 t_1~t_2에서 C(g)의 농도가 감소하는 역반응이 우세하게 진행된다.

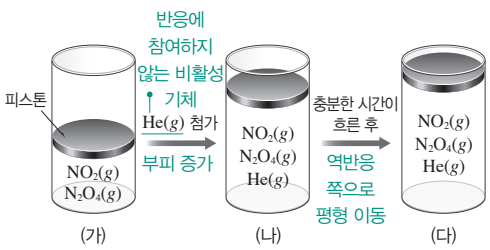
ㄴ. 반응 초기 C(g) 4 mol을 넣고 반응시켜 도달한 평형에서 A(g)의 양이 1 mol이므로 B(g)의 양은 1 mol이다. t_1일 때 C(g) 2 mol을 추가했으므로 t_2 이후 새로운 평형에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다. 이때 반응한 C(g)의 양을 $2x$ mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	A(g)	+	B(g)	⟷	2C(g)
초기 상태(mol)	1		1		4
반응(mol)	$+x$		$+x$		$-2x$
평형 상태(mol)	$1+x$		$1+x$		$4-2x$

이때 평형 상수 $K=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{2^2}{1\times1}=4$이므로 새로운 평형에서의 평형 상수($K$)도 4이고, $\frac{(4-2x)^2}{(1+x)(1+x)}=4$, $x=\frac{1}{2}$이다. [A]=[B]=$\frac{3}{2}$ M, [C]=3 M이므로 t_2 이후 $\frac{[C]}{[B]}=2$이다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 t_2 이후 도달한 새로운 평형의 평형 상수(K)는 4이다.

332



ㄱ. 반응에 참여하지 않는 비활성 기체인 He(g)을 첨가하면 첨가한 He(g)의 양(mol)에 비례하여 전체 기체의 부피가 증가한다. 이에 따라 NO_2와 N_2O_4의 농도가 감소하지만 $Q=\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$에서 분모의 값이 분자의 값보다 더 크게 감소하므로 $Q>K$이다. 따라서 역반응 쪽으로 평형이 이동하고, $\frac{\text{(나)의 반응 지수}(Q)}{\text{(가)의 평형 상수}(K)}>1$이다.

ㄴ, ㄷ. He의 양(mol)은 (나)에서와 (다)에서가 같지만 (나)에서 (다)에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행되므로 전체 기체 분자 수는 (다)에서가 (나)에서보다 크다.

333 ㄱ, ㄷ. 꼭지를 열면 전체 기체의 부피가 증가하여 압력이 감소하므로 전체 기체 분자 수가 증가하는 역반응이 우세하게 진행되다가 새로운 평형에 도달한다. 따라서 반응물인 X(g)의 양은 (가)에서보다 증가하므로 새로운 평형에서 X(g)의 양은 0.2 mol보다 많다.

ㄴ. (가)에서 $K=\frac{[Z]^2}{[X][Y]^3}=\frac{0.4^2}{0.2\times(0.2)^3}=100$이다. 꼭지를 열고 새로운 평형에 도달하더라도 온도가 일정하므로 새로운 평형에서의 평형 상수(K)는 100이다.

334 ㄱ. ㉠에 의해 실린더 속 전체 기체의 부피가 증가한 것으로 보아 조건 ㉠은 '압력 낮춤'이 적절하고, ㉡은 '압력 높임'이 적절하다.

바로알기 | ㄴ. ㉠은 '압력 낮춤'이므로 전체 기체 분자 수가 증가하는 역반응이 우세하게 진행되다가 평형 Ⅱ에 도달한다. 따라서 평형 Ⅰ에서 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 생성물의 양은 감소하고 반응물의 양은 증가하므로 반응 지수(Q)는 감소하다가 평형 상수(K)와 같아진다.

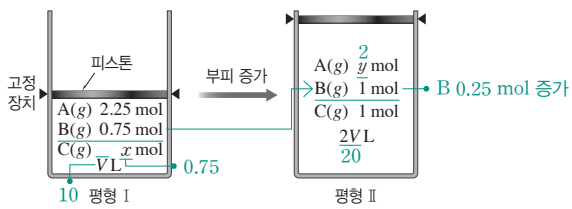
ㄷ. 평형 Ⅰ~Ⅲ에서 온도가 같으므로 평형 상수는 Ⅰ~Ⅲ에서 모두 같다.

335 ㄴ. 부피를 2V L로 증가시켜 압력이 감소하더라도 평형이 이동하지 않으므로 각 기체의 양(mol)은 일정하다. 따라서 전체 기체의 밀도는 $\frac{1}{2}$배가 된다.

바로알기 | ㄱ. 제시된 반응에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 압력 변화에 의해 평형이 이동하지 않는다. 따라서 압력을 증가시켜도 전체 기체의 양은 n mol로 일정하다.

ㄷ. 비활성 기체인 He을 첨가하면 기체의 부피가 증가하여 A~C의 농도가 감소하더라도 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 $Q=\frac{[C]^2}{[A][B]}$에서 $Q=K$이고, 평형이 이동하지 않는다. 즉, 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

336



모범 답안 (1) 평형 Ⅰ에서 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 증가한 B의 양이 0.25 mol이고 반응 몰비는 A : B : C=1 : 1 : 1이므로 감소한 A의 양은 0.25 mol이고, 증가한 C의 양은 0.25 mol이다. 따라서 $x=0.75$이고, $y=2$이므로 $\frac{y}{x}=\frac{8}{3}$이다.

(2) 평형 Ⅰ에서 A~C의 평형 농도를 대입하여 평형 상수를 구하면 $K=\frac{\frac{0.75}{V}\times\frac{0.75}{V}}{\frac{2.25}{V}}=\frac{1}{40}$이고, $V=10$이다.

또는 평형 Ⅱ에서 A~C의 평형 농도를 대입하여 평형 상수를 구하면 $K=\frac{\frac{1}{2V}\times\frac{1}{2V}}{\frac{2}{2V}}=\frac{1}{40}$이고, $V=10$이다.

채점 기준		배점
(1)	화학 반응의 양적 관계를 이용하여 x, y를 모두 옳게 구한 경우	50 %
	$\frac{y}{x}$만 옳은 경우	25 %
(2)	평형 상수를 이용하여 V를 옳게 구한 경우	50 %
	V만 옳은 경우	20 %

337 ㄱ. 평형 Ⅰ은 X(g)와 Y(g)가 각각 0.1 mol씩 들어 있는 1 L 용기에서 반응이 진행되어 도달한 평형이므로 반응한 X의 양을 x mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	X(g)	+	Y(g)	⟷	2Z(g)
초기 상태(mol)	0.1		0.1		0
반응(mol)	$-x$		$-x$		$+2x$
평형 상태(mol)	$0.1-x$		$0.1-x$		$+2x$

이때 평형 상수가 4이므로 $K=\frac{[Z]^2}{[X][Y]}=\frac{(2x)^2}{(0.1-x)\times(0.1-x)}=4$, $x=\frac{1}{20}$이다. 따라서 평형 Ⅰ에서 $[X]=[Y]=\frac{1}{20}$ M, $[Z]=\frac{1}{10}$ M이므로 $\frac{[Z]}{[Y]}=2$이다.

바로알기 | ㄴ. 평형 Ⅱ는 $Z(g)$가 0.1 mol 들어 있는 1 L 용기에서 반응이 진행되어 도달한 평형이므로 반응한 Z의 양을 $2y$ mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	$X(g)$	+	$Y(g)$	$\rightleftarrows$	$2Z(g)$
초기 상태(mol)	0		0		0.1
반응(mol)	$+y$		$+y$		$-2y$
평형 상태(mol)	y		y		$0.1-2y$

$K=\frac{(0.1-2y)^2}{y\times y}=4$이고, $y=\frac{1}{40}$이므로 $X(g)$의 양은 $\frac{1}{40}$ mol이다. 따라서 $X(g)$의 양(mol)은 평형 Ⅰ에서가 평형 Ⅱ에서의 2배이다.

ㄷ. 평형 Ⅰ에서 기체의 양은 X가 $\frac{1}{20}$ mol, Y가 $\frac{1}{20}$ mol, Z가 $\frac{1}{10}$ mol이고, 평형 Ⅱ에서 기체의 양은 X가 $\frac{1}{40}$ mol, Y가 $\frac{1}{40}$ mol, Z가 $\frac{1}{20}$ mol이다. (나)에서 칸막이를 제거한 직후 기체의 양은 X가 $\frac{3}{40}$ mol, Y가 $\frac{3}{40}$ mol, Z가 $\frac{3}{20}$ mol이고, 부피가 2 L이므로 반응 지수는 $Q=\frac{\left(\frac{3}{40}\right)^2}{\frac{3}{80}\times\frac{3}{80}}=4$이다. $Q=K$이므로 평형 상태이고, 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

다른 풀이 제시된 반응은 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 부피가 증가하여 압력이 감소하더라도 평형이 이동하지 않는다. (나)에서 칸막이를 제거하여 부피가 증가하더라도 평형이 이동하지 않는다.

338

ㄱ. (가)에서 반응 지수 $Q=\frac{\left(\frac{2}{160}\right)^2}{\frac{5}{160}}=\frac{1}{200}$이므로 $Q<K$이다. 따라서 (가)에서 (나)에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. (나)에서 고정 장치를 제거하여 새로운 평형에 도달했을 때 전체 기체의 부피가 증가한 것으로 보아 (나)에서 (다)에 도달할 때까지 전체 기체 분자 수가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다. 따라서 A의 양은 감소하고, B의 양은 증가하므로 (다)에서 $[A]<[B]$이고, $\frac{[B]}{[A]}>1$이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 (나)에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되므로 반응한 A의 양을 a mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	$A(g)$	$\rightleftarrows$	$2B(g)$
초기 상태(mol)	5		2
반응(mol)	$-a$		$+2a$
평형 상태(mol)	$5-a$		$2+2a$

이때 평형 상수가 $\frac{1}{40}$이므로 $K=\frac{\left(\frac{2+2a}{160}\right)^2}{\frac{5-a}{160}}=\frac{1}{40}$, $a=1$이다. 따라서 A의 양은 4 mol이고, B의 양도 4 mol이므로 $\frac{y}{x}=1$이다.

339

ㄱ. $A(g)$ 0.6 mol을 넣고 반응이 진행되어 평형에 도달했을 때, 생성된 $B(g)$의 양이 0.2 mol이므로 반응한 $A(g)$의 양은 0.4 mol이다. 따라서 평형 상태에서 $A(g)$의 몰농도는 0.2 M이다.

ㄴ. 온도를 높이면 온도가 낮아지는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 $B(g)$의 양(mol)은 감소한다.

ㄷ. 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수는 커진다.

340

ㄴ. 온도를 낮추면 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 Cl^-의 농도가 증가한다.

ㄷ. 온도를 높이면 평형은 정반응 쪽으로 이동하게 되어 생성물의 농도는 증가하고, 반응물의 농도는 감소하므로 평형 상수(K)는 커진다.

바로알기 | ㄱ. 온도를 낮추면 온도가 높아지는, 즉 열을 방출하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 푸른색을 나타내는 $[CoCl_4]^{2-}(aq)$의 농도는 감소하고, 붉은색을 나타내는 $[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq)$의 농도가 증가하므로 수용액은 붉은색으로 변한다.

341

ㄷ. 제시된 반응은 정반응이 열을 방출하는 발열 반응이므로 온도가 낮을수록 평형 상수가 크다. 따라서 평형 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 온도가 높을수록 평형은 온도가 낮아지는 방향으로 이동한다. 온도가 높을수록 적갈색이 진해지는 것으로 보아 정반응은 발열 반응이다.

ㄴ. 역반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응이고, 적갈색은 (나)에서가 (가)에서보다 진하므로 전체 기체의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 적다.

342

모범 답안 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이므로 온도가 높을수록 평형은 정반응 쪽으로 이동하여 평형 상수는 커진다. 온도 T에서의 평형 상수는 800 ℃에서의 평형 상수보다 크므로 $T>800$이다.

채점 기준	배점
T의 크기 비교와 판단 근거가 모두 옳은 경우	100 %
T의 크기 비교만 옳은 경우	40 %

343

ㄱ. 일정한 부피에 들어 있는 $NO_2(g)$의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 많으므로 혼합 기체의 색은 (나)에서가 (가)에서보다 진하다.

ㄴ. (가)에서 온도를 높여 새로운 평형에 도달할 때 $N_2O_4(g)$의 양은 감소하고, $NO_2(g)$의 양은 증가한다. 즉, 온도가 높을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

바로알기 | ㄷ. 정반응이 흡열 반응이므로 온도가 높을수록 평형 상수(K)가 크다. 따라서 평형 상수(K)는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

344

ㄱ. (가)에서 부피를 2배로 증가시켜 (나)가 되면 압력이 감소하므로 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향으로 평형이 이동하는데, 제시된 반응은 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 압력 변화에 의해 평형이 이동하지 않는다. 즉, X와 Y의 양이 일정하므로 $\frac{[Y]}{[X]}$는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

바로알기 | ㄴ. 온도를 높여 평형이 정반응 쪽으로 이동하더라도 반응한 반응물의 양만큼 생성물이 생성되므로 전체 기체의 양(mol)은 (나)와 (다)에서 같다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 온도가 같으므로 평형 상수는 (가)와 (나)에서 같다. 정반응이 흡열 반응이므로 온도가 높은 (다)에서가 (나)에서보다 평형 상수가 크다.

345 모범 답안 (1) 온도를 높일 때 수용액이 푸른색으로 변하고, 온도를 낮출 때 수용액이 붉은색으로 변한다. 온도가 높을수록 평형이 정반응 쪽으로 이동하므로 정반응은 온도가 낮아지는 흡열 반응이고, 정반응이 일어날 때 열을 흡수한다.

(2) 정반응이 흡열 반응이므로 온도가 높을수록 평형 상수가 크다. 온도는 (다)>(나)>(가)이므로 평형 상수는 (다)>(나)>(가)이다.

채점 기준		배점
(1)	용액의 색 변화와 온도와의 관계로 에너지의 출입을 설명한 경우	50 %
	에너지의 출입만 옳은 경우	25 %
(2)	평형 상수의 크기를 에너지 출입 방향과 관련지어 옳게 비교한 경우	50 %
	평형 상수의 크기만 옳게 비교한 경우	25 %

346 ㄱ. 반응 초기에 X(g)를 넣었을 때의 양이 6 mol이고 평형 Ⅰ에서 전체 기체의 양이 4 mol이므로 반응 초기부터 평형 Ⅰ에 도달할 때까지 반응한 X의 양을 $2x$ mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	$2X(g)$	$\rightleftarrows$	$Y(g)$
초기 상태(mol)	6		0
반응(mol)	$-2x$		$+x$
평형 상태(mol)	$6-2x$		$+x$

이때 전체 기체의 양은 $6-x=4$이므로 $x=2$이다. 이로부터 평형 Ⅰ에서 X와 Y의 양은 모두 2 mol이므로 [X]=[Y]이다.

ㄴ. 평형 Ⅰ에서 온도를 낮춰 도달한 평형 Ⅱ에서 전체 기체의 양(mol)이 감소하므로 온도를 낮추면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 즉, 정반응은 온도가 높아지는 발열 반응이므로 정반응이 일어날 때 열을 방출한다.

ㄷ. 평형 Ⅰ에서 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 반응한 X의 양을 $2y$ mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	$2X(g)$	$\rightleftarrows$	$Y(g)$
초기 상태(mol)	2		2
반응(mol)	$-2y$		$+y$
평형 상태(mol)	$2-2y$		$2+y$

전체 기체의 양(mol)은 $4-y=3.6$이므로 $y=0.4$이고, [X]=1.2 M, [Y]=2.4 M이다. 따라서 평형 Ⅱ에서 평형 상수 $K=\frac{[Y]}{[X]^2}=\frac{2.4}{1.2^2}=\frac{5}{3}$이다.

347 ㄱ. 반응 초기부터 평형에 도달할 때까지 증가한 SO_2의 양이 3 mol이므로 반응한 SO_3의 양은 3 mol이다. 이로부터 평형에서 SO_3의 양은 2 mol이고, 부피가 1 L이므로 SO_3의 농도는 2 M이다.

개념 보충

물질의 농도와 양

물질의 양(mol)=몰농도(mol/L)×부피(L)

ㄴ. 평형 상태에서 O_2의 양이 1.5 mol이므로 평형 농도는 $[SO_3]=2$ M, $[SO_2]=3$ M, $[O_2]=1.5$ M이고, $K=\frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2}=\frac{3^2\times1.5}{2^2}=\frac{27}{8}$이다.

ㄷ. 온도를 t ℃에서 $2t$ ℃로 높이면 열을 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 정반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응이므로 전체 기체의 양(mol)은 증가한다.

348 모범 답안 (1) 25 ℃에서 평형을 이룬 상태에서 온도를 높여 새로운 평형에 도달할 때까지 농도 변화로부터 반응 몰비는 X : Y : Z=3 : 1 : 1이므로 25 ℃에서 평형 상수 $K=\frac{[Y][Z]}{[X]^3}=\frac{3\times3}{4^3}=\frac{9}{64}$이다.

(2) 온도를 높일 때 X의 농도는 감소하고, Y와 Z의 농도가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

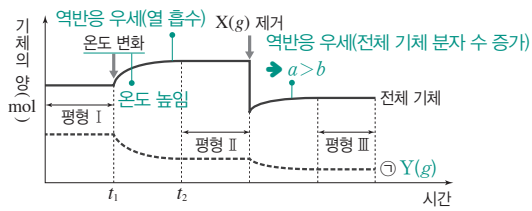
채점 기준		배점
(1)	평형 상수를 풀이 과정을 포함하여 옳게 구한 경우	50 %
	평형 상수만 옳은 경우	30 %
(2)	평형 이동을 근거로 에너지 출입을 옳게 서술한 경우	50 %
	에너지의 출입만 옳은 경우	20 %

349 ㄴ. NaCl(s)을 넣으면 수용액 속 $Cl^-(aq)$의 농도가 증가하므로 $Cl^-(aq)$의 농도를 낮추는 정반응 쪽으로 평형은 이동한다. 따라서 수용액은 푸른색으로 변한다.

ㄷ. $H_2O(l)$은 생성물이므로 (다)의 수용액에 $H_2O(l)$을 넣으면 역반응이 우세하게 진행된다.

바로알기 | ㄱ. (나)에서 시험관을 얼음물에 넣어 온도를 낮출 때 수용액이 붉은색을 나타내므로 온도를 낮추면 평형은 역반응 쪽으로 이동한다. 즉, 역반응은 열을 방출하는 발열 반응이므로 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

350



①, ② 평형 Ⅱ에서 X를 제거하면 X의 농도를 증가시키는 역반응이 우세하게 진행되다가 평형 Ⅲ에 도달한다. 이때 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 역반응은 기체 분자 수가 증가하는 반응이고, $a>b$이다. 또한 ㉠의 양(mol)은 감소하므로 ㉠은 Y(g)이다.

③, ④ t_1일 때 온도 변화로 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 t_1~t_2에서 역반응이 우세하게 진행된다. 역반응은 열을 흡수하는 반응이므로 t_1일 때 온도를 높였다.

바로알기 | ⑤ 정반응이 열을 방출하는 반응이므로 온도가 높을수록 평형 상수가 작다. 이로부터 평형 상수는 평형 Ⅰ>평형 Ⅱ이고, 평형 Ⅱ와 평형 Ⅲ에서 온도가 같으므로 평형 상수는 평형 Ⅱ=평형 Ⅲ이다. 따라서 평형 상수는 평형 Ⅰ에서가 평형 Ⅲ에서보다 크다.

351 ㄱ. 평형 (가)에서 평형 (나)에 도달할 때까지 A의 농도는 0.4 M 증가, B의 농도는 0.2 M 증가, C의 농도는 0.4 M 감소한다. 이로부터 반응 몰비는 A : B : C=2 : 1 : 2이므로 $b=1$, $c=2$이다. 따라서 $b+c=3$이다.

ㄴ, ㄷ. (가)에서 평형 상수 $K=\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}=\frac{0.6^2}{1.0^2\times0.8}=\frac{9}{20}$이고, 평형 (나)에서 평형 상수 $K=\frac{0.2^2}{1.4^2\times1.0}=\frac{1}{49}$이다. (가)와 (나)에서의 평형 상수가 다르므로 (가)와 (나)의 온도는 다르다. (가)에서 (나)가 될 때 A와 B의 농도는 증가하고, C의 농도는 감소하므로 역반응이 우세하게 진행된다. 역반응은 흡열 반응이므로 '온도 높임'은 ㉠으로 적절하다.

352 ㄱ. 반응 (가)가 진행되어 도달한 Ⅰ에서 온도를 60 ℃로 높이면 열을 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 A의 양(mol)은 감소한다.

ㄴ. (나)의 정반응은 열을 방출하는 반응이므로 온도가 낮을수록 평형 상수가 크다. 따라서 10 ℃에서의 평형 상수가 30 ℃에서의 평형 상수보다 크므로 (나)에서 $\frac{\text{10 ℃에서 평형 상수}}{\text{30 ℃에서 평형 상수}}>1$이다.

바로알기 | ㄷ. (가)는 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같고, (나)는 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크다. 따라서 부피를 $\frac{1}{2}$배로 줄여 압력을 높이면 (가)는 평형이 이동하지 않고, (나)는 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

353 ㄴ. 평형 Ⅱ에서 온도를 낮춘 이후 전체 기체의 양(mol)이 감소하는 반응이 우세하게 진행된다. 즉, 역반응이 우세하게 진행되므로 역반응은 열을 방출하는 발열 반응이고, 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

바로알기 | ㄱ. 평형 Ⅰ에서 X를 추가하면 X의 농도를 감소시키는 정반응이 우세하게 진행되다가 새로운 평형에 도달한다. X를 추가한 이후 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 정반응은 기체 분자 수가 증가하는 반응이다. 따라서 $a<b$이다.

ㄷ. 정반응이 흡열 반응이므로 평형 상수는 온도가 높을수록 크다. 온도는 평형 Ⅰ에서가 평형 Ⅲ에서보다 높으므로 평형 상수는 평형 Ⅲ에서가 평형 Ⅰ에서보다 작다.

354 ㄱ. t_1일 때 전체 기체의 압력이 급격히 증가하므로 t_1일 때의 변화는 부피 감소이다. t_2~t_3에서 전체 기체의 압력이 일정하므로 평형 상태이다. t_1 이전의 평형 상태와 t_2~t_3에서의 평형 상태는 온도가 같으므로 평형 상수(K)는 같다.

ㄴ. t_3~t_4에서 전체 기체의 압력이 감소한다. 즉, 전체 기체 분자 수가 감소하는 방향으로 평형이 이동하고, 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응은 정반응이다. 정반응은 열을 방출하는 반응이므로 t_3일 때 온도를 낮추었다.

✓ 개념 보충

기체의 압력과 기체의 양(mol)과 온도

기체의 압력은 기체 분자의 충돌에 의해 나타난다. 따라서 기체의 압력은 일정한 온도에서는 기체 분자의 양(mol)에 비례하고, 일정한 부피에 들어 있는 일정량의 기체의 온도가 높아질수록 커진다.

ㄷ. t_3일 때 온도를 낮춘 후 새로운 평형에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 진행되므로 t_3~t_4에서 정반응이 우세하게 진행된다.

355 ㄱ. (가)에서 조건을 변화시켰을 때 반응물인 A와 생성물인 B의 농도가 모두 $\frac{1}{2}$배가 되므로 (가)에서 압력을 감소시켜 부피를 증가시켰다.

ㄴ. (나)에서 조건을 변화시켰을 때 A의 농도는 증가하고, B의 농도는 감소하므로 역반응이 우세하게 진행되다가 평형 Ⅱ에 도달한다. 역반응은 열을 방출하는 반응이므로 (나)에서 온도를 낮추었다.

ㄷ. 정반응이 흡열 반응이고, 온도는 평형 Ⅰ에서가 평형 Ⅱ에서보다 높으므로 평형 상수는 평형 Ⅰ에서가 평형 Ⅱ에서보다 크다.

356 ㄱ. 평형 Ⅰ에서 기체의 양이 4 mol인 것을 (가), 2 mol인 것을 (나)라고 하면 온도를 낮출 때 (가)는 2 mol 감소하고, (나)는 1 mol 증가한다. 따라서 (가)는 B, (나)는 A이다. t_3에서 X를 추가할 때 A 또는 B의 양(mol)이 급격하게 증가하지 않으므로 X는 C(g)이다.

바로알기 | ㄴ. t_1에서 온도를 낮출 때 B의 양(mol)이 감소하고, A의 양(mol)이 증가하는 역반응이 우세하게 진행된다. 이로부터 역반응은 열을 방출하는 발열 반응이고, 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

ㄷ. 정반응이 흡열 반응이므로 평형 상수는 온도가 높은 평형 Ⅰ에서가 평형 Ⅱ에서보다 크다.

357 ㄴ. 온도를 높일 때 B가 감소하고 A가 증가하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한 것으로 보아 역반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다. 따라서 정반응은 발열 반응이다.

ㄷ. (가)에서 평형 농도는 [A]=3 M, [B]=6 M이므로 평형 상수 $K=\frac{[B]^2}{[A]}=\frac{6^2}{3}=12$이다.

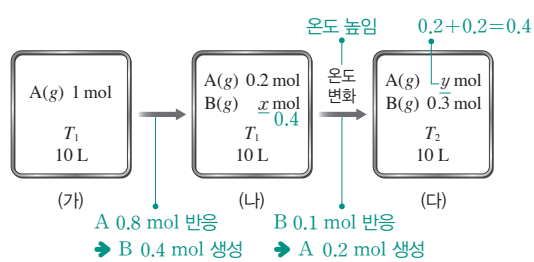
바로알기 | ㄱ. (가)에서 (나)로 될 때 ● 2개가 감소하고, ■ 1개가 증가한다. A와 B의 반응 몰비는 1 : 2이므로 ●은 B이다.

358 **모범 답안** (1) t일 때 온도 변화에 의해 A와 B의 농도는 증가하고, C의 농도는 감소하므로 역반응이 우세하게 진행된다. 역반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이므로 t일 때 온도를 높였다.

(2) 반응 초기부터 평형 상태인 (나)에 도달할 때까지 A의 농도는 0.3 M 감소하고, B의 농도는 0.1 M 감소하며, C의 농도는 0.2 M 증가한다. 따라서 반응 몰비는 A : B : C=3 : 1 : 2이다. (다)에서 압력을 가하면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

	채점 기준	배점
(1)	평형 이동을 근거로 온도 변화를 옳게 서술한 경우	50 %
	온도 변화만 옳게 서술한 경우	20 %
(2)	각 물질의 농도 변화로 반응 계수비를 구하고, 압력 높임에 따른 평형 이동을 옳게 서술한 경우	50 %
	평형 이동만 옳게 서술한 경우	20 %

359



ㄱ. (가)에서 (나)가 될 때까지 감소한 A의 양은 0.8 mol이다. 반응 몰비는 A : B=2 : 1이므로 증가한 B의 양은 0.4 mol이고, x=0.4이다. (나)에서 (다)가 될 때까지 감소한 B의 양이 0.1 mol이므로 증가한 A의 양은 0.2 mol이고, (다)에서 A의 양은 0.4 mol이므로 y=0.4이다. 따라서 $x+y$=0.8이다.

ㄴ. (나)에서 평형 농도는 [A]=0.02 M, [B]=0.04 M이므로 평형 상수 $K=\frac{0.04}{0.02^2}=100$이다.

ㄷ. (나)에서 (다)가 될 때까지 역반응이 우세하게 진행되고, 역반응은 열을 흡수하는 반응이므로 (나)에서 온도를 높였다. 따라서 $T_1<T_2$이다.

360 ㄷ. 역반응은 흡열 반응이므로 온도를 높여 평형이 이동하였다. 즉, 온도는 평형 Ⅱ에서가 평형 Ⅰ에서보다 높으므로 $T_1 < T_2$이다.

바로알기 | ㄱ. 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 고정 장치를 제거하여 압력을 변화시켜도 평형이 이동하지 않는다. 따라서 ㉠ 과정 후 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

ㄴ. 평형 Ⅰ에서 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 평형 이동 효과는 온도 변화에 의한 것이다. 평형 Ⅱ에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 모두 같으므로 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 A와 B의 양(mol)은 증가하고, C의 양(mol)은 감소하는 역반응이 우세하게 진행된다.

361 ㄱ. 평형 Ⅰ에서 온도를 낮출 때 [A]+[B]가 증가하는 반응이 우세하게 진행되다가 평형 Ⅱ에 도달한다. 즉, 전체 기체의 농도가 증가하므로 온도를 낮추면 역반응이 우세하게 진행된다. 이로부터 역반응은 열을 방출하는 발열 반응이므로 정반응은 흡열 반응이다.

바로알기 | ㄴ. t_1일 때는 온도를 낮춘 후 평형 Ⅱ에 도달하기 전이므로 역반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. ㉠에 의해 전체 기체의 농도가 급격히 감소하고, 이후 역반응이 우세하게 진행되므로 'B(g) 제거'는 ㉠으로 적절하지 않다. ㉠이 'B(g) 제거'이면 전체 기체의 농도 합이 급격히 감소한 후 B의 농도를 증가시키는 정반응으로 평형이 이동하고, 정반응은 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 전체 기체의 농도 합은 감소하므로 자료와 맞지 않는다. 따라서 ㉠으로 'A(g) 제거'가 적절하다.

362 ㄱ. 주어진 반응의 평형 상수식은 $\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$이고, 온도가 낮을수록 평형 상수(K)가 크므로 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄴ. 300 ℃에서 t일 때는 평형에 도달하기 전이고, $\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$값이 평형 상수보다 작다. 즉, 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)보다 작으므로 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. 반응 지수(Q)는 $\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$이다. t일 때 $\frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$은 300 ℃에서가 400 ℃에서보다 크다.

363 ㄱ. (가)에 A(g) 1 mol을 추가하면 A의 농도를 감소시키는 정반응이 우세하게 진행되다가 평형 (나)에 도달한다. 이때 반응한 A의 양을 x mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	A(g)	+	B(g)	⟷	2C(g)
초기 상태(mol)	2		1		2
반응(mol)	$-x$		$-x$		$+2x$
평형 상태(mol)	$2-x$		$1-x$		$2+2x$

(가)와 (나)의 온도가 같으므로 평형 상수는 같다. 따라서 $\frac{(2+2x)^2}{(2-x)(1-x)} = \frac{2^2}{1\times1}$, $x=\frac{1}{5}$이다. (나)에서 [B]$=\frac{4}{5}$ M, [C]$=\frac{12}{5}$ M이므로 $\frac{[C]}{[B]}=3$이다.

ㄷ. (다)에서 온도를 높이면 열을 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 C의 양(mol)은 감소하고, A의 양(mol)은 증가하므로 $\frac{[C]}{[A]}$는 (다)에서가 (라)에서보다 크다.

바로알기 | ㄴ. 주어진 반응에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 부피를 감소시켜 압력을 증가시켜도 평형이 이동하지 않는다. 따라서 전체 기체의 양(mol)은 (나)에서와 (다)에서가 같다.

11 일상생활과 화학 평형 이동

빈출 자료 보기

101쪽

364 (1) ○ (2) × (3) ×

365 (1) ○ (2) ○ (3) ×

364 (1) O_2의 농도가 높을 때는 정반응이 우세하게 진행되므로 폐에서 헤모글로빈이 산소와 결합한다.

바로알기 | (2) O_2의 농도가 낮은 조직 세포에서는 산소헤모글로빈이 분해되어 O_2를 생성하는 역반응이 우세하게 진행된다.

(3) 고지대에서는 저지대에 비해 O_2의 농도가 낮으므로 산소헤모글로빈이 잘 생성되지 않는다.

365 (1) 일정한 온도에서 압력이 증가할수록 수득률이 증가하는 것으로 보아 압력이 높을수록 평형은 정반응 쪽으로 이동하므로 정반응이 우세하게 진행된다.

(2) 압력이 높을수록 정반응이 우세하게 진행되므로, 정반응은 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. 따라서 $a+b>c$이다.

바로알기 | (3) 일정한 압력에서 온도가 낮을수록 수득률이 높아진다. 즉, 온도가 낮을수록 정반응이 우세하게 진행되므로 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

난이도별 필수 기출

102쪽~105쪽

366 ③ **367** ③ **368** 해설 참조 **369** (나)
370 해설 참조 **371** (가) 정반응 (나) 정반응 (다) 정반응
372 해설 참조 **373** ③ **374** ④ **375** ② **376** ⑤
377 ③ **378** ② **379** ③ **380** ③ **381** ②
382 해설 참조

366 ㄱ. $CO_2(g)$는 (가)의 반응물이므로 $CO_2(g)$가 감소하면 (가)에서 역반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. (나)에서 역반응이 우세하게 진행되면 생성물인 $H_2CO_3(aq)$의 농도가 감소한다. $H_2CO_3(aq)$은 (다)의 반응물이므로 (다)에서 역반응이 우세하게 진행된다. 따라서 $H_3O^+(aq)$의 농도가 감소한다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 역반응이 우세하게 진행되면 생성물인 $CO_2(aq)$의 농도가 감소하고, $CO_2(aq)$은 (나)의 반응물이므로 (나)에서 역반응이 우세하게 진행된다.

367 ㄱ. ㉠에서 압력을 높이면 전체 기체 분자 수를 줄이는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄷ. ㉡에서 생성물인 암모니아 기체를 냉각시켜 액체 상태로 제거하면 생성물을 제거하는 것과 같다. 따라서 제거된 생성물을 생성하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

바로알기 | ㄴ. 암모니아의 생성 반응은 열을 방출하는 발열 반응이므로 온도가 높을수록 역반응이 우세하게 진행된다. 따라서 온도가 높을수록 암모니아의 수득률은 낮아진다.

368 모범 답안 수득률을 높이려면 평형을 정반응 쪽으로 이동시켜야 한다. 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이고 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응이므로 온도는 높이고, 압력은 낮춘다.

채점 기준	배점
온도와 압력 조건을 옳게 서술한 경우	100 %
온도와 압력 조건 중 1가지만 옳게 서술한 경우	40 %

369 수득률을 높이려면 평형을 정반응 쪽으로 이동시켜야 한다. 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이고 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 온도가 낮을수록, 압력이 높을수록 생성물인 C의 수득률이 높아진다. 따라서 C의 수득률이 가장 높은 것은 (나)이다.

370 헤모글로빈(Hb)이 산소(O_2)와 결합하여 산소헤모글로빈($Hb(O_2)_4$)을 생성하는 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

모범 답안 운동 후 체온이 높아지면 열을 흡수하는 역반응이 우세하게 진행되므로 조직 세포에서는 산소헤모글로빈이 분해되어 산소를 공급하는 반응이 더 잘 일어난다.

채점 기준	배점
온도에 따른 평형 이동을 근거로 산소 공급을 서술한 경우	100 %
조직 세포에 산소를 공급한다고만 서술한 경우	40 %

371 대기 중 $CO_2(g)$의 농도가 증가하면 (가)에서 정반응이 우세하게 진행되어 $H_2CO_3(aq)$의 농도가 증가한다. $H_2CO_3(aq)$은 (나)의 반응물이므로 (나)에서 정반응이 우세하게 진행되어 $H_3O^+(aq)$의 농도가 증가하고, $H_3O^+(aq)$의 농도 증가로 인해 (다)에서 정반응이 우세하게 진행되어 $CaCO_3(s)$이 분해되는 반응이 우세하게 일어난다. 이때 $CaCO_3(s)$은 조개나 산호의 골격을 구성하는 주성분이므로 대기 중 이산화 탄소 농도가 증가하면 조개나 산호의 골격이 잘 형성되지 않는다.

372 모범 답안 실험 결과 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 기포가 많이 발생하므로 온도가 높을수록 $CO_2(g)$가 물에 잘 용해되지 않는다. 온도가 높을수록 역반응이 더 우세하게 진행되어 평형이 이동하므로 역반응은 흡열 반응이고, 정반응은 발열 반응이다. 따라서 $CO_2(g)$가 물에 용해될 때 열을 방출한다.

채점 기준	배점
온도에 따른 평형 이동을 근거로 $CO_2(g)$가 물에 용해되는 반응의 열 출입을 옳게 서술한 경우	100 %
열 출입만 옳게 서술한 경우	40 %

373 ㄱ. 주어진 반응의 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이므로 온도를 낮추면 평형이 정반응 쪽으로 이동한다.

ㄷ. 생성물인 CO_2를 제거하면 CO_2의 농도를 증가시키는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

바로알기 | ㄴ. 반응물과 생성물이 모두 기체 상태이고, 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같으므로 용기의 부피를 줄여 압력을 증가시켜도 평형은 이동하지 않는다.

374

온도가 높을수록 C의 양(mol) 감소 ➔ 정반응은 발열 반응

온도(℃)	300	300	400
용기의 부피(L)	1	2	1
C(g)의 평형 농도(M)	0.5	0.31	0.4
C(g)의 양(mol)	0.5	0.62	0.4

압력이 낮을수록 C의 양(mol) 증가 ➔ 정반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응

ㄴ. 용기의 부피가 1 L로 같을 때, 온도가 높을수록 생성된 C의 양(mol)이 감소한다. 따라서 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄷ. 정반응이 발열 반응이므로 온도가 낮을수록 평형 상수(K)가 커진다.

바로알기 | ㄱ. 온도가 300 ℃로 일정할 때 용기의 부피를 1 L에서 2 L로 증가시켜 압력을 감소시키면 생성된 C의 양은 0.5 mol에서 0.62 mol로 증가한다. 즉, 압력을 감소시키면 평형은 정반응 쪽으로 이동하므로 정반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응이다. 따라서 $a+b<c+d$이므로 $\frac{a+b}{c+d}<1$이다.

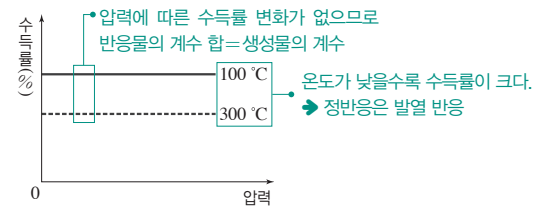
375 ㄷ. 정반응이 발열 반응이고, t_2 ℃ > t_1 ℃이므로 평형 상수는 t_1 ℃에서가 t_2 ℃에서보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 일정한 온도에서 압력이 높을수록 생성물인 C의 수득률이 증가한다. 압력이 높을수록 평형이 정반응 쪽으로 이동하므로 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. 따라서 $a+b>c$이다.

ㄴ. 주어진 반응은 정반응이 열을 방출하는 발열 반응이므로 온도가 낮을수록 정반응이 우세하게 진행되어 C의 수득률이 높아진다. 일정한 압력에서 C의 수득률은 t_1 ℃일 때가 t_2 ℃일 때보다 크므로 $t_2>t_1$이다.

376 압력이 높을수록 생성물의 수득률이 높아지는 반응은 정반응이 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. 따라서 ㉠에 해당하는 반응은 (다) 1가지이다. 온도가 높을수록 생성물의 수득률이 높아지는 반응은 정반응이 열을 흡수하는 반응이다. 따라서 ㉡에 해당하는 반응은 (가), (나)이다.

377

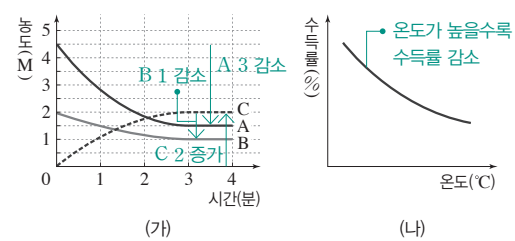


ㄱ. 일정한 온도에서 압력에 따른 수득률의 변화가 없으므로 압력에 의해 평형이 이동하지 않는다. 따라서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 $a+b=c$이고, $a<c$이다.

ㄴ. 일정한 압력에서 온도가 낮을수록 C의 수득률이 큰 것으로 보아 온도가 낮을수록 정반응이 우세하게 진행된다. 즉, 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

바로알기 | ㄷ. 주어진 반응은 압력에 의해 평형이 이동하지 않는다.

378



ㄷ. 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 압력이 높을수록 평형은 정반응 쪽으로 이동한다. 따라서 압력이 높을수록 C의 수득률이 높아진다.

바로알기 | ㄱ. 반응 초기부터 각 물질의 농도가 일정하게 유지되는 평형에 도달할 때까지 A의 농도는 3 M 감소하고, B의 농도는 1 M 감소하며, C의 농도는 2 M 증가한다. 따라서 반응 몰비는 A : B : C = 3 : 1 : 2이므로 $a=3$, $b=1$, $c=2$이고, $\frac{a+b}{c}=2$이다.

ㄴ. (나)에서 온도가 높을수록 C의 수득률이 감소하는 것으로 보아 온도가 높을수록 역반응이 우세하게 진행된다. 즉, 역반응은 열을 흡수하는 반응이므로 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

379 ㄱ. 일정한 온도에서 압력이 커질수록 C의 수득률이 증가한다. 압력이 커질수록 전체 기체 분자 수가 감소하는 방향으로 평형이 이동하므로 C를 생성하는 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다.
ㄴ. 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 부피를 줄여 압력을 증가시키면 평형은 정반응 쪽으로 이동한다.
바로알기 | ㄷ. 일정한 압력에서 온도가 높을수록 C의 수득률이 감소한다. 따라서 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

380 ㄱ. 온도가 높을수록 평형 상수가 작아지므로 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.
ㄴ. 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이므로 온도가 높을수록 평형은 역반응 쪽으로 이동한다.
바로알기 | ㄷ. 압력이 높을수록 C의 수득률이 증가하므로 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다.

381 ㄴ. (가)에서 온도가 높을수록 반응물의 양이 증가하고 생성물의 양이 감소한다. 즉, 온도가 높을수록 역반응이 우세하게 진행되므로 역반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이고, 정반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.
바로알기 | ㄱ. (나)에서 압력이 높을수록 생성물인 C의 수득률이 높아지므로 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이다. 따라서 $a+b>c$이다.
ㄷ. 정반응은 발열 반응이므로 온도가 높을수록 평형 상수(K)가 작아진다.

382

상태	온도	실린더 속 전체 기체의 밀도(g/L)
초기	T	6
평형 Ⅰ	T	5
평형 Ⅱ	$\frac{6}{5}T$	3

온도 증가 → 전체 기체의 밀도 감소 (정반응 우세)

모범 답안 반응이 진행될 때 질량은 보존되므로 반응 초기와 평형 Ⅰ과 Ⅱ에서 실린더 속 전체 기체의 질량은 일정하다. 따라서 밀도가 감소할수록 전체 기체의 부피가 증가하고, 정반응은 전체 기체 분자 수가 증가하는 반응이므로 정반응이 우세하게 진행된다. 평형 Ⅰ에서 온도를 높여 도달한 평형 Ⅱ에서 밀도가 감소하므로 전체 기체 부피가 증가하는 방향, 즉 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다. 이로부터 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이므로 B의 수득률을 높이려면 온도를 높여야 한다.

채점 기준	배점
밀도 변화의 의미를 설명하면서 온도 조건을 옳게 서술한 경우	100 %
온도 조건만 옳게 서술한 경우	40 %

최고 수준 도전 기출

106쪽~107쪽

383 ④ 384 ① 385 ① 386 ① 387 ① 388 ⑤ 389 ①

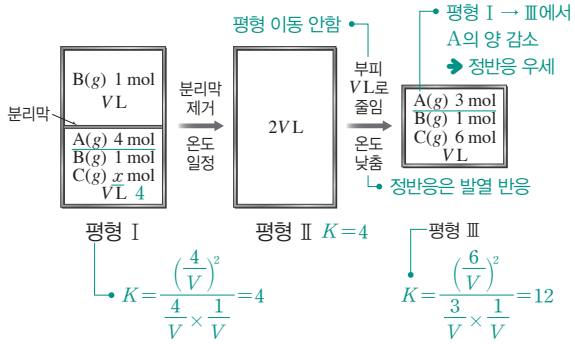
383 일정한 온도에서 $H_2O(l)$의 증발 속도는 일정하고, 응축 속도는 용기 속 $H_2O(g)$의 양(mol)에 비례한다. 밀폐된 진공 용기에 $H_2O(l)$을 넣으면 일정한 속도로 증발이 일어나고, 용기 속 $H_2O(g)$의 양(mol)이 증가하면서 응축 속도가 빨라진다. H_2O의 증발 속도와 응축 속도가 같아지면 용기 속 $H_2O(l)$의 양과 $H_2O(g)$의 양이 일정하게 유지되는 동적 평형에 도달한다. 따라서 $H_2O(l)$의 질량이 일정하게 유지되는 t_2일 때는 동적 평형 상태이다.
ㄴ. 용기 속 $H_2O(g)$의 양(mol)은 t_2일 때가 t_1일 때보다 많다.
ㄷ. $H_2O(l)$이 $H_2O(g)$로 되는 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이므로 온도를 25 ℃에서 50 ℃로 높이면 평형이 정반응 쪽으로 이동한다. 따라서 용기 속 $H_2O(l)$이 더 많이 증발하여 질량은 0.8보다 작아진다.
바로알기 | ㄱ. t_2일 때는 동적 평형 상태이므로 물의 증발과 응축이 같은 속도로 일어난다.

384 ㄱ. t_1일 때 전체 기체의 압력이 급격히 증가하므로 가능한 조건 변화는 부피를 감소시켰거나 기체를 추가한 경우이다. 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 전체 기체의 압력이 증가하는 방향, 즉 전체 기체 분자 수가 증가하는 역반응이 우세하게 진행되므로 t_1일 때 B(g)를 넣었다. 부피를 감소시켜 압력을 증가시키면 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응이 우세하게 진행되어 전체 기체의 압력이 감소하게 되므로 적절하지 않다.
바로알기 | ㄴ. t_2~t_3에서 전체 기체의 압력이 감소하므로 전체 기체 분자 수가 감소하는 정반응이 우세하게 진행된다.
ㄷ. 평형 Ⅰ~Ⅲ에서 온도가 일정하므로 평형 상수 $K=\frac{[B]}{[A]^2}$는 모두 같다.

385 반응 초기 (가)에서 평형 상태 (나)에 도달할 때까지 X의 농도는 증가하고, Y의 농도는 감소하므로 X와 Y는 각각 반응물과 생성물 중 하나이다. 따라서 X와 Y 중 하나는 C(g)이다. A~C의 계수비가 1 : 1 : 1이고 X의 증가한 농도가 0.4 M이므로 (나)에서 Y의 농도는 0.6 M이고, Z의 농도는 0.4 M이다.
X를 C(g)라고 하면 Y와 Z는 반응물이고 (가)에서 (나)로 될 때 정반응이 우세하게 진행되어야 하는데, (가)에는 반응물 중 1가지만 있으므로 적절하지 않다. 따라서 Y는 C(g)이고, X와 Z는 각각 반응물인 A(g)와 B(g) 중 하나이며, $K=\frac{[C]}{[A][B]}=\frac{0.6}{1.4\times0.4}=\frac{15}{14}$이다.

386 ㄱ. 주어진 반응의 정반응은 발열 반응이므로 온도가 낮을수록 평형 상수가 커진다. 평형 상수는 (가)<(나)이므로 온도는 $T_1>T_2$이다.
바로알기 | ㄴ. 평형 상수가 클수록 평형은 정반응 쪽에 치우친다. (가)에서 온도를 낮추면 평형은 정반응 쪽으로 이동하므로 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 감소하고 C(g)의 양(mol)은 증가한다. 이때 (가)와 (나)에서 용기의 부피는 일정하므로 C(g)의 농도는 (가)<(나)이다.
ㄷ. 정반응은 전체 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 평형이 정반응 쪽에 치우쳐 있는 (나)에서가 (가)에서보다 전체 기체 분자 수가 작다. 따라서 전체 기체 분자 수는 (가)>(나)이다.

387



ㄱ. 평형 Ⅰ에서 분리막을 제거하면 B를 추가한 것과 같다. 평형 Ⅰ에서 평형 Ⅲ에 도달할 때까지 A의 양(mol)이 감소하므로 정반응이 우세하게 진행된다. 이때 반응한 A의 양을 y mol이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

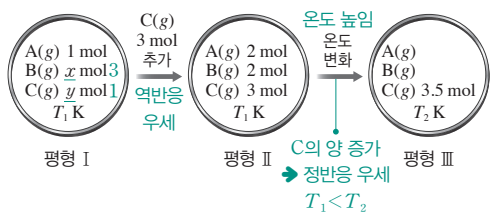
	$A(g)$	+	$B(g)$	$\rightleftarrows$	$2C(g)$
초기 상태(mol)	4		2		x
반응(mol)	$-y$		$-y$		$+2y$
평형 상태(mol)	$4-y$		$2-y$		$x+2y$

평형 Ⅲ에서 A의 양은 3 mol, B의 양은 1 mol, C의 양은 6 mol이므로 $y=1$이고, $x=4$이다.

바로알기 | ㄴ. 평형 Ⅰ에서 평형 상수 $K=\dfrac{\left(\frac{4}{V}\right)^2}{\frac{4}{V}\times\frac{1}{V}}=4$이고, 평형 Ⅱ에서와 평형 Ⅰ에서의 온도가 같으므로 평형 Ⅱ에서 평형 상수(K)는 4이다. 평형 Ⅲ에서 평형 상수 $K=\dfrac{\left(\frac{6}{V}\right)^2}{\frac{3}{V}\times\frac{1}{V}}=12$이다. 따라서 평형 상수($K$)는 평형 Ⅲ에서가 평형 Ⅱ에서의 3배이다.

ㄷ. 평형 Ⅱ에서 부피를 줄여 압력을 증가시켜도 주어진 반응은 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 평형이 이동하지 않는다. 따라서 평형 Ⅱ에서 평형 Ⅲ에 도달할 때까지의 평형 이동은 온도에 의한 것이다. 온도를 낮추었을 때 평형 상수가 증가하므로 주어진 반응의 정반응은 발열 반응이다.

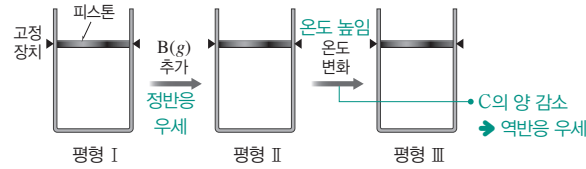
388



ㄱ, ㄴ. 평형 Ⅰ에서 용기에 C 3 mol을 추가하면 역반응이 우세하게 진행된다. 평형 Ⅱ에서 A의 양이 2 mol이므로 평형 Ⅰ에서 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행되고, 생성된 A의 양이 1 mol이므로 반응한 B와 C의 양은 각각 1 mol이다. 평형 Ⅱ에서 B의 양이 2 mol이고, C의 양이 3 mol이므로 $x=3$, $y=1$이다. 따라서 $x+y=4$이다.

ㄷ. 평형 Ⅱ에서 온도를 변화시켜 도달한 평형 Ⅲ에서 C의 양(mol)이 증가하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다. 정반응이 흡열 반응이므로 평형 Ⅱ에서 온도를 높인 것이고, 온도는 $T_1<T_2$이다.

389



ㄱ. 평형 Ⅰ~Ⅲ에서 부피가 일정하므로 각 기체의 농도비는 몰비와 같다. $A(g)$와 $B(g)$를 각각 x mol씩 넣고, 평형 Ⅰ에 도달했을 때 반응한 A와 B의 양(mol)을 각각 $2n$이라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	$A(g)$	+	$B(g)$	$\rightleftarrows$	$2C(g)$
초기 상태(mol)	x		x		0
반응(mol)	$-2n$		$-2n$		$+4n$
평형 Ⅰ(mol)	$2n$		$2n$		$4n$

따라서 $x=4n$이다.

평형 Ⅰ에 $B(g)$ y mol을 추가한 후 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 정반응이 우세하게 일어나는데, 평형 Ⅱ에서 A의 양이 n mol이므로 평형 Ⅱ에 도달할 때까지 반응한 A와 B의 양은 각각 n mol이고, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	+	$B(g)$	$\rightleftarrows$	$2C(g)$
평형 Ⅰ(mol)	$2n$		$2n+y$		$4n$
반응(mol)	$-n$		$-n$		$+2n$
평형 Ⅱ(mol)	n		$n+y$		$6n$

이때 평형 Ⅰ에서와 평형 Ⅱ에서의 온도가 같으므로 평형 상수가 같다. 실린더의 부피를 V라고 하면 $K=\dfrac{\left(\frac{4n}{V}\right)^2}{\frac{2n}{V}\times\frac{2n}{V}}=\dfrac{\left(\frac{6n}{V}\right)^2}{\frac{n}{V}\times\frac{n+y}{V}}$이고, $y=8n$이다. $\dfrac{y}{x}=2$이다.

바로알기 | ㄴ. 평형 Ⅱ에서 C의 양은 $6n$ mol이고, 온도를 변화시켜 도달한 평형 Ⅲ에서 C의 양이 $5n$ mol이므로 온도 변화에 의해 평형 Ⅱ에서 평형 Ⅲ에 도달할 때까지 역반응이 우세하게 진행된다. 주어진 반응의 정반응은 발열 반응이므로 온도를 높인 것이고, 정반응이 발열 반응일 때 평형 상수는 온도가 낮을수록 크므로 평형 상수(K)는 평형 Ⅱ에서가 평형 Ⅲ에서보다 크다.

ㄷ. 주어진 반응은 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같다. 즉, 평형 Ⅲ에서 피스톤을 내려 부피를 줄여 압력이 증가해도 평형은 이동하지 않는다. 따라서 $\dfrac{\text{C의 양(mol)}}{\text{A의 양(mol)}}$은 변하지 않는다.

12 몰농도

빈출 자료 보기

109쪽

390 (1) ○ (2) × (3) ○

391 (1) ○ (2) ○ (3) ×

390 (1) (가)에 녹아 있는 포도당의 양은 0.5 M×0.1 L=0.05 mol이고, 질량은 0.05 mol×180 g/mol=9 g이다.

(3) (가)에 물을 넣어도 포도당의 양은 0.05 mol로 일정하므로 물을 넣어 만든 1 L 수용액의 몰농도는 0.05 M이다.

바로알기 | (2) (나)에 녹아 있는 포도당의 질량은 $200\ g\times\frac{4}{100}=8\ g$이고, 양은 $\frac{8\ g}{180\ g/mol}=\frac{2}{45}$ mol이다.

391 (1) 0.2 M NaOH(aq) 100 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.2 M×0.1 L=0.02 mol이고, 질량은 0.02 mol×40 g/mol=0.8 g이므로 a=0.8이다.

(2) 일정 부피의 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다.

바로알기 | (3) (다)의 수용액에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.02 mol이다.

난이도별 필수 기출

110쪽~115쪽

392 ②, ④ 393 ①, ② 394 ② 395 ③
396 해설 참조 397 ① 398 ④ 399 해설 참조
400 ③ 401 ② 402 ① 403 ① 404 ⑤ 405 ②
406 ④ 407 ② 408 ③ 409 ① 410 ⑤ 411 ②
412 ③ 413 ⑤ 414 해설 참조 415 ② 416 ④
417 ③ 418 ②

392 **바로알기 |** ① 용액에서 녹는 물질을 용질, 녹이는 물질을 용매라고 한다.

③ 몰농도는 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)이다.

⑤ 온도에 따라 용액의 부피가 변하므로 몰농도는 온도에 따라 달라진다.

⑥ 몰농도가 같으면 용질의 종류와 관계없이 같은 부피의 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 같다. 용질의 질량은 몰질량에 따라 다르다.

393 ① (가)에 녹아 있는 포도당의 양은 0.1 M×0.5 L=0.05 mol이고, 질량은 0.05 mol×180 g/mol=9 g이다.

② (가)와 (나)에 녹아 있는 포도당의 양(mol)이 같으므로 (나)에 녹아 있는 포도당의 질량은 9 g이다.

바로알기 | ③ (가)에서 일부를 덜어 낸 포도당 수용액의 농도는 모두 0.1 M이다.

④ (나)에 녹아 있는 포도당의 질량은 9 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{9\ g}{200\ g}\times100=4.5$ %이다.

⑤ (나)에 물을 넣어 만든 500 g 수용액의 퍼센트 농도는 $\frac{9\ g}{500\ g}\times100=1.8$ %이다.

⑥ (가)와 (나)를 혼합한 수용액에 녹아 있는 포도당의 양은 0.1 mol이다. 수용액의 부피가 500 mL일 때 몰농도가 0.2 M인데, (가)와 (나)를 혼합한 수용액의 부피가 500 mL보다 크므로 몰농도는 0.2 M보다 작다.

394 0.1 M NaOH(aq) 200 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.1 M×0.2 L=0.02 mol이고, 질량은 0.02 mol×40 g/mol=0.8 g이다. 0.15 M NaOH(aq) 300 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.15 M×0.3 L=0.045 mol이고, 질량은 0.045 mol×40 g/mol=1.8 g이다. 따라서 x=1.8−0.8=1이다.

395 ㄱ. (가)에 녹아 있는 용질의 양은 0.5 M×0.1 L=0.05 mol이고, 질량은 0.05 mol×180 g/mol=9 g이다. (나)에 녹아 있는 용질의 질량은 $200\ g\times\frac{5}{100}=10$ g이다. 따라서 용질의 질량(g)은 (나)>(가)이다.

ㄴ. (나)에 녹아 있는 용질의 양은 $\frac{10\ g}{40\ g/mol}=0.25$ mol이고, (다)에 녹아 있는 용질의 양은 1 M×0.25 L=0.25 mol이다.

바로알기 | ㄷ. (나)와 (다)를 혼합한 수용액에 녹아 있는 용질의 양은 0.5 mol이므로 수용액의 부피가 500 mL일 때 몰농도가 1 M이다. (나)의 부피는 $\frac{200\ g}{1.04\ g/mL}$이므로 200 mL보다 작다. 따라서 (나)와 (다)를 혼합한 수용액의 부피가 500 mL보다 작으므로 몰농도는 1 M보다 크다.

396 **모범 답안** 0.02 M 포도당 수용액 3 L에 녹아 있는 포도당의 양은 0.02 M×3 L=0.06 mol이다. 포도당 1.8 g의 양은 $\frac{1.8\ g}{180\ g/mol}=0.01$ mol이므로 0.5 M 포도당 수용액 x mL에 녹아 있는 포도당의 양은 0.05 mol이다. 따라서 $0.5\ M\times\frac{x}{1000}\ L=0.05$ mol이므로 x=100이다.

채점 기준	배점
x를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
x만 옳게 구한 경우	50 %

397 ㄱ. 1 M A(aq) 200 mL에 녹아 있는 용질의 양은 1 M×0.2 L=0.2 mol이다.

바로알기 | ㄴ. A의 몰질량(g/mol)을 M이라고 하면 A(aq)에 녹아 있는 A의 질량은 0.2M g이고, A(aq)의 질량은 1.04 g/mL×200 mL=208 g이다. 따라서 A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{0.2M\ g}{208\ g}\times100=\frac{50}{13}$ %이므로 M=40이다.

ㄷ. 물 200 g을 추가하여 만든 수용액의 퍼센트 농도는 $\frac{8\ g}{208\ g+200\ g}\times100=\frac{100}{51}$ %이므로 $\frac{25}{13}$ %보다 크다.

398 물에 녹인 A와 B의 질량(g)을 w, A와 B의 몰질량(g/mol)을 각각 3M, 2M이라고 하면 A(aq)의 몰농도(M)는 $\frac{\frac{w}{3M}}{0.2}=1$이므로 $\frac{w}{M}=0.6$이다. B(aq)의 몰농도(M)는 $\frac{\frac{w}{2M}}{0.3}=x$이므로 x=1이다.

399 모범 답안 (가)에 녹아 있는 A의 질량은 200 g$\times\frac{3}{100}$=6 g이고, 물의 질량은 200 g−6 g=194 g이다. (가)에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{6\text{ g}}{60\text{ g/mol}}$=0.1 mol이므로 (나)에 녹아 있는 A의 양도 0.1 mol이고, 몰농도가 1 M이므로 (나)의 부피는 100 mL이다. (나)의 밀도가 1 g/mL이므로 (나)의 질량은 100 g이고, 물의 질량은 100 g−6 g=94 g이다. 따라서 x=194−94=100이다.

채점 기준	배점
x를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
x만 옳게 구한 경우	50 %

400 (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 100 g$\times\frac{5}{100}$=5 g이고, 양은 $\frac{5\text{ g}}{40\text{ g/mol}}=\frac{1}{8}$ mol이다. (나)에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.2 M$\times\frac{x}{1000}$ L=$\frac{x}{5000}$ mol이다.

물과 모든 수용액의 밀도가 1 g/mL이므로 (가)와 (나)를 혼합한 후 물 275 g을 넣어 만든 수용액의 전체 부피는 (100+x+275) mL이다. 몰농도가 0.25 M이므로 수용액에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.25\times\frac{(100+x+275)}{1000}=\frac{1}{8}+\frac{x}{5000}$이고, x=625이다.

401 (가)의 밀도가 1.2 g/mL이므로 (가) x g의 부피는 $\frac{x}{1.2}$ mL이다. (가) x g에 녹아 있는 NaOH의 양은 5 M$\times\frac{x}{1200}$ L=$\frac{x}{240}$ mol이고, 질량은 $\frac{x}{240}$ mol$\times$40 g/mol=$\frac{x}{6}$ g이다. (나) y g에 녹아 있는 NaOH의 질량은 y g$\times\frac{5}{100}=\frac{y}{20}$ g이다. (가) x g과 (나) y g에 들어 있는 용질의 질량이 같으므로 $\frac{x}{6}=\frac{y}{20}$이고, $\frac{x}{y}=\frac{3}{10}$이다.

402

수용액	몰농도(M)	수용액 1 L에 녹아 있는 NaOH		수용액 1 L의 질량(g)
		양(mol)	질량(g)	
(가)	2a	2a	80a	1280
(나)	3a	3a	120a	1500

ㄱ. (가) 1 L에 녹아 있는 NaOH의 양은 2a mol이고, 질량은 2a mol$\times$40 g/mol=80a g이다. (가)의 밀도가 1.28 g/mL이므로 1 L의 질량은 1280 g이고, $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용매의 질량(g)}}=\frac{80a}{1280-80a}=17k$(①)이다. (나) 1 L에 녹아 있는 NaOH의 양은 3a mol이고, 질량은 120a g이다. (나)의 밀도가 1.5 g/mL이므로 1 L의 질량은 1500 g이고, $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용매의 질량(g)}}=\frac{120a}{1500-120a}=24k$(②)이다. ①과 ②를 풀면 a=4이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용매의 질량(g)}}=\frac{320}{1280-320}=\frac{1}{3}=17k$이므로 $k=\frac{1}{51}$이다.

ㄷ. (가) 1 L의 질량은 1280 g이고, 녹아 있는 NaOH의 질량은 320 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{320\text{ g}}{1280\text{ g}}\times100$=25 %이다.

403

수용액	용질		용매의 질량(g)	용액	
	질량(g)	양(mol)		질량(g)	부피(mL)
A(aq)	w	$\frac{w}{2M}$	6w	7w	$\frac{7w}{d_A}$
B(aq)	w	$\frac{w}{3M}$	9w	10w	$\frac{10w}{d_B}$

ㄱ. A와 B의 화학식량을 각각 2M, 3M이라고 하면 A(aq)과 B(aq)에서 용질의 질량(g)이 w이므로 용질의 몰비는 $\frac{w}{2M}:\frac{w}{3M}$=3 : 2이다.

바로알기 | ㄴ. A(aq)과 B(aq)의 퍼센트 농도(%)의 비는 $\frac{w}{w+6w}\times100:\frac{w}{w+9w}\times100$=10 : 7이다.

ㄷ. A(aq)과 B(aq)의 질량(g)은 각각 7w, 10w이고, 밀도(g/mL)는 각각 d_A, d_B이므로 부피(mL)는 각각 $\frac{7w}{d_A}$, $\frac{10w}{d_B}$이다. A(aq)과 B(aq)의 몰농도(M)의 비는 $\frac{\frac{w}{2M}}{\frac{7w}{d_A}}:\frac{\frac{w}{3M}}{\frac{10w}{d_B}}=\frac{d_A}{7}:\frac{d_B}{15}=x:y$이므로 $\frac{x}{y}=\frac{15d_A}{7d_B}$이다.

404 ㄱ. 포도당 표준 용액을 만드는 과정은 다음과 같다.
(나) 표준 용액을 만드는 데 필요한 포도당의 질량을 측정한다.
(가) (나)에서 측정한 포도당을 적당량의 증류수에 녹인 후 500 mL 부피 플라스크에 모두 넣는다.
(라) 부피 플라스크의 표시선까지 증류수를 채운다.
(다) 부피 플라스크의 마개를 닫은 후 충분히 섞는다.

ㄴ. 0.1 M 포도당 표준 용액 500 mL에 녹아 있는 포도당의 양은 0.1 M$\times$0.5 L=0.05 mol이고, 질량은 0.05 mol$\times$180 g/mol=9 g이다.

ㄷ. 이 실험에서 만든 포도당 수용액의 질량은 1.02 g/mL$\times$500 mL=510 g이다. 따라서 퍼센트 농도(%)는 $\frac{9\text{ g}}{510\text{ g}}\times100<1.8$이다.

405 NaOH(aq)을 만들기 위해 필요한 NaOH의 질량을 측정해야 하므로 (가)를 수행하고, NaOH을 증류수에 녹이는 (다)를 수행한다. 원하는 몰농도(M)의 수용액을 만들기 위해 부피 플라스크로 옮기는 (나)를 수행하고, 정확한 실험을 위해 (마)를 수행한다. 마지막으로 부피 플라스크의 표시선까지 증류수를 채워야 하므로 (라)를 수행한다.

406 ㄱ. 일정 부피의 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다.

ㄷ. NaOH 4 g의 양(mol)은 $\frac{4\text{ g}}{40\text{ g/mol}}$=0.1 mol이고, NaOH($aq$)의 부피는 100 mL이므로 몰농도는 $\frac{0.1\text{ mol}}{0.1\text{ L}}$=1 M이다.

바로알기 | ㄴ. (라)에서 증류수 100 mL를 넣으면 (다)에서 비커에 넣은 증류수와 (마)에서 비커를 씻어 부피 플라스크에 넣은 증류수의 부피 때문에 전체 수용액의 부피는 100 mL보다 커진다. 따라서 (라)에서 넣은 증류수의 부피는 100 mL보다 작다.

407 두 용액을 혼합해도 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 다음 관계가 성립한다.
0.5 M$\times$0.2 L+x M$\times$0.3 L=2 M$\times$0.5 L, x=3

408 ㄱ. 정확한 부피의 액체를 옮길 때 사용하는 실험 기구는 피펫이다.

ㄷ. 용액을 희석해도 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 $1\ \text{M}\times\frac{x}{1000}\ \text{L}=0.3\ \text{M}\times0.2\ \text{L}$이고, $x=60$이다.

바로알기 | ㄴ. 일정 부피의 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다.

409 ㄱ. 몰농도(M)$=\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이므로 같은 부피의 요소 수용액에 녹아 있는 용질의 몰비, 질량비는 몰농도비와 같다. 따라서 같은 부피의 A와 B에 녹아 있는 용질의 질량비는 $1.5:2=3:4$이다.

바로알기 | ㄴ. 두 용액을 혼합해도 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 C의 몰농도는 $\frac{1.5\ \text{M}\times0.2\ \text{L}+2\ \text{M}\times0.3\ \text{L}}{0.5\ \text{L}}$ $=1.8\ \text{M}$이다.

ㄷ. C에 녹아 있는 요소의 양은 $1.8\ \text{M}\times0.5\ \text{L}=0.9\ \text{mol}$이고, 요소 6 g의 양은 $\frac{6\ \text{g}}{60\ \text{g/mol}}=0.1\ \text{mol}$이다. 따라서 (다)에서 만든 1 L 요소 수용액에 녹아 있는 요소의 양이 1 mol이므로 몰농도는 1 M이다.

410 용액을 희석해도 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않는다. (나)에서 1 M A(aq) V mL에 물을 넣어 200 mL로 만들었으므로 I의 몰농도(M)는 $\frac{1\times\frac{V}{1000}}{0.2}=\frac{V}{200}$이다. (다)에서 1 M A($aq$) V mL에 물을 넣어 1 L로 만들었으므로 수용액의 몰농도(M)는 $\frac{1\times\frac{V}{1000}}{1}=\frac{V}{1000}$이다. (라)에서 $\frac{V}{1000}$ M A(aq) x mL에 물을 넣어 100 mL로 만들었으므로 II의 몰농도(M)는 $\frac{\frac{V}{1000}\times\frac{x}{1000}}{0.1}$ $=\frac{Vx}{100000}$이다. 실험 결과 몰농도는 I이 II의 100배이므로 $\frac{V}{200}=\frac{Vx}{100000}\times100$이고, $x=5$이다.

다른 풀이 희석한 용액의 몰농도 $M_2=M_1\times\frac{V_1}{V_2}$이므로 (나)에서 I의 몰농도(M)는 $1\times\frac{V}{200}$이다. (다)에서 만든 수용액의 몰농도(M)는 $1\times\frac{V}{1000}$이다. (라)에서 II의 몰농도(M)는 $\frac{V}{1000}\times\frac{x}{100}$이다. 실험 결과 몰농도는 I이 II의 100배이므로 $x=5$이다.

411 ㄷ. 20 % NaOH(aq) x g의 부피는 $\frac{x\ \text{g}}{1.2\ \text{g/mL}}=\frac{25}{3}\ \text{mL}$이므로 $x=10$이다.

바로알기 | ㄱ. 20 % NaOH(aq)의 밀도가 1.2 g/mL이므로 20 % NaOH(aq) 100 g의 부피는 $\frac{100}{1.2}$ mL이고, 녹아 있는 NaOH의 질량은 20 g, 양은 $\frac{20\ \text{g}}{40\ \text{g/mol}}=0.5\ \text{mol}$이다. 따라서 몰농도는 $\frac{0.5\ \text{mol}}{\frac{1}{12}\ \text{L}}=6\ \text{M}$이다.

ㄴ. (가)에서 NaOH(aq)의 몰농도가 6 M이고, (나)에서 물 50 mL를 넣었을 때 몰농도가 $\frac{6}{7}$ M이다. 몰농도가 $\frac{1}{7}$배이므로 수용액의 부피는 7배가 된 것이다. 20 % NaOH(aq) x g의 부피(mL)를 V라고 하면 $V:(V+50)=1:7$이므로 $V=\frac{25}{3}>8$이다.

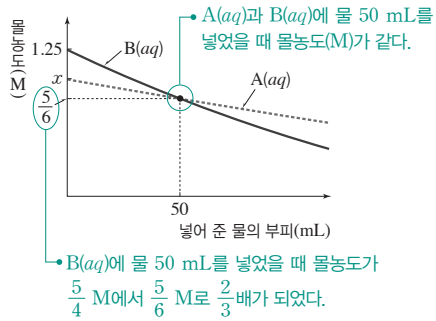
412

수용액	(가)	(나)	(다)
몰농도(M)	0.4	0.2	0.1
부피(L)	V_1	V_2	V_3
용질의 양(mol)	$0.4V_1$	$0.2V_2$	$0.1V_3$

(가)와 (나)를 혼합한 수용액 I과 (나)와 (다)를 혼합한 수용액 II에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 각각 $(0.4V_1+0.2V_2)$, $(0.2V_2+0.1V_3)$이다. A의 몰질량(g/mol)을 M이라고 하면 I과 II에 녹아 있는 용질의 질량은 각각 $(0.4V_1+0.2V_2)\times M$, $(0.2V_2+0.1V_3)\times M$이고, I과 II에서 용질의 질량이 같으므로 $V_3=4V_1$이다.

I과 II의 몰농도(M)는 각각 $\frac{0.4V_1+0.2V_2}{V_1+V_2}$, $\frac{0.2V_2+0.1V_3}{V_2+V_3}$이다. 몰농도(M)는 I이 II의 2배이므로 $\frac{0.4V_1+0.2V_2}{V_1+V_2}=2\times\left(\frac{0.2V_2+0.4V_1}{V_2+4V_1}\right)$이고, $V_2=2V_1$이다. 따라서 $\frac{V_2+V_3}{V_1}=\frac{2V_1+4V_1}{V_1}=6$이다.

413



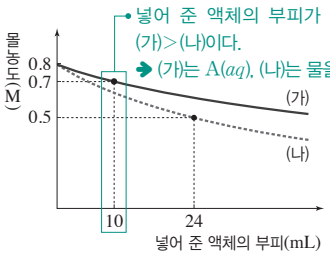
ㄱ. $1.25\left(=\frac{5}{4}\right)$ M B(aq) V mL에 물 50 mL를 넣었을 때 몰농도가 $\frac{5}{6}$ M로 $\frac{2}{3}$배가 되었으므로 수용액의 부피는 $\frac{3}{2}$배가 된 것이다. 따라서 $V:(V+50)=1:\frac{3}{2}$이므로 $V=100$이다.

다른 풀이 $1.25\times\frac{V}{V+50}=\frac{5}{6}$, $V=100$이다.

ㄴ. x M A(aq) 250 mL와 1.25 M B(aq) 100 mL에 각각 물 50 mL를 넣었을 때 몰농도(M)가 같으므로 $\frac{x\times0.25}{0.3}=\frac{1.25\times0.1}{0.15}$이고, $x=1$이다.

ㄷ. A와 B의 화학식량을 각각 M_1, M_2라고 하면 A(s) w g과 B(s) w g의 양(mol)은 각각 $\frac{w}{M_1}$, $\frac{w}{M_2}$이다. 1 M A(aq) 250 mL와 1.25 M B(aq) 100 mL에 녹아 있는 용질의 양은 각각 $1\ \text{M}\times0.25\ \text{L}=0.25\ \text{mol}$, $1.25\ \text{M}\times0.1\ \text{L}=0.125\ \text{mol}$이다. 따라서 $\frac{w}{M_1}:\frac{w}{M_2}=0.25:0.125$이므로 $M_1:M_2=1:2$이고, $\frac{\text{A의 화학식량}}{\text{B의 화학식량}}=\frac{1}{2}$이다.

414



모범 답안 (1) (가), 넣어 준 액체의 부피가 같을 때 A(aq)을 넣은 혼합 용액의 몰농도가 물을 넣은 혼합 용액의 몰농도보다 크기 때문이다.

(2) (나)에서 0.8 M A(aq) V mL에 물 24 mL를 넣었을 때 몰농도가 0.5 M이므로 $0.8\ \text{M}\times\frac{V}{1000}\ \text{L}=0.5\ \text{M}\times\frac{V+24}{1000}\ \text{L}$이고, $V=40$이다.

(3) (가)에서 0.8 M A(aq) 40 mL에 x M A(aq) 10 mL를 넣었을 때 몰농도가 0.7 M이므로 $0.8\ \text{M}\times0.04\ \text{L}+x\ \text{M}\times0.01\ \text{L}=0.7\ \text{M}\times0.05\ \text{L}$이고, $x=0.3$이다.

채점 기준		배점
(1)	A(aq)을 넣은 비커를 고르고, 농도 변화의 추이를 근거로 그 까닭을 옳게 서술한 경우	30 %
	A(aq)을 넣은 비커를 옳게 골랐지만, 제시된 그림 자료 해석이 부족한 경우	15 %
(2)	V를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	30 %
	V만 옳게 구한 경우	15 %
(3)	x를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	40 %
	x만 옳게 구한 경우	20 %

415

0.1 M X(aq), 0.3 M X(aq), 0.5 M X(aq)을 V L씩 혼합한 수용액의 몰농도(M)는 $\frac{0.1V+0.3V+0.5V}{3V}=\frac{3}{10}$이므로 Ⅱ(㉠+㉢+㉣)에 해당한다.

0.3 M X(aq), 0.5 M X(aq), $H_2O(l)$을 V L씩 혼합한 수용액의 몰농도(M)는 $\frac{0.3V+0.5V}{3V}=\frac{4}{15}$이므로 Ⅲ(㉡+㉢+㉣)에 해당한다.

0.1 M X(aq), 0.5 M X(aq), $H_2O(l)$을 V L씩 혼합한 수용액의 몰농도(M)는 $\frac{0.1V+0.5V}{3V}=\frac{1}{5}$이므로 Ⅰ(㉠+㉡+㉢)에 해당한다.

따라서 0.1 M X(aq)은 ㉠, 0.3 M X(aq)은 ㉣, 0.5 M X(aq)은 ㉢, $H_2O(l)$은 ㉡이다.

416

(가)에서 만든 A(aq)의 밀도가 d g/mL이므로 A(aq) 100 mL의 질량(g)은 $100d$이다. 따라서 (나)에서 만든 수용액에 녹아 있는 A의 질량(g)은 $3\times\frac{50}{100d}=\frac{3}{2d}$이다. A의 몰질량(g/mol)을 M이라고 하면 (나)에서 만든 수용액의 몰농도(M)는 $\frac{\frac{3}{2dM}}{0.2}=a$(①)이다. (다)에서 만든 수용액에 녹아 있는 A의 질량(g)은 $\frac{3}{2d}\times\frac{50}{200}+w=\frac{3}{8d}+w$이므로 몰농도(M)는 $\frac{\left(\frac{3}{8d}+w\right)\times\frac{1}{M}}{0.2}=2a$(②)이다. 따라서 ①과 ②를 풀면 $w=\frac{21}{8d}$이다.

417

ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 각각 n_1, n_2라고 하면 Ⅰ과 Ⅱ의 몰농도(M)의 비는 $\frac{n_1}{0.1}:\frac{n_2}{0.3}=6:5$이므로 $n_1:n_2=2:5$이다. 따라서 용질의 양(mol)은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 작다.

ㄴ. $n_1:n_2=2:5$이므로 $n_2=\frac{5}{2}n_1$이다. A(l) 8 g의 양(mol)이 n_1이므로 Ⅱ에서 A(l) 16 g의 양(mol)은 $2n_1$이고, A(l) 5 mL의 양(mol)은 $\frac{1}{2}n_1$이다. 따라서 A(l) n_1 mol의 질량은 8 g, 부피는 10 mL이므로 A(l)의 밀도는 $\frac{8\ \text{g}}{10\ \text{mL}}=0.8\ \text{g/mL}$이다.

바로알기 | ㄷ. A(l) 10 mL의 양(mol)은 n_1이므로 A(l) 10 mL와 물을 혼합한 500 mL 수용액의 몰농도(M)는 $\frac{n_1}{0.5}$이다. Ⅰ의 몰농도(M)는 $\frac{n_1}{0.1}=6k$이므로 $\frac{n_1}{0.5}=\frac{6}{5}k$이다.

418

몰농도 6 M

수용액	(가)	(나)	(다)
농도	20 %	6 M	6 M
양	50 mL	50 g	x g
	질량 $50d$	부피 $\frac{50}{d}$	

ㄴ. (가)와 (나)의 몰농도가 같으므로 밀도도 같다. (가)와 (나)의 밀도(g/mL)를 d라고 하면 (가) 50 mL의 질량(g)은 $50d$이고, 농도가 20 %이므로 용질의 질량(g)은 $50d\times\frac{20}{100}=10d$, 용질의 양(mol)은 $\frac{10d}{40}$이다. (나) 50 g의 부피(mL)는 $\frac{50}{d}$이고, 몰농도가 6 M이므로 용질의 양(mol)은 $6\times\frac{50}{1000d}=\frac{3}{10d}$이다. (가)와 (나)를 혼합한 (다)의 몰농도(M)는 $\frac{\frac{10d}{40}+\frac{3}{10d}}{\left(50+\frac{50}{d}\right)\times\frac{1}{1000}}=6$이므로 $d=1.2$이다.

바로알기 | ㄱ. (가)와 (나)를 혼합한 (다)의 몰농도가 (나)의 몰농도와 같으므로 (가)의 몰농도도 6 M이다.

ㄷ. (가)의 질량은 50 mL×1.2 g/mL=60 g이다. 따라서 (다)의 질량은 60 g+50 g=110 g이므로 $x=110$이다.

13 물의 자동 이온화와 pH

빈출 자료 보기 117쪽

419 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

420 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×

419 25 ℃에서 pH+pOH=14.0이고, (가)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=\frac{1}{6}$, (나)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=1$이다. 따라서 (가)의 pH=2.0, pOH=12.0이고, (나)의 pH=7.0, pOH=7.0이다. (다)에서 $[H_3O^+]=\frac{3\times10^{-13}\text{ mol}}{0.3\text{ L}}=1\times10^{-12}$ M이므로 pH=12.0이다.

(2) (가)는 산성, (나)는 중성, (다)는 염기성이다.

(3) (다)의 pH=12.0, pOH=2.0이므로 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=x=6$이다.

(5) (다)의 pOH=2.0이므로 $[OH^-]=1\times10^{-2}$ M이고, OH^-의 양은 $1\times10^{-2}\text{ M}\times0.3\text{ L}=3\times10^{-3}$ mol이다.

바로알기 | (4) H_3O^+의 양은 (가)에서 $1\times10^{-2}\text{ M}\times0.1\text{ L}=1\times10^{-3}$ mol이고, (나)에서 $1\times10^{-7}\text{ M}\times0.2\text{ L}=2\times10^{-8}$ mol이다. $\frac{b}{a}=\frac{2\times10^{-8}}{1\times10^{-3}}=2\times10^{-5}$이다.

420

수용액	pH	pOH	$[H_3O^+]$ (M)	$[OH^-]$ (M)	부피 (L)
(가)	13.0	1.0	1×10^{-13}	0.1	0.1
(나)	12.0	2.0	1×10^{-12}	0.01	1

(1) (가)에서 $[OH^-]=0.1$ M이므로 pOH=1.0이고, pH=14.0−1.0=13.0이다.

(2) 0.1 M NaOH(*aq*) 100 mL에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.1 M×0.1 L=0.01 mol이므로 물을 넣어 1 L로 만든 (나)에서 NaOH(*aq*)의 몰농도는 0.01 M이다.

다른 풀이 0.1 M NaOH(*aq*) 100 mL에 물을 넣어 1 L로 만들면 용액의 부피가 10배가 되므로 몰농도는 $0.1\text{ M}\times\frac{1}{10}=0.01$ M이다.

바로알기 | (3) (가)에서 $[OH^-]=0.1$ M이고 (나)에서 $[OH^-]=0.01$ M이므로 (가)의 pOH=1.0, (나)의 pOH=2.0이다.

(4) $[H_3O^+]$는 (가)에서 $\frac{1\times10^{-14}}{0.1}=1\times10^{-13}$ M이고, (나)에서 $\frac{1\times10^{-14}}{0.01}=1\times10^{-12}$ M이다. 따라서 $[H_3O^+]$는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{10}$배이다.

난이도별 필수 기출 118쪽~123쪽

421 ② 422 ③ 423 ⑤ 424 ③ 425 해설 참조
426 ② 427 해설 참조 428 ⑤ 429 ③ 430 ①
431 ③ 432 ① 433 ② 434 ② 435 ③ 436 ④
437 ③ 438 ② 439 ④ 440 ③ 441 해설 참조
442 ⑤ 443 해설 참조 444 ⑤ 445 ③ 446 ④

421 ③ 순수한 물에서 매우 적은 양의 물 분자가 이온화하므로 매우 적은 양의 H_3O^+과 OH^-이 존재한다.

④, ⑤ 순수한 물에서 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 항상 같으며, H_3O^+과 OH^-의 양(mol)도 같다.

⑥ 일정한 온도에서 물의 자동 이온화 반응이 평형을 이루었을 때 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 일정하므로 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$를 곱한 값은 항상 일정하다.

바로알기 | ② H^+의 이동으로 H_3O^+과 OH^-이 생성된다.

422 ㄱ. K_w는 일정한 온도에서 물의 자동 이온화 반응이 평형을 이루었을 때 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$를 곱한 값이다. 25 ℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이다.

ㄴ. 순수한 물에서 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 항상 같으며, 25 ℃에서 $K_w=1\times10^{-14}$이므로 25 ℃ 순수한 물에서 $[H_3O^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}$ M이다.

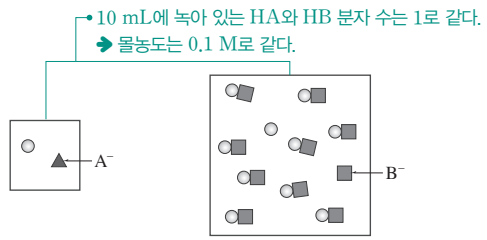
바로알기 | ㄷ. 온도가 일정하면 K_w는 항상 일정하며, 온도가 높을수록 커진다.

423 (가)에서 NaOH(*s*) 0.8 g의 양은 $\frac{0.8\text{ g}}{40\text{ g/mol}}=0.02$ mol이고, 수용액의 부피는 1 L이므로 몰농도는 0.02 M이다. 따라서 Ⅰ에서 $[OH^-]=0.02$ M이고, 25 ℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=\frac{1\times10^{-14}}{0.02}=5\times10^{-13}$ M이다.

(나)에서 10 M HCl(*aq*) 1 mL에 물을 넣어 100 mL로 희석하면 용액의 부피가 100배가 되므로 몰농도는 $10\text{ M}\times\frac{1}{100}=0.1$ M이다. 따라서 Ⅱ에서 $[H_3O^+]=0.1$ M이고, $[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{0.1}=1\times10^{-13}$ M이다.

따라서 $\frac{x}{y}=\frac{5\times10^{-13}}{1\times10^{-13}}=5$이다.

424



(가) HA(*aq*) 10 mL (나) HB(*aq*) 100 mL

ㄱ. ●은 HA와 HB가 각각 이온화하여 생성된 H^+이다.

ㄴ. (가)에 녹아 있는 HA와 (나)에 녹아 있는 HB의 몰비는 1 : 10이다. 용질의 양(mol)=몰농도(M)×용액의 부피(L)이므로 $0.1\times0.01 : x\times0.1=1 : 10$이고, $x=0.1$이다.

바로알기 | ㄷ. (가)에서 $[H_3O^+]=0.1$ M이고, (나)에서 $[H_3O^+]=0.01$ M이다. 25 ℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 (가)에서 $[OH^-]=1\times10^{-13}$ M이고, (나)에서 $[OH^-]=1\times10^{-12}$ M이다. 따라서 OH^-의 양은 (가)에서 $1\times10^{-13}\text{ M}\times0.01\text{ L}=1\times10^{-15}$ mol이고, (나)에서 $1\times10^{-12}\text{ M}\times0.1\text{ L}=1\times10^{-13}$ mol이다.

수용액	$[H_3O^+]$ (M)	$[OH^-]$ (M)	부피(mL)	OH^-의 양 (mol)
(가)	0.1	1×10^{-13}	10	1×10^{-15}
(나)	0.01	1×10^{-12}	100	1×10^{-13}

425 모범 답안 수용액 1 L에 들어 있는 OH^-의 양이 2.5×10^{-5} mol이므로 $[OH^-]=2.5\times10^{-5}$ M이다. 25 ℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=\frac{1\times10^{-14}}{2.5\times10^{-5}}=4\times10^{-10}$ M이다.

채점 기준	배점
H_3O^+의 몰농도(M)를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
H_3O^+의 몰농도(M)만 옳게 구한 경우	50 %

426

수용액	pH	pOH	$[H_3O^+]$ (M)	$[OH^-]$ (M)	부피 (mL)
(가)	2.0	12.0	1×10^{-2}	1×10^{-12}	10
(나)	11.0	3.0	1×10^{-11}	1×10^{-3}	100

ㄴ. (가)에서 pH=2.0이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-2}$ M이고, H_3O^+의 양은 1×10^{-2} M$\times$0.01 L$=1\times10^{-4}$ mol이다. (나)에서 pOH=3.0이므로 $[OH^-]=1\times10^{-3}$ M이고, OH^-의 양은 1×10^{-3} M$\times$0.1 L$=1\times10^{-4}$ mol이다.

바로알기 | ㄱ. 25 ℃에서 pH+pOH=14.0이므로 (가)에서 pOH=12.0이고, (나)에서 pOH=3.0이다. 따라서 (가)의 pOH와 (나)의 pOH의 합은 15.0이다.

ㄷ. (가)에서 pOH=12.0이므로 $[OH^-]=1\times10^{-12}$ M이고, OH^-의 양은 1×10^{-12} M$\times$0.01 L$=1\times10^{-14}$ mol이다. (나)에서 pH=11.0이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-11}$ M이고, H_3O^+의 양은 1×10^{-11} M$\times$0.1 L$=1\times10^{-12}$ mol이다.

427 모범 답안 (1) (가)에서 pH=2.0이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-2}$ M이다. 따라서 $[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-2}}=1\times10^{-12}$ M이므로 $x=1\times10^{-12}$이다.

다른 풀이 (가)에서 pH=2.0이므로 pOH=14.0−2.0=12.0이다. 따라서 $[OH^-]=1\times10^{-12}$ M이므로 $x=1\times10^{-12}$이다.

(2) (나)에서 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M이므로 $[H_3O^+]=\frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-4}}=1\times10^{-10}$ M이다. 따라서 pH=10.0이므로 y=10.0이다.

다른 풀이 (나)에서 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M이므로 pOH=4.0이다. 따라서 pH=14.0−4.0=10.0이므로 y=10.0이다.

채점 기준		배점
(1)	x를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	x만 옳게 구한 경우	30 %
(2)	y를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	y만 옳게 구한 경우	30 %

428 (가)에서 $\frac{pOH}{pH}=6$이므로 (가)의 pH=x라고 하면 pOH=$6x$이고, pH+pOH=14.0=$7x$이므로 pH=x=2.0이다. 이와 마찬가지로 구하면 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
$\frac{pOH}{pH}$	$6=\frac{12}{2}$	$\frac{4}{3}=\frac{8}{6}$	$\frac{2}{5}=\frac{4}{10}$
pH	2.0	6.0	10.0
pOH	12.0	8.0	4.0

ㄴ. (나)의 pH=6.0이고, pOH=8.0이다.

ㄷ. (가)에서 pH=2.0, (다)에서 pH=10.0이므로 $\frac{\text{(다)에서 }[H_3O^+]}{\text{(가)에서 }[H_3O^+]}=\frac{1\times10^{-10}}{1\times10^{-2}}=1\times10^{-8}$이다.

바로알기 | ㄱ. (가)의 pH=2.0이므로 (가)의 액성은 산성이다.

429 ㄱ. 물의 이온화 상수 $K_w=[H_3O^+][OH^-]$이다. 온도가 높아지면 K_w가 커지므로 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$도 증가한다. 따라서 이온화하는 물의 양(mol)은 증가한다.

ㄴ. 45 ℃에서 $K_w=4\times10^{-14}$이므로 중성 용액에서 $[H_3O^+]=2\times10^{-7}$ M이고, pH$=-\log[H_3O^+]=7.0-\log2<7$이다. 따라서 45 ℃에서 pH=7인 용액의 액성은 염기성이다.

바로알기 | ㄷ. 65 ℃에서 $K_w=10\times10^{-14}=1\times10^{-13}$이다. 순수한 물에서 $[H_3O^+]=[OH^-]$이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-6.5}$ M이고, pH=6.5이다.

430 ㄱ. (다)의 액성은 산성이므로 (다)에서 $[H_3O^+]>[OH^-]$이다. 따라서 ㉠은 $[H_3O^+]$이고, ㉡은 $[OH^-]$이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 $[H_3O^+]:[OH^-]=1:10$이므로 $[OH^-]=10\times[H_3O^+]$이다. $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-7.5}$ M이고, pH=7.5이다.

ㄷ. (나)에서 $[H_3O^+]=[OH^-]$이므로 (나)의 액성은 중성이고, pH=7.0이다.

431 ㄱ. (다)의 pH=6.0이므로 pOH=8.0이다. 따라서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-6}}{1\times10^{-8}}=100=x$이다.

ㄷ. (나)와 (다)는 pH가 각각 6.5와 6.0이므로 모두 산성 용액이다. 따라서 (나)와 (다)를 혼합한 수용액의 액성도 산성이다.

바로알기 | ㄴ. (가)의 pH=a이므로 pOH=14.0−a이다. 따라서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=\frac{10^{-a}}{10^{-(14-a)}}=\frac{1}{100}$이므로 $-a+14-a=-2$, a=8이다.

마찬가지로 풀면 (나)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=\frac{10^{-b}}{10^{-(14-b)}}=10$이므로 $-b+14-b=1$, b=6.5이다. 따라서 $a+b$=14.5이다.

432

구분	레몬	커피	달걀 흰자	하수구 세정제
pH	2.0	5.0	8.0	12.0
pOH	12.0	9.0	6.0	2.0
$[H_3O^+]$(M)	1×10^{-2}	1×10^{-5}	1×10^{-8}	1×10^{-12}
$[OH^-]$(M)	1×10^{-12}	1×10^{-9}	1×10^{-6}	1×10^{-2}

ㄱ. 커피의 pH<7.0이므로 커피의 액성은 산성이다.

바로알기 | ㄴ. 25 ℃에서 pH+pOH=14.0이므로 레몬의 pOH=12.0, 달걀 흰자의 pOH=6.0이다.

ㄷ. $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}<1$이면 $[H_3O^+]<[OH^-]$이므로 염기성인 달걀 흰자와 하수구 세정제가 해당한다. $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$는 레몬이 1×10^{10}, 커피가 1×10^{4}, 달걀 흰자가 1×10^{-2}, 하수구 세정제가 1×10^{-10}이다.

433 (나)의 pH=a라고 하면 (가)의 pOH=7a이다. (가)의 pH=14.0−7a이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-14+7a}$ M이고, (나)의 pOH=14.0−a이므로 $[OH^-]=1\times10^{-14+a}$ M이다.

(가) V mL에서 H_3O^+의 양(mol)은 $1\times10^{-14+7a}\times V\times10^{-3}=10^{-17+7a}\times V$이고, (나) 100$V$ mL에서 OH^-의 양(mol)은 $1\times10^{-14+a}\times100V\times10^{-3}=10^{-15+a}\times V$이다.

$\frac{10^{-17+7a}\times V}{10^{-15+a}\times V}=10^{7}$이므로 $-17+7a+15-a=7$, $a=1.5$이다. 따라서 (가)의 pH$=14.0-7a=3.5$이다.

434 (가)의 pH$=a$이고, $[H_3O^+]=x$ M이므로 $x=1\times10^{-a}$이다. (나)의 $[OH^-]=10x$ M이므로 $[H_3O^+]=\frac{1\times10^{-14}}{10x}$ M이다. (나)의 pH$=2a$이므로 $\frac{1\times10^{-14}}{10x}=1\times10^{-2a}$이다. $x=1\times10^{-a}$을 대입하면 $\frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-a+1}}=1\times10^{-2a}$에서 $-14+a-1=-2a$, $a=5$이다.
(다)에서 $[H_3O^+][OH^-]=y\times1000y=1\times10^{-14}$이므로 $y=1\times10^{-8.5}$이다. 따라서 (다)의 pH$=8.5=ka$이므로 $k=\frac{8.5}{a}=1.7$이다.
$\frac{k}{a}=\frac{1.7}{5}=\frac{17}{50}$이다.

435 25 ℃에서 pH+pOH$=14.0$이고, (가)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=\frac{2}{5}$이므로 pH$=4.0$, pOH$=10.0$이다. 따라서 $[OH^-]=1\times10^{-10}$ M이므로 OH^-의 양(mol)은 $1\times10^{-10}\times V=\frac{n}{10^6}$이고, $n=10^{-4}V$이다. 또한 $[H_3O^+]=1\times10^{-4}$ M이므로 H_3O^+의 양(mol)은 $1\times10^{-4}\times V=n$이다. (다)의 부피는 (가)의 20배이고, (다)의 OH^-의 양(mol)은 $20n$으로, (가)의 H_3O^+의 양(mol)의 20배이다. 따라서 (가)의 $[H_3O^+]$와 (다)의 $[OH^-]$가 같으므로 (가)의 pH와 (다)의 pOH는 같다. (다)의 pOH$=4.0$이므로 (다)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=\frac{10.0}{4.0}=10k$이고, $k=\frac{1}{4}$이다.
(나)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}=3k=\frac{3}{4}$이므로 pOH$=8.0$이다. 따라서 (나)의 $[OH^-]=1\times10^{-8}$ M이므로 OH^-의 양(mol)은 $1\times10^{-8}\times xV=\frac{n}{10^3}$이다. $n=10^{-4}V$이므로 이를 풀면 $x=10$이다. 따라서 $x\times k=\frac{5}{2}$이다.

436 ㄱ. (가)의 pH$=2a$이므로 pOH$=14.0-2a$이고, (다)의 pH$=3a$이므로 pOH$=14.0-3a$이다. 따라서 (가)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-2a}}{1\times10^{-14+2a}}=10^4k$이고, (다)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-3a}}{1\times10^{-14+3a}}=10^{-2}k$이다. $\frac{1\times10^{-2a}}{1\times10^{-14+2a}}=\frac{1\times10^{-3a}}{1\times10^{-14+3a}}\times10^6$이므로 $-2a+14-2a=-3a+14-3a+6$, $a=3$이다. 이에 따라 (가)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-6}}{1\times10^{-8}}=10^2=10^4k$이므로 $k=0.01$이다.
ㄷ. $a=3$이므로 (가)의 pH$=6.0$, (다)의 pH$=9.0$이다. (가)의 pOH$=8.0$이므로 $[OH^-]=1\times10^{-8}$ M이고, OH^-의 양(mol)은 $1\times10^{-8}\times V$이다. (다)의 pOH$=5.0$이므로 $[OH^-]=1\times10^{-5}$ M이고, OH^-의 양(mol)은 $1\times10^{-5}\times V\times10^{-3}=1\times10^{-8}\times V$이다.
바로알기 | ㄴ. $k=0.01$이므로 (나)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=10^3k=10$이다. $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-6.5}$ M이다. 따라서 (나)의 pH$=6.5=x$이다.

437 ㄱ. (가)에서 pH$=4.0$이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-4}$ M이다.
ㄴ. (가) 500 mL에 물을 넣어 1 L로 만들었으므로 몰농도는 $\frac{1}{2}$배가 되어 $[H_3O^+]=\frac{1}{2}\times10^{-4}$ M이다. pH$=-\log\left(\frac{1}{2}\times10^{-4}\right)=4.0+\log2$이므로 pOH$=10.0-\log2>9$이다.
바로알기 | ㄷ. 온도가 일정하므로 (가)와 (나)에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$으로 같다.

438 ㄴ. 0.01 M HCl(aq)에서 $[H_3O^+]=0.01$ M이므로 pH$=2.0$이고, pOH$=12.0$이다.
바로알기 | ㄱ. 0.01 M HCl(aq) 500 mL에서 H^+의 양은 0.01 M$\times$0.5 L$=0.005$ mol이다. 수용액에 Ⓗ 2개가 들어 있으므로 Ⓗ 1개는 H^+ 0.0025 mol에 해당한다.
ㄷ. 0.01 M HCl(aq)에서 $[H_3O^+]=0.01$ M, $[OH^-]=1\times10^{-12}$ M이다. 0.01 M HCl(aq)에 물을 추가하면 $[H_3O^+]$는 감소하며, $K_w=[H_3O^+][OH^-]$가 일정하므로 $[OH^-]$는 증가한다. 따라서 물을 추가하여 만든 수용액에서 $[OH^-]>1\times10^{-12}$ M이다.

439 ㄱ. (가)에서 12 M HX(aq) 10 mL에 물을 넣어 200 mL로 만들었으므로 수용액의 몰농도는 $\frac{12\text{ M}\times0.01\text{ L}}{0.2\text{ L}}=0.6$ M이다. 따라서 $[H_3O^+]=0.6$ M이고, $[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{0.6}=\frac{1}{6}\times10^{-13}$ M이다.
ㄴ. (다)에서 0.1 M BOH(aq)과 0.9 M BOH(aq)을 같은 부피로 혼합했으므로 수용액의 몰농도는 $\frac{0.1\text{ M}\times V\text{ L}+0.9\text{ M}\times V\text{ L}}{2V\text{ L}}=0.5$ M이다. 따라서 $[OH^-]=0.5$ M이고, $[H_3O^+]=\frac{1\times10^{-14}}{0.5}=\frac{1}{5}\times10^{-13}$ M이다. (가)에서 $[OH^-]=\frac{1}{6}\times10^{-13}$ M이므로 (가)의 $[OH^-]$<(다)의 $[H_3O^+]$이다. 따라서 (가)의 pOH>(다)의 pH이다.
바로알기 | ㄷ. (나)에서 $[OH^-]=1\times10^{-13}$ M이므로 $[H_3O^+]=0.1$ M이다. H_2Y 1개가 이온화하면 H_3O^+ 2개가 생성되므로 (나)의 몰농도는 $\frac{0.1\text{ M}}{2}=0.05$ M이다. (다)의 몰농도는 0.5 M이므로 몰농도(M)의 비는 (나) : (다)$=0.05:0.5=1:10$이다.

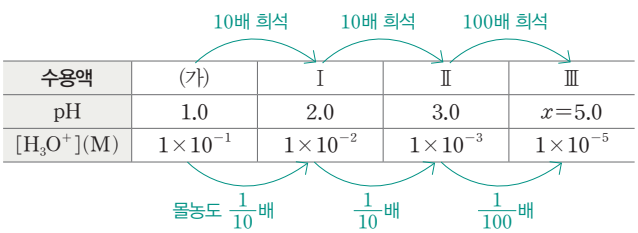
440 ㄱ. a M HX(aq) 30 mL와 b M H_2Y(aq) 40 mL에서 HX와 H_2Y의 양(mol)은 각각 $0.03a$, $0.04b$이다. HX 1개가 이온화하면 이온 2개, H_2Y 1개가 이온화하면 이온 3개가 생성된다. 따라서 HX(aq)과 H_2Y(aq)에서 전체 이온의 몰비는 $0.03a\times2:0.04b\times3=9n:16n$이므로 $a:b=9:8$이다.
ㄷ. HX(aq)과 H_2Y(aq)에서 $[H_3O^+]$의 비는 $a:b\times2=9:16$이다. 따라서 $[H_3O^+]$는 HX(aq)<H_2Y(aq)이므로 pH는 HX(aq)>H_2Y(aq)이다.
바로알기 | ㄴ. HX(aq)과 H_2Y(aq)에서 전체 이온의 양(mol)은 각각 $9n$, $16n$이므로 H_3O^+의 양(mol)은 각각 $9n\times\frac{1}{2}$, $16n\times\frac{2}{3}$이다. 따라서 H_3O^+의 몰비는 $9n\times\frac{1}{2}:16n\times\frac{2}{3}=27:64$이다.

441 모범 답안 (1) (가)에서 $[H_3O^+]=x$ M이므로 $[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{x}$ M이고, OH^-의 양은 $\frac{1\times10^{-14}}{x}\text{ M}\times0.2\text{ L}=\frac{2\times10^{-15}}{x}$ mol이다. (나)에서 H_3O^+의 양은 0.1 M$\times$0.1 L$=0.01$ mol이다. $\frac{\text{(나)에서 }H_3O^+\text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 }OH^-\text{의 양(mol)}}=5\times10^{11}$이므로 $x=0.1$이다.

(2) OH^-이 5×10^{-14} mol 들어 있는 수용액 500 mL에서 $[OH^-]=\frac{5\times10^{-14}\,mol}{0.5\,L}=1\times10^{-13}$ M이므로 $[H_3O^+]=\frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-13}}=0.1$ M이다. (가)와 (나)의 몰농도는 모두 0.1 M이므로 (가)와 (나)에서 $[H_3O^+]=0.1$ M이다. 따라서 혼합 용액에서 $[H_3O^+]=0.1$ M이므로 pH=1.0이다.

채점 기준		배점
(1)	x를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	x만 옳게 구한 경우	30 %
(2)	pH를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	pH만 옳게 구한 경우	30 %

442



수용액	(가)	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
pH	1.0	2.0	3.0	$x=5.0$
$[H_3O^+]$(M)	1×10^{-1}	1×10^{-2}	1×10^{-3}	1×10^{-5}

ㄱ. Ⅰ의 pH=2.0이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-2}$ M이다. (가)의 HCl(aq)을 10배 희석하여 Ⅰ을 만들었으므로 (가)의 HCl(aq)에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-1}$ M이다. 따라서 (가)에서 pH=1.0이고, pOH=13.0이다.

ㄴ. Ⅱ의 pH=3.0이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-3}$ M이다. Ⅱ를 100배 희석하여 Ⅲ을 만들었으므로 몰농도는 $\frac{1}{100}$배가 되어 $[H_3O^+]=1\times10^{-5}$ M이고, pH=5.0이다.

ㄷ. Ⅲ에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-5}$ M이므로 Ⅲ을 10배 희석한 수용액에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-6}$ M이고, H_3O^+의 양은 1×10^{-6} M$\times0.1$ L$=1\times10^{-7}$ mol이다.

443

모범 답안 (1) Ⅰ의 pH=13.0이므로 pOH=1.0이다. 따라서 $[OH^-]=0.1$ M이므로 Ⅰ의 몰농도는 0.1 M이다. $\frac{\frac{x\,g}{40\,g/mol}}{0.1\,L}=0.1$ M이므로 $x=0.4$이다.

(2) Ⅰ을 10배 희석하여 Ⅱ를 만들었으므로 몰농도는 $\frac{1}{10}$배가 되어 0.01 M이고, $[OH^-]=0.01$ M이다. 따라서 $[H_3O^+]=\frac{1\times10^{-14}}{0.01}=1\times10^{-12}$ M이므로 pH=12.0이고, $y=12.0$이다.

채점 기준		배점
(1)	x를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	x만 옳게 구한 경우	30 %
(2)	y를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	y만 옳게 구한 경우	30 %

444

ㄱ. 0.01 M HCl(aq)을 10 mL 넣었을 때 혼합 용액의 pH=1.0이므로 $[H_3O^+]=0.1$ M이다. 따라서 혼합 용액의 몰농도는 0.1 M이므로 $\frac{a\ M\times0.018\,L+0.01\,M\times0.01\,L}{0.028\,L}=0.1$ M이고, $a=0.15$이다.

ㄴ. (가)에서 0.01 M HCl(aq)을 18 mL 넣었을 때 혼합 용액의 몰농도는 $\frac{0.15\,M\times0.018\,L+0.01\,M\times0.018\,L}{0.036\,L}=0.08$ M이다.

따라서 $[H_3O^+]=0.08$ M이므로 pH$=-\log0.08=2.0-\log8$이고, pOH$=12.0+\log8<13$이다.

ㄷ. (가)에서 $[H_3O^+]=0.08$ M이고 혼합 용액의 부피는 36 mL이다. 따라서 $[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{0.08}=\frac{1}{8}\times10^{-12}$ M이고, OH^-의 양은 $\frac{1}{8}\times10^{-12}$ M$\times0.036$ L$=4.5\times10^{-15}$ mol이다.

445

수용액	희석 전			희석 후		
	부피(mL)	pH	pOH	부피(mL)	pH	pOH
HCl(aq)	V	2.0	12.0	10^3	5.0	9.0
NaOH(aq)	$100V$	10.0	4.0	10^4	8.0	6.0

ㄱ. 희석 전 HCl(aq)에서 pH와 pOH의 차는 10.0이고 합은 14.0이므로 pH=2.0, pOH=12.0이다. 희석 후 NaOH(aq)에서 pH와 pOH의 차는 2.0이고 합은 14.0이므로 pH=8.0, pOH=6.0이다.

ㄴ. 희석 후 HCl(aq)의 pH=a라고 하면 $[H_3O^+]=1\times10^{-a}$ M이므로 H_3O^+의 양은 1×10^{-a} M$\times1$ L$=1\times10^{-a}$ mol이다. 희석 후 NaOH(aq)의 pOH=6.0이므로 $[OH^-]=1\times10^{-6}$ M이고, OH^-의 양은 1×10^{-6} M$\times10$ L$=1\times10^{-5}$ mol이다. 희석 후 HCl(aq)에서 H_3O^+의 양(mol)은 희석 후 NaOH(aq)에서 OH^-의 양(mol)과 같으므로 $1\times10^{-a}=1\times10^{-5}$이고, $a=5$이다. 따라서 희석 후 HCl(aq)의 pH=5.0, pOH=9.0이다.

바로알기 | ㄷ. 희석 전과 후 HCl(aq)의 pH는 2.0에서 5.0으로 3만큼 증가했으므로 1000배 희석한 것이다. 따라서 $V=1$이다. 이에 따라 NaOH(aq)의 부피는 100 mL에서 10^4 mL가 되었으므로 100배 희석한 것이고, pOH는 2만큼 증가하여 pOH=6.0이 되었다. 따라서 희석 전 NaOH(aq)의 pOH=4.0이다.

446

넣어 준 물의 부피(mL)	0	$V=9x$	$11V$
수용액의 부피(mL)	x	$x+9x$	$x+99x$
$\frac{pH}{pOH}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{5}{9}$	$k=\frac{3}{4}$
pH	4.0	5.0	6.0
pOH	10.0	9.0	8.0

ㄱ. pH+pOH=14.0이고, 넣어 준 물의 부피가 0일 때 $\frac{pH}{pOH}=\frac{2}{5}$이므로 pH=4.0, pOH=10.0이다. 따라서 희석 전 HCl(aq)에서 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}=\frac{1\times10^{-10}}{1\times10^{-4}}=1\times10^{-6}$이다.

ㄴ. 넣어 준 물의 부피가 V일 때 $\frac{pH}{pOH}=\frac{5}{9}$이므로 pH=5.0이다. pH가 4.0에서 5.0으로 1만큼 증가했으므로 10배로 희석한 것이다. 따라서 $V=9x$이므로 $\frac{V}{x}=9$이다.

바로알기 | ㄷ. $11V=99x$이므로 넣어 준 물의 부피가 $11V$일 때에는 초기 HCl(aq)을 100배로 희석한 것이다. 따라서 pH는 2만큼 증가하므로 pH=6.0, pOH=8.0이다. $\frac{pH}{pOH}=\frac{3}{4}=k$이다.

14 중화 반응

빈출 자료 보기

125쪽

447 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

448 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

447 0.1 M HCl(aq) 200 mL에 들어 있는 H^+과 Cl^-의 양(mol)은 $0.1\times0.2=0.02$이고, 0.2 M NaOH(aq) 150 mL에 들어 있는 Na^+과 OH^-의 양(mol)은 $0.2\times0.15=0.03$이다.

(1) 혼합 전 H^+의 양은 0.02 mol이고, OH^-의 양은 0.03 mol이므로 혼합 용액의 액성은 염기성이다.

(4) H^+과 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 반응한 H^+의 양(mol)과 같고, 0.02 mol이다.

(5) 혼합 용액에 들어 있는 OH^-의 양은 0.01 mol이다. 0.1 M HCl(aq) 100 mL에 들어 있는 H^+의 양은 0.01 mol이므로 0.1 M HCl(aq) 100 mL를 추가한 용액의 액성은 중성이다.

바로알기 | (2), (3) 혼합 용액에 가장 많이 들어 있는 ▲은 Na^+이고, ●은 Cl^-, ■은 OH^-이다.

448 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 반응에서 혼합 용액의 액성이 산성이면 혼합 용액 속 모든 양이온 수는 혼합 전 HCl(aq) 속 양이온 수와 같고, 염기성이면 혼합 용액 속 모든 양이온 수는 혼합 전 NaOH(aq) 속 양이온 수와 같다. 혼합 용액의 액성이 중성이면 혼합 용액 속 모든 양이온 수는 혼합 전 HCl(aq) 또는 NaOH(aq) 속 양이온 수와 같다.

(가)의 액성이 산성 또는 중성이면 (나)는 산성이고 모든 양이온 수는 (나)가 (가)의 4배여야 하는데 제시된 조건에 맞지 않는다. 따라서 (가)는 염기성이다. (가)와 (나)에서 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온 수는 다음과 같다.

구분	혼합 전		혼합 후
(가)	HCl(aq) 20 mL	H^+: $3N$, Cl^-: $3N$	Cl^-: $3N$, Na^+: $5N$, OH^-: $2N$
	NaOH(aq) 100 mL	Na^+: $5N$, OH^-: $5N$	
(나)	HCl(aq) 80 mL	H^+: $12N$, Cl^-: $12N$	H^+: $10N$, Cl^-: $12N$, Na^+: $2N$
	NaOH(aq) 40 mL	Na^+: $2N$, OH^-: $2N$	

(1) (가)에는 반응하지 않은 OH^-이 남아 있으므로 (가)의 액성은 염기성이다.

(3) 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 (가)에서 $3N$, (나)에서 $2N$이므로 (가) : (나)=3 : 2이다.

(4) 각 수용액 20 mL에 들어 있는 양이온 수는 HCl(aq)이 $3N$, NaOH(aq)이 N이므로 혼합 전 단위 부피당 이온 수비는 HCl(aq) : NaOH(aq)=3 : 1이다.

바로알기 | (2) 전체 이온 수의 비는 (가) : (나)=$10N$: $24N$=5 : 12이다.

(5) (가)와 (나)를 혼합한 용액은 HCl(aq) 100 mL와 NaOH(aq) 140 mL를 혼합한 것과 같다. HCl(aq) 100 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $15N$이고, NaOH(aq) 140 mL에 들어 있는 OH^- 수는 $7N$이므로 혼합 용액의 액성은 산성이다.

난이도별 필수 기출

126쪽~131쪽

449 ⑤ **450** ③ **451** ② **452** 해설 참조 **453** ④
454 ③ **455** 해설 참조 **456** ① **457** ⑤ **458** ④
459 ① **460** ⑤ **461** ① **462** ② **463** ⑤
464 해설 참조 **465** 해설 참조 **466** ③ **467** ②
468 ① **469** ⑤ **470** ⑤ **471** ③ **472** ① **473** ③
474 ① **475** ① **476** ④

449 ㄱ. 비커 속 용액의 부피는 증가하고, H^+이 OH^-과 반응하여 H_2O이 되므로 H^+의 양(mol)은 감소한다. 따라서 H^+의 몰농도가 감소하므로 pH는 증가한다.

ㄷ. Cl^-은 구경꾼 이온이므로 NaOH(aq)을 넣어도 Cl^-의 양(mol)은 일정하다.

450 ㄱ. (가)~(다)는 모두 중화 반응과 관련 있는 현상이다.

ㄷ. 석회 가루는 산성화된 토양을 중화시키므로 염기성 물질이다.

바로알기 | ㄴ. 생선회의 비린내는 염기성 물질이고, 이를 제거하기 위해 뿌리는 레몬즙은 산성 물질이다. 제산제는 위산을 중화시키므로 염기성 물질이다.

451 구경꾼 이온 중 Cl^-이 가장 많으며, 0.2 M HCl(aq) 100 mL에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)은 $0.2\times0.1=0.02$이다. 혼합 용액의 부피는 200 mL이므로 Cl^-의 몰농도(M)는 $\frac{0.02}{0.2}=0.1$이다.

452 모범 답안 ◆은 수가 감소하므로 반응에 참여하는 H^+이고, ●은 수가 일정하므로 구경꾼 이온인 Cl^-이다. ▲은 (나)에서 나타나므로 Na^+이다.

채점 기준	배점
각 모형이 나타내는 이온의 화학식을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
각 모형이 나타내는 이온의 화학식만 옳게 쓴 경우	50 %

453 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온 수는 다음과 같다.

혼합 전	0.1 M HCl(aq) 20 mL	H^+: 4, Cl^-: 4
	NaOH(aq) 10 mL	Na^+: 1, OH^-: 1
혼합 용액 30 mL		H^+: 3, Cl^-: 4, Na^+: 1

ㄱ. 0.1 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+ 수는 2이고, NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 수는 1이므로 NaOH(aq)의 몰농도는 0.05 M이다.

ㄷ. NaOH(aq) 30 mL에 들어 있는 OH^- 수는 3이므로 (나)에 NaOH(aq) 30 mL를 추가한 용액의 액성은 중성이다.

바로알기 | ㄴ. 혼합 전 H^+의 양(mol)은 $0.1\times0.02=0.002$, OH^-의 양(mol)은 $0.05\times0.01=0.0005$이다. (나)에서 H^+의 양(mol)은 0.0015이고, 부피는 30 mL이므로 H^+의 몰농도(M)는 $\frac{0.0015}{0.03}=0.05$이다. 따라서 $pH=-\log0.05=2.0-\log5<2.0$이다.

454 ㄱ. 혼합 전 H^+의 양(mol)은 $0.4\times0.2=0.08$, OH^-의 양(mol)은 $0.2\times0.2=0.04$이다. 반응 후 H^+이 남아 있으므로 혼합 용액의 액성은 산성이다.

ㄴ. H^+과 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 반응한 OH^-의 양(mol)과 같으며, 0.04 mol이다.

바로알기 | ㄷ. 혼합 용액에 들어 있는 Cl^-의 양은 0.08 mol, Na^+의 양은 0.04 mol이다.

455 모범 답안 $H_2SO_4(aq)$의 부피(mL)를 x라고 하면 $1\times0.5\times0.1=2\times0.1\times\frac{x}{1000}$, $x=250$이므로 필요한 $H_2SO_4(aq)$의 최소 부피는 250 mL이다.

채점 기준	배점
$H_2SO_4(aq)$의 부피를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
$H_2SO_4(aq)$의 부피만 옳게 구한 경우	50 %

456

수용액	몰농도(M)	부피(mL)	H^+ 또는 OH^-의 양(mol)
(가) $HX(aq)$	0.3	40	$0.3\times0.04=0.012$
(나) $H_2Y(aq)$	0.2	60	$2\times0.2\times0.06=0.024$
(다) $B(OH)_2(aq)$	0.4	50	$2\times0.4\times0.05=0.04$

ㄱ. (다)의 액성은 염기성이므로 pH가 가장 크다. (가)와 (나)에서 H^+의 몰농도는 각각 0.3 M과 0.4 M이므로 pH는 (가)>(나)이다.

바로알기 | ㄴ. (가)와 (다)를 혼합한 용액은 염기성이다. 혼합 용액에 들어 있는 이온의 양(mol)은 X^- 0.012, B^{2+} 0.02, OH^- 0.04−0.012=0.028이므로 가장 많이 들어 있는 이온은 OH^-이다.

ㄷ. (가)와 (나)에 들어 있는 H^+의 양(mol)보다 (다)에 들어 있는 OH^-의 양(mol)이 크므로 (가)~(다)를 모두 혼합한 용액의 액성은 염기성이다.

457 A~D에서 반응한 용액의 부피는 다음과 같다.

혼합 용액		A	B	C	D
혼합 전 용액의 부피(mL)	$H_2SO_4(aq)$	10	20	30	40
	$NaOH(aq)$	40	30	20	10
반응한 용액의 부피(mL)	$H_2SO_4(aq)$	10	20	20	10
	$NaOH(aq)$	10	20	20	10

ㄱ. B와 C의 최고 온도가 같으므로 B와 C에서 생성된 물의 양(mol)은 같다. 따라서 $H_2SO_4(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)과 $NaOH(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 같다. H_2SO_4 1 mol은 H^+ 2 mol을 내놓을 수 있으므로 몰농도비는 $H_2SO_4(aq)$: $NaOH(aq)=1:2$이다.

ㄴ. 몰농도비가 $H_2SO_4(aq)$: $NaOH(aq)=1:2$이므로 반응 부피비는 1 : 1이다. B와 C를 혼합한 용액은 $H_2SO_4(aq)$ 50 mL와 $NaOH(aq)$ 50 mL를 혼합한 것이므로 혼합 용액의 액성은 중성이다.

ㄷ. A와 D의 부피는 같고, A에 들어 있는 OH^-의 양(mol)과 D에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 같다. 따라서 A의 pOH와 D의 pH는 같다.

458 ㄱ. ●은 H^+이고, (다)의 액성이 중성이므로 (가)에 들어 있는 H^+ 수와 (나)에 들어 있는 OH^- 수는 4로 같다. 따라서 ◆의 전하는 +2이다.

ㄷ. (가)에서 이온 수는 H^+ 4, 음이온 4이고, (나)에서 이온 수는 양이온 2, OH^- 4이므로 (다)에서 이온 수는 음이온 4, 양이온 2이다. 따라서 전체 이온 수는 (다)에서가 (가)에서의 $\frac{3}{4}$배이다.

바로알기 | ㄴ. (가)와 (나)의 부피는 같고 용질의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배이므로 몰농도(M)도 (가)가 (나)의 2배이다.

459 (가)와 (나)에 들어 있는 이온 수는 다음과 같다.

(가) x M $HCl(aq)$ 10 mL	H^+: 3, Cl^-: 3
(나) y M $NaOH(aq)$ 10 mL	Na^+: 2, OH^-: 2

ㄱ. x M $HCl(aq)$ 10 mL와 y M $NaOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 음이온 수의 비가 3 : 2이므로 몰농도비는 $x:y=3:2$이다. 따라서 $\frac{x}{y}=\frac{3}{2}$이다.

바로알기 | ㄴ. (다)는 x M $HCl(aq)$ 20 mL와 y M $NaOH(aq)$ V mL를 혼합한 용액이다. x M $HCl(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Cl^- 수는 6이고, (다)에서 $\frac{Na^+\text{ 수}}{Cl^-\text{ 수}}=\frac{4}{3}$이므로 y M $NaOH(aq)$ V mL에 들어 있는 Na^+ 수는 8이다. 따라서 $V=40$이다.

다른 풀이 x M $HCl(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)은 $0.02x$이다. y M $NaOH(aq)$ V mL에 들어 있는 Na^+의 양(mol)은 $y\times\frac{V}{1000}=\frac{2x}{3}\times\frac{V}{1000}$이다. (다)에서 $\frac{Na^+\text{ 수}}{Cl^-\text{ 수}}=\frac{2x}{3}\times\frac{V}{1000}\times\frac{1}{0.02x}=\frac{V}{30}=\frac{4}{3}$이므로 $V=40$이다.

ㄷ. (다)는 x M $HCl(aq)$ 20 mL와 y M $NaOH(aq)$ 40 mL를 혼합한 용액이므로 (다)의 부피는 60 mL이고, OH^- 수는 8−6=2이다. 따라서 (다)에서 $[OH^-]=y\text{ M}\times\frac{1}{6}=\frac{2x}{3}\text{ M}\times\frac{1}{6}=\frac{x}{9}$ M이다.

460 ㄱ. (가)~(다) 10 mL에 들어 있는 X 이온 수는 각각 4, 1, 2이므로 (나) 20 mL와 (다) 20 mL에 들어 있는 X 이온 수는 각각 2, 4이다. X 이온은 H^+과 Cl^- 중 하나인데, (나)에서 수가 변했으므로 반응에 참여하는 H^+이다. 따라서 (나)는 $NaOH(aq)$을, (다)는 $H_2O(l)$을 넣은 혼합 용액이다.

ㄴ. (나)는 (가)에 $NaOH(aq)$을 넣은 혼합 용액이므로 (나)에 들어 있는 양이온은 H^+과 Na^+이다.

ㄷ. (다)는 0.2 M $HCl(aq)$ 10 mL에 $H_2O(l)$ 10 mL를 넣은 혼합 용액이므로 (다)의 몰농도는 $0.2\text{ M}\times\frac{1}{2}=0.1$ M이다.

461 ㄱ. ●과 ■은 H^+과 Cl^- 중 하나이다. (나)에서 ●은 ■보다 수가 작으므로 ●은 H^+, ■은 Cl^-이고, ▲은 ㉠의 양이온이다. 수용액에서 모든 이온의 전하량 합은 0이므로 ▲의 전하는 +2이다. 따라서 $Ba(OH)_2$은 ㉠으로 적절하다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 $HCl(aq)$ 10 mL에 들어 있는 이온 수는 H^+ 6, Cl^- 6이고, (나)에서 혼합 용액 10 mL에 들어 있는 이온 수는 H^+ 2, Cl^- 4, ▲ 1이다. 따라서 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온 수는 다음과 같다.

혼합 전	$HCl(aq)$ 20 mL	H^+: 12, Cl^-: 12
	㉠ 수용액 10 mL	▲: 3, OH^-: 6
혼합 용액 30 mL		H^+: 6, Cl^-: 12, ▲: 3

㉠ 수용액 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 6이고, ㉠은 2가 염기이므로 ㉠ 수용액의 몰농도(M)는 $HCl(aq)$의 $\frac{1}{2}$이다.

ㄷ. $HCl(aq)$ 20 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 24이고, 혼합 용액 30 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 21이다. 따라서 ㉠ 수용액을 넣은 후 용액 속 전체 이온 수는 감소한다.

462 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온 수는 다음과 같다.

혼합 전	$HCl(aq)$ 20 mL	H^+: 12, Cl^-: 12
	㉠ 수용액 20 mL	▲: 6, OH^-: 12
혼합 용액 40 mL		Cl^-: 12, ▲: 6

따라서 H^+과 OH^-은 완전히 반응하고, 혼합 용액 20 mL에 들어 있는 이온 수는 Cl^-(■) 6, ▲ 3이다.

463 ㄱ, ㄴ. (나)에서 생성된 물의 양(mol)이 $3n$이므로 HCl(aq) 10 mL와 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 양이온과 음이온의 양(mol)은 모두 $3n$ 이상이다. (가)에서 생성된 물의 양(mol)이 $2n$이므로 NaOH(aq)이 모두 반응하였고, NaOH(aq) 5 mL에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 $2n$이다. 따라서 (가)의 액성은 산성이고, (나)의 액성은 염기성이다. 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

구분	혼합 전		혼합 후
(가)	HCl(aq) 10 mL	H^+: $3n$, Cl^-: $3n$	H^+: n, Cl^-: $3n$, Na^+: $2n$
	NaOH(aq) 5 mL	Na^+: $2n$, OH^-: $2n$	
(나)	HCl(aq) 10 mL	H^+: $3n$, Cl^-: $3n$	Cl^-: $3n$, Na^+: $4n$, OH^-: n
	NaOH(aq) 10 mL	Na^+: $4n$, OH^-: $4n$	

ㄷ. 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 (가)에서 $6n$, (나)에서 $8n$이므로 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{4}$배이다.

464 (가)에서 H^+의 양(mol)은 n이고, (나)에서 OH^-의 양(mol)도 n이므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액의 액성은 중성이다.

모범 답안 (가)와 (나)를 혼합한 용액은 HCl(aq) 20 mL와 NaOH(aq) 15 mL를 혼합한 것이다. HCl(aq)과 NaOH(aq)의 몰농도비는 3 : 4이고, 부피비는 4 : 3이므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액의 액성은 중성이다.

채점 기준	배점
혼합 용액의 액성을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
혼합 용액의 액성만 옳게 쓴 경우	50 %

465 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 반응에서 혼합 용액의 액성이 산성이면 혼합 용액 속 전체 이온 수는 혼합 전 HCl(aq) 속 전체 이온 수와 같고, 염기성이면 혼합 용액 속 전체 이온 수는 혼합 전 NaOH(aq) 속 전체 이온 수와 같다. 혼합 용액의 액성이 중성이면 혼합 용액 속 전체 이온 수는 혼합 전 HCl(aq) 또는 NaOH(aq) 속 전체 이온 수와 같다. (가)의 액성이 염기성 또는 중성이면 (나)는 염기성이고, 전체 이온 수는 (나)가 (가)의 3배여야 하는데, 제시된 조건에 맞지 않는다. 따라서 (가)는 산성이고, (나)는 염기성이다.

모범 답안 (1) (가) 산성, (나) 염기성

(2) a M HCl(aq) 10 mL 속 전체 이온 수는 $5N$이고, b M NaOH(aq) 30 mL 속 전체 이온 수는 $9N$이므로 몰농도비는 $a : b = 5N : 3N = 5 : 3$이다. (다)에서 NaOH(aq)의 부피는 (나)와 같은데 전체 이온 수는 $10N$이다. 따라서 HCl(aq) x mL 속 전체 이온 수는 $10N$이므로 $x = 20$이다. $\frac{b}{a} \times x = \frac{3}{5} \times 20 = 12$이다.

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나)의 액성을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	$\frac{b}{a} \times x$를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	70 %
	$\frac{b}{a} \times x$만 옳게 구한 경우	30 %

466 ㄱ. 혼합 용액의 액성이 염기성이면 혼합 용액에 들어 있는 이온은 Cl^-, Ba^{2+}, OH^-이고, 중성이면 혼합 용액에 들어 있는 이온은 Cl^-, Ba^{2+}이다. 수용액에서 모든 이온의 전하량 합은 0이므로 두 경우 모두 음이온 수는 Ba^{2+} 수의 2배이고, $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = 2$이다. (나)에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = \frac{4}{3}$이므로 (나)의 액성은 산성이다.

ㄷ. HCl(aq)과 $Ba(OH)_2$(aq)의 몰농도비가 4 : 3이고, (가)에서 HCl(aq)과 $Ba(OH)_2$(aq)을 20 mL씩 혼합했으므로 혼합 전 H^+과 OH^-의 몰비는 4 : 6이다. 따라서 (가)의 액성은 염기성이므로 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = 2 = a$이다.

바로알기 | ㄴ. (나)의 액성은 산성이므로 (나)에 들어 있는 이온은 H^+, Cl^-, Ba^{2+}이다. (나)에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = \frac{4}{3}$이므로 Cl^- 수를 4라고 하면 혼합 전 HCl(aq)에서 H^+ 수도 4이다. 혼합 전 $Ba(OH)_2$(aq)에서 Ba^{2+} 수를 n이라고 하면 OH^- 수는 $2n$이다. 따라서 (나)에서 H^+, Cl^-, Ba^{2+}의 수는 각각 $4-2n$, 4, n이므로 양이온 수는 $(4-2n)+n=3$이고, $n=1$이다. x M HCl(aq) 30 mL 속 H^+ 수와 y M $Ba(OH)_2$(aq) 10 mL 속 Ba^{2+} 수의 비가 4 : 1이므로 몰농도비는 $x : y = \frac{4}{3} : 1 = 4 : 3$이다. $\frac{y}{x} = \frac{3}{4}$이다.

467 (가)의 액성이 산성 또는 중성이면 혼합 용액 속 전체 이온 수는 혼합 전 HA(aq) 속 전체 이온 수와 같으므로 $\frac{A^-\text{ 수}}{\text{전체 이온 수}} = \frac{1}{2}$이다. (가)에서 $\frac{A^-\text{ 수}}{\text{전체 이온 수}} = \frac{1}{4}$이므로 (가)의 액성은 염기성이다. (가)에서 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전		혼합 후
0.2 M HA(aq) a mL	H^+: $0.2a$, A^-: $0.2a$	A^-: $0.2a$, Na^+: $4bx$, OH^-: $4bx-0.2a$
$4x$ M NaOH(aq) b mL	Na^+: $4bx$, OH^-: $4bx$	

(가)에서 A^-의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $0.2a$, 전체 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $8bx$이므로 $\frac{A^-\text{ 수}}{\text{전체 이온 수}} = \frac{0.2a}{8bx} = \frac{1}{4}$이고, $a = 10bx$이다.

(나)에서 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전		혼합 후
0.2 M HA(aq) $2a$ mL	H^+: $0.4a=4bx$, A^-: $0.4a=4bx$	H^+: $2bx$, A^-: $4bx$, B^{2-}: bx, Na^+: $4bx$
x M H_2B(aq) b mL	H^+: $2bx$, B^{2-}: bx	
$4x$ M NaOH(aq) b mL	Na^+: $4bx$, OH^-: $4bx$	

(나)에서 A^-의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $4bx$, 전체 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 $11bx$이므로 $\frac{A^-\text{ 수}}{\text{전체 이온 수}} = \frac{4bx}{11bx} = \frac{4}{11}$이다.

468 H_2A(aq)과 BOH(aq)의 몰농도(M)를 각각 x, y라고 하면 (가)~(다)에서 혼합 전 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

구분	혼합 전	
(가)	x M H_2A(aq) 5 mL	H^+: $10x$, A^{2-}: $5x$
	y M BOH(aq) 3 mL	B^+: $3y$, OH^-: $3y$
(나)	x M H_2A(aq) 10 mL	H^+: $20x$, A^{2-}: $10x$
	y M BOH(aq) 10 mL	B^+: $10y$, OH^-: $10y$
(다)	x M H_2A(aq) 10 mL	H^+: $20x$, A^{2-}: $10x$
	y M BOH(aq) 15 mL	B^+: $15y$, OH^-: $15y$

ㄱ. (가)에 들어 있는 이온은 3가지이므로 (가)의 액성은 산성 또는 염기성이다. (가)의 액성이 염기성이면 (가)에 들어 있는 이온은 A^{2-}, B^+, OH^-인데, 3가지 이온이 같은 비율로 존재하면 수용액에서 모든 이온의 전하량 합이 0이 아니므로 적합하지 않다. 따라서 (가)의 액성은 산성이고, (가)에 들어 있는 이온은 H^+, A^{2-}, B^+이다.

바로알기 | ㄴ. (가)에서 이온 수비는 $H^+ : A^{2-} : B^+ = (10x-3y) : 5x : 3y = 1 : 1 : 1$이므로 $5x=3y$이고, $H_2A(aq)$과 $BOH(aq)$의 몰농도비는 $x : y = 3 : 5$이다. (나)에서 $H_2A(aq)$과 $BOH(aq)$을 10 mL씩 혼합했으므로 이온 수비는 $A^{2-} : B^+ = 3 : 5$이다.

ㄷ. $H_2A(aq)$과 $BOH(aq)$의 몰농도비는 3 : 5이고, (다)에서 $H_2A(aq)$ 10 mL와 $BOH(aq)$ 15 mL를 혼합했으므로 혼합 전 H^+과 OH^-의 몰비는 $2\times3\times10 : 5\times15 = 60 : 75$이고, (다)의 액성은 염기성이다. $5x=3y$이므로 (다)에서 이온 수비는 $A^{2-} : B^+ : OH^- = 10x : 15y : (15y-20x) = 2 : 5 : 1$이다. 따라서 A^{2-} 수의 비율은 $\frac{2}{8}=\frac{1}{4}$이다.

469

이온의 양(mol)=몰농도(M)×용액의 부피(L)이고, (가)~(라)에서 혼합 용액의 부피(mL)는 각각 50, 40, 30, 20이므로 H^+ 또는 OH^-의 양($\times10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			$[H^+]$ 또는 $[OH^-]$ (M)	H^+ 또는 OH^-의 양 ($\times10^{-3}$ mol)
	$HCl(aq)$	$NaOH(aq)$	$KOH(aq)$		
(가)	10	20	20	$\frac{3}{50}$	OH^- 3
(나)	20	10	10	$\frac{3}{40}$	H^+ 3
(다)	5	10	15	$\frac{1}{12}$	OH^- 2.5
(라)	10	10	0	$\frac{1}{10}$	H^+ 2

(가)와 (나)에서 산 수용액과 염기 수용액의 부피를 고려하면 (가)의 액성은 염기성이고, (나)의 액성은 산성이다. $HCl(aq)$, $NaOH(aq)$, $KOH(aq)$의 몰농도(M)를 각각 x, y, z라고 하면 (가)에서 OH^-의 양(mol)과 (나)에서 H^+의 양(mol)이 같으므로 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$-10x+20y+20z=20x-10y-10z$, $x=y+z$

ㄴ. $x=y+z$이므로 같은 부피의 $HCl(aq)$, $NaOH(aq)$, $KOH(aq)$을 혼합한 용액의 액성은 중성이다.

ㄷ. $x=y+z$(①)이므로 (다)의 액성은 염기성이다. (다)에서 OH^-의 양($\times10^{-3}$ mol)은 $-5x+10y+15z=2.5$(②)이고, (라)에서 H^+의 양($\times10^{-3}$ mol)은 $10x-10y=2$(③)이다. ①~③을 풀면 $x=0.3$, $y=0.1$, $z=0.2$이다.

(나)의 액성은 산성이므로 (나)에 들어 있는 음이온은 Cl^-이고, Cl^-의 양($\times10^{-3}$ mol)은 $20x=6$이다. (다)의 액성은 염기성이므로 (다)에 들어 있는 음이온은 Cl^-, OH^-이고, 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 Cl^-은 $5x=1.5$, OH^-은 2.5이므로 음이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 4이다. 따라서 음이온 수는 (나)에서가 (다)에서의 $\frac{3}{2}$배이다.

바로알기 | ㄱ. $x>y$이므로 (라)의 액성은 산성이다. (가)의 액성은 염기성이므로 (가)와 (라)의 액성은 다르다.

470

ㄱ. (가)에서 혼합 전 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

구분	혼합 전	
(가)	0.5 M $HCl(aq)$ 10 mL	H^+: 5, Cl^-: 5
	0.1 M $XOH(aq)$ x mL	X^+: $0.1x$, OH^-: $0.1x$
	a M $Y(OH)_2(aq)$ y mL	Y^{2+}: ay, OH^-: $2ay$

(가)에 들어 있는 이온은 3가지이므로 (가)의 액성은 중성이고, $5=0.1x+2ay$(①)이다. 수용액에서 모든 이온의 전하량 합은 0이고, 이온 수의 비에서 $1+2\times2=5$이므로 이온 수의 비는 $X^+ : Y^{2+} : Cl^- = 1 : 2 : 5 = 0.1x : ay : 5$(②)이다. ①과 ②를 풀면 $x=10$, $ay=2$이다.

ㄴ, ㄷ. (나)에서 혼합 전 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

구분	혼합 전	
(나)	0.5 M $HCl(aq)$ 8 mL	H^+: 4, Cl^-: 4
	a M $Y(OH)_2(aq)$ $\frac{y}{2}$ mL	Y^{2+}: $\frac{ay}{2}=1$, OH^-: $ay=2$

따라서 (나)의 액성은 산성이고, 혼합 용액에 들어 있는 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 H^+ 2, Cl^- 4, Y^{2+} 1이므로 '1 : 2 : 4'는 ㉠으로 적절하다.

471

ㄱ. (다) 과정 후 수용액의 액성은 중성인데, Ⅰ과 Ⅱ의 액성이 모두 중성일 수는 없으므로 Ⅰ의 액성은 산성이고, Ⅱ의 액성은 염기성이다.

ㄴ. $HCl(aq)$, $NaOH(aq)$, $KOH(aq)$의 몰농도(M)를 각각 x~z라고 하면 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전	x M $HCl(aq)$ 10 mL	H^+: $10x$, Cl^-: $10x$
	y M $NaOH(aq)$ 10 mL	Na^+: $10y$, OH^-: $10y$
	z M $KOH(aq)$ 10 mL	K^+: $10z$, OH^-: $10z$
혼합 후	(가) 과정 후 Ⅰ	H^+: $10x-10y$, Cl^-: $10x$, Na^+: $10y$
	(나) 과정 후 Ⅱ	Cl^-: $10x$, Na^+: $10y$, K^+: $10z$, OH^-: $10y+10z-10x$
	(다) 과정 후 Ⅰ+Ⅱ	Cl^-: $20x$, Na^+: $20y$, K^+: $10z$

(나)와 (다) 과정 후 수용액에 들어 있는 양이온은 Na^+과 K^+이고, (나)와 (다) 과정 후 모든 양이온 수의 비는 각각 1 : 4와 1 : 2이다. (나)에서 $Na^+ : K^+ = 1 : 4$이면 $10y : 10z = 1 : 4$이므로 $y : z = 1 : 4$(①)이다. 이에 따라 (다)에서 $Na^+ : K^+ = 1 : 2$이므로 조건을 만족한다. (나)에서 $Na^+ : K^+ = 4 : 1$인 경우 (다)에서 양이온 수의 비 조건을 만족하지 않으므로 적합하지 않다.

(다) 과정 후 수용액의 액성은 중성이므로 $10x-10y=10y+10z-10x$(②)이다. ①과 ②를 풀면 $x=\frac{3z}{4}$이다. 따라서 몰농도(M)는 $HCl(aq)$이 $KOH(aq)$의 $\frac{3}{4}$배이다.

바로알기 | ㄷ. (다) 과정 후 이온 수의 비는 $Cl^- : Na^+ = 20x : 20y = \frac{3z}{4} : \frac{z}{4} = 3 : 1$이므로 이온 수는 Cl^-이 Na^+의 3배이다.

472

B 이온은 (가)에서 몰농도가 0이므로 Na^+과 OH^- 중 하나이다. (다)에서 B 이온의 몰농도가 0이므로 B 이온은 반응에 참여하는 OH^-이고, (나)에는 OH^-이 들어 있으므로 (나)의 액성은 염기성이다. A 이온은 H^+과 Cl^- 중 하나인데, (나)의 액성이 염기성이므로 A 이온은 Cl^-이다.

ㄱ. (가)와 (나)에서 Cl^-의 양(mol)은 일정하고 Cl^-의 몰농도비는 2 : 1이므로 (가)와 (나)의 부피비는 1 : 2이다. 따라서 $V_1=10$이다.

바로알기 | ㄴ. (가)와 (다)에서 Cl^-의 몰농도비는 $\frac{10x}{10} : \frac{x(10+V_2)}{10+V_2+V_1}=1 : \frac{10+V_2}{20+V_2}=20 : 12$이므로 $V_2=5$이다.

ㄷ. $V_1=10$이므로 (나)에서 Cl^-과 OH^-의 몰농도비는 $\frac{10x}{20} : \frac{10y-10x}{20}=10 : 5$이고, $\frac{x}{y}=\frac{2}{3}$이다.

473 ㄱ. (가)는 산성이고, (가)~(다)의 액성이 모두 다르므로 (나)는 중성, (다)는 염기성이다. (나)에서 완전히 중화되므로 $1\times x\times 20=1\times y\times 40$, $x=2y$이다. 따라서 $\frac{x}{y}=2$이다.

ㄷ. (다)에서 K^+의 몰농도(M)는 $\frac{0.1V}{60+V}=\frac{2}{80}=0.025$이다.

바로알기 | ㄴ. (가)~(다)에서 각 이온의 몰농도(M)는 다음과 같다.

과정		(가)	(나)	(다)
몰농도(M)	H^+	$x=2y$	0	0
	Cl^-	$x=2y$	$\frac{20x}{60}=\frac{2y}{3}$	$\frac{20x}{60+V}=\frac{40y}{60+V}$
	Na^+	0	$\frac{40y}{60}=\frac{2y}{3}$	$\frac{40y}{60+V}$
	K^+	0	0	$\frac{0.1V}{60+V}$
	OH^-	0	0	$\frac{0.1V}{60+V}$

(가)와 (나)에서 ㉠과 ㉡의 몰농도(M) 합의 비는 $6a:4a=3:2$이다.

(가)와 (나)에서 Cl^-과 Na^+의 몰농도(M) 합의 비는 $(2y+0):\left(\frac{2y}{3}+\frac{2y}{3}\right)=3:2$이므로 ㉠과 ㉡의 몰농도(M) 합은 Cl^-과 Na^+의 몰농도(M) 합이다. (가)와 (다)에서 Cl^-과 Na^+의 몰농도(M) 합의 비는 $(2y+0):\frac{40y+40y}{60+V}=6a:3a$이므로 $V=20$이다.

474 (가)~(다)에서 혼합 전 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

구분	혼합 전	
(가)	x M $H_2A(aq)$ 10 mL	H^+: $20x$, A^{2-}: $10x$
	y M NaOH(aq) 10 mL	Na^+: $10y$, OH^-: $10y$
(나)	x M $H_2A(aq)$ 10 mL	H^+: $20x$, A^{2-}: $10x$
	y M NaOH(aq) 20 mL	Na^+: $20y$, OH^-: $20y$
(다)	x M $H_2A(aq)$ 12 mL	H^+: $24x$, A^{2-}: $12x$
	y M NaOH(aq) 16 mL	Na^+: $16y$, OH^-: $16y$

ㄱ. (가)의 액성이 염기성이면 (나)의 액성도 염기성이고, 혼합 용액에 들어 있는 음이온은 A^{2-}과 OH^-이다. (가)와 (나)에서 음이온의 몰농도(M) 합의 비는 $\frac{10x+(10y-20x)}{20}:\frac{10x+(20y-20x)}{30}=\frac{y-x}{2}:\frac{2y-x}{3}=21:28$이므로 $x=0$이고, 조건에 맞지 않는다. 따라서 (가)의 액성은 산성이다.

바로알기 | ㄴ. (가)의 액성이 산성이므로 (가)에 들어 있는 음이온은 A^{2-}이고, 음이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{10x}{20}$이다. (나)의 액성이 산성이나 중성이면 (나)에 들어 있는 음이온은 A^{2-}이므로 음이온의 몰농도(M) 합이 감소해야 하지만 자료에서 이 값이 증가했으므로 (나)의 액성은 염기성이다. (나)에 들어 있는 음이온은 A^{2-}과 OH^-이고, 음이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{10x+(20y-20x)}{30}$이다. (가)와 (나)에서 음이온의 몰농도(M) 합의 비는 $\frac{x}{2}:\frac{2y-x}{3}=21:28$이므로 $3x=2y$이다. 따라서 $\frac{y}{x}=\frac{3}{2}$이다.

ㄷ. $H_2A(aq)$과 NaOH(aq)의 몰농도비가 $x:y=2:3$이고, (다)에서 $H_2A(aq)$과 NaOH(aq)을 3 : 4의 부피비로 혼합했으므로 (다)의 액성은 중성이다. 따라서 (다)에 들어 있는 음이온은 A^{2-}이고, 음이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{12x}{28}$이다. (가)와 (다)에서 음이온의 몰농도(M) 합의 비는 $\frac{10x}{20}:\frac{12x}{28}=21:a$이므로 $a=18$이다.

475 (가)에서 혼합 전 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

구분	혼합 전	
(가)	x M $H_2A(aq)$ 20 mL	H^+: $40x$, A^{2-}: $20x$
	0.1 M NaOH(aq) V mL	Na^+: $0.1V$, OH^-: $0.1V$

(가)의 pH=1.0이므로 $[H^+]=0.1$ M이다. (가)에서 H^+의 몰농도(M)는 $\frac{(40x-0.1V)\times 10^{-3}}{(V+20)\times 10^{-3}}=0.1$이고, $V+10=200x$(①)이다.

(가)에서 모든 이온의 몰농도비는 3 : 4 : 5이고, (가)에서 H^+, A^{2-}, Na^+의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 $40x-0.1V$, $20x$, $0.1V$이다. 수용액에서 모든 이온의 전하량 합은 0이고, 이온의 몰농도비에서 3+5=4×2이므로 H^+ : Na^+는 3 : 5 또는 5 : 3이다. 5 : 3인 경우 이온의 몰농도비는 $H^+:Na^+=(40x-0.1V):0.1V=5:3$(②)이다. ①과 ②를 풀면 $V=30$, $x=0.2$이다. 3 : 5인 경우 $x<0$이므로 적합하지 않다.

(나)에서 혼합 전 이온의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

구분	혼합 전	
(나)	0.2 M $H_2A(aq)$ 10 mL	H^+: 4, A^{2-}: 2
	0.1 M NaOH(aq) 60 mL	Na^+: 6, OH^-: 6

(나)에서 A^{2-}, Na^+, OH^-의 양($\times 10^{-3}$ mol)은 각각 2, 6, 2이므로 (나)에서 모든 이온의 몰농도비는 1 : 1 : 3이다.

476 (나)의 수용액과 (다)의 수용액의 액성이 각각 중성과 염기성이므로 Ⅰ이 z M NaOH(aq)인 경우 (가)의 수용액은 산성이고 (다)에서 z M HB(aq)을 혼합한 용액도 산성이므로 조건에 맞지 않는다. 따라서 Ⅰ은 z M HB(aq)이고, Ⅱ는 z M NaOH(aq)이다.

(나)의 수용액은 x M NaOH(aq), y M $H_2A(aq)$, z M HB(aq)을 10 mL씩 혼합한 용액이고, 완전히 중화되었으므로 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$1\times x\times 10=2\times y\times 10+1\times z\times 10$, $x-2y-z=0$(①)

(나)의 수용액은 중성이므로 수용액에 들어 있는 이온은 Na^+, A^{2-}, B^-이고, 이온의 양(mol)은 각각 $0.01x$, $0.01y$, $0.01z$이다. 모든 이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{0.01x+0.01y+0.01z}{0.03}=\frac{1}{6}$이므로 $x+y+z=\frac{1}{2}$(②)이다.

(다)의 수용액은 x M NaOH(aq), y M $H_2A(aq)$, z M NaOH(aq)을 각각 10 mL, 10 mL, 20 mL 혼합한 용액이다. (다)의 수용액은 염기성이므로 수용액에 들어 있는 이온은 Na^+, OH^-, A^{2-}이고, 이온의 양(mol)은 각각 $(0.01x+0.02z)$, $(0.01x-0.02y+0.02z)$, $0.01y$이다. 모든 이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{0.02x-0.01y+0.04z}{0.04}=\frac{9}{40}$이므로 $2x-y+4z=\frac{9}{10}$(③)이다.

①~③을 풀면 $x=0.3$, $y=0.1$, $z=0.1$이다. 따라서 $\frac{y+z}{x}=\frac{0.1+0.1}{0.3}=\frac{2}{3}$이다.

Ⅳ

15 중화 적정

빈출 자료 보기

133쪽

477 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○ (7) × (8) ○

477 (1) 삼각 플라스크는 농도를 모르는 용액과 지시약을 넣어 표준 용액과 반응시킬 때 사용한다.

(4) $CH_3COOH(aq)$에 $NaOH(aq)$을 넣을수록 중화 반응이 일어나 혼합 용액의 pH는 증가한다.

(5), (6) 중화점까지 넣어 준 NaOH의 양은 0.2 M×0.01 L=0.002 mol이고, (나)의 수용액 20 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 양도 0.002 mol이다.

(8) (나)의 수용액의 몰농도(M)를 x라고 하면 $1\times x\times 20=1\times 0.2\times 10$, $x=0.1$이다. (가)의 수용액 10 mL에 물을 넣어 100 mL로 만든 수용액의 몰농도가 0.1 M이므로 (가)의 수용액의 몰농도는 1 M이다.

바로알기 | (2) 피펫은 액체의 부피를 정확히 측정하여 옮길 때 사용한다. 중화점까지 넣어 준 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용하는 실험 기구는 뷰렛이다.

(3) (나)에서 (가)의 수용액 10 mL에 물을 넣어 100 mL로 만들었으므로 몰농도(M)는 (나)의 수용액이 (가)의 수용액의 $\frac{1}{10}$배이다.

(7) 중화점까지 생성된 물의 양(mol)은 반응한 NaOH의 양(mol)과 같으므로 0.002 mol이다.

난이도별 필수 기출

134쪽~141쪽

478 ⑤	479 ①	480 ①	481 해설 참조	
482 해설 참조		483 ③	484 ④	485 해설 참조
486 ③	487 해설 참조		488 ⑤	489 ③ 490 ①
491 ⑤	492 ②	493 ③	494 ②	495 ② 496 ④
497 ②	498 ⑤	499 ①	500 ②	501 ③
502 ③, ④		503 해설 참조		504 ③ 505 ④
506 ④	507 ③	508 ②	509 ⑤	

478 중화점에서는 산의 H^+과 염기의 OH^-이 완전히 반응하므로 혼합 용액에는 구경꾼 이온만 들어 있다.

479 (가)는 삼각 플라스크, (나)는 부피 플라스크, (다)는 뷰렛, (라)는 피펫이다.

바로알기 | ㄴ. 중화 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용하는 실험 기구는 뷰렛이다. 피펫은 액체의 부피를 정확히 측정하여 옮길 때 사용한다.

ㄷ. 농도를 모르는 용액을 담을 때 사용하는 것은 삼각 플라스크이다.

480 ㉠ 액체의 부피를 정확히 측정하여 옮길 때 피펫을 사용한다.

㉡ 중화 적정에서 농도를 모르는 용액은 삼각 플라스크에 넣는다.

㉢ 중화점까지 넣어 준 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용하는 실험 기구는 뷰렛이다.

481 **모범 답안** 적정에 사용된 $NaOH(aq)$의 부피가 22.0 mL−7.0 mL=15.0 mL이므로 $HA(aq)$의 몰농도(M)를 x라고 하면 $1\times x\times 0.01=1\times 0.2\times 0.015$, $x=0.3$이다. 따라서 $HA(aq)$의 몰농도는 0.3 M이다.

채점 기준	배점
$HA(aq)$의 몰농도를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
$HA(aq)$의 몰농도만 옳게 구한 경우	50 %

482 **모범 답안** 혼합 용액 전체가 붉은색으로 변하기 전에 적정을 멈추면 실험에서 사용된 $NaOH(aq)$의 부피가 적정에 필요한 실제 부피보다 작게 측정된다. 따라서 실험 결과로부터 계산한 $HA(aq)$의 몰농도는 실제 몰농도보다 작다.

채점 기준	배점
계산 값과 실제 몰농도를 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
계산 값과 실제 몰농도만 옳게 비교한 경우	50 %

483 ①, ⑤ ㉠은 뷰렛으로, 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 측정하는 데 사용한다.

② ㉡은 삼각 플라스크로, 농도를 모르는 용액과 지시약을 넣어 표준 용액과 반응시킬 때 사용한다.

④ 뷰렛의 꼭지 아랫부분에 $NaOH(aq)$을 채우지 않고 실험하면 꼭지 아래 빈 공간에 $NaOH(aq)$이 먼저 채워지므로 실험에서 사용된 $NaOH(aq)$의 부피가 적정에 필요한 실제 부피보다 크게 측정된다.

바로알기 | ③ (나) 과정 전 ㉡의 수용액에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨린다.

484 ㄱ. 식초 10 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액 I을 만들었으므로 I 20 mL에 들어 있는 식초의 부피는 $10\text{ mL}\times\frac{20}{100}=2\text{ mL}$이다.

ㄴ. 적정에 사용된 a M $NaOH(aq)$의 부피가 V mL이므로 중화점까지 반응한 OH^-의 양은 $a\times\frac{V}{1000}$ mol이다.

ㄹ. 식초 1 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 질량(g)은 $\frac{aV}{1000}\times\frac{1}{2}\times 60=\frac{3aV}{100}=x$이다.

바로알기 | ㄷ. I 20 mL에 들어 있는 식초의 부피는 2 mL이다. 중화점까지 반응한 H^+과 OH^-의 양(mol)은 같으므로 식초 2 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 양은 $\frac{aV}{1000}$ mol이다.

485 x M $HCl(aq)$ 10 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액 I을 만들었으므로 I의 몰농도는 $\frac{x}{10}$ M이고, y M $HCl(aq)$ 5 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액 II를 만들었으므로 II의 몰농도는 $\frac{y}{20}$ M이다.

모범 답안 I의 몰농도는 $\frac{x}{10}$ M이고, II의 몰농도는 $\frac{y}{20}$ M이다. I과 II의 중화점에서 다음과 같은 양적 관계가 성립하므로 $\frac{y}{x}=\frac{4}{3}$이다.

$1\times\frac{x}{10}\times 0.02=1\times a\times 0.03$, $x=15a$

$1\times\frac{y}{20}\times 0.02=1\times a\times 0.02$, $y=20a$

채점 기준	배점
$\frac{y}{x}$를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
$\frac{y}{x}$만 옳게 구한 경우	50 %

486 ㄱ. 식초의 밀도를 이용하여 식초 5 mL의 질량을 구한다.
ㄴ. 중화점까지 넣어 준 0.1 M NaOH(aq)의 부피를 이용하여 반응한 CH_3COOH의 양(mol)을 알 수 있고, CH_3COOH의 질량을 구하기 위해 몰질량이 필요하다.
바로알기 | ㄷ. 중화점까지 반응한 NaOH의 양(mol)을 구하기 위해 NaOH(aq)의 몰농도와 중화점까지 넣어 준 부피가 필요하며, 밀도는 필요하지 않다.

487 **모범 답안** (가)에서 만든 수용액 5 g에 들어 있는 식초의 질량은 10 g $\times\frac{5}{100}$=0.5 g이다. 중화점까지 넣어 준 x M NaOH(aq)의 부피가 30 mL이므로 중화점까지 반응한 NaOH의 양(mol)은 $0.03x$이다. 식초 0.5 g에 들어 있는 CH_3COOH의 양(mol)도 $0.03x$이고, 질량(g)은 $0.03x\times60=1.8x$이다. 따라서 식초 1 g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량(g)은 $1.8x\times2=w$이고, $\frac{w}{x}$=3.6이다.

채점 기준	배점
$\frac{w}{x}$를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
$\frac{w}{x}$만 옳게 구한 경우	50 %

488 ㄱ. 가설이 옳지 않으므로 '중화점까지 넣어 준 KOH(aq)의 부피는 다르다.'는 ㉠으로 적절하다.
ㄴ. 중화점까지 넣어 준 KOH(aq)의 부피가 V mL이므로 $1\times0.1\times20=1\times0.1\times V$, $V=20$이다.
ㄷ. 중화점까지 생성된 물의 양(mol)은 반응한 KOH의 양(mol)과 같으므로 HCl(aq)과 CH_3COOH(aq)에서 모두 0.1 M$\times$0.02 L=0.002 mol로 같다.

489 중화점에서 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$1\times0.5\times20=1\times a\times V=1\times b\times3V=2\times c\times\frac{2}{3}V$

$10=aV=3bV=\frac{4c}{3}V$

ㄱ. $aV=10$이므로 $a=\frac{10}{V}$이다.

ㄴ. $a=\frac{10}{V}$, $b=\frac{10}{3V}$, $c=\frac{30}{4V}$이므로 $a:b:c=12:4:9$이다. 따라서 $\frac{a+b}{c}=\frac{16}{9}$이다.

바로알기 | ㄷ. KOH(aq)과 $Ba(OH)_2$(aq)을 x mL씩 혼합한 용액에서 OH^-의 몰농도(M)는 $\frac{(bx+2cx)\times10^{-3}}{2x\times10^{-3}}=\frac{b}{2}+c=\frac{1}{6}a+\frac{3}{4}a=\frac{11}{12}a$이다.

490 ㄱ. H_2A(aq)에 NaOH(aq)을 넣을수록 중화 반응이 일어나 혼합 용액의 pH는 증가한다. 따라서 $a<1.0$이다.
바로알기 | ㄴ. 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 15 mL일 때 pH=1.0이므로 $[H^+]$=0.1 M이다. H_2A(aq)의 몰농도(M)를 x라고 하면 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 15 mL일 때 H^+의 몰농도(M)는 $\frac{(2\times x\times20-0.3\times15)\times10^{-3}}{(20+15)\times10^{-3}}$=0.1이므로 x=0.2이다.
ㄷ. 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 V mL일 때 pH=7.0이므로 중화점이다. 따라서 $2\times0.2\times20=1\times0.3\times V$, $V=\frac{80}{3}$이다.

491 ㄱ. 산 수용액에 염기 수용액을 넣을수록 중화 반응이 일어나 혼합 용액의 pH는 증가한다.
ㄴ. 0.2 M HA(aq) x mL와 0.5 M HB(aq) 5 mL를 혼합한 후 물을 넣어 50 mL 수용액을 만들었으므로 (가)에서 만든 수용액에서 H^+의 몰농도(M)는 $\frac{(0.2\times x+0.5\times5)\times10^{-3}}{50\times10^{-3}}=\frac{0.2x+2.5}{50}$이다. (가)에서 만든 수용액 20 mL를 적정하는 데 사용된 0.1 M NaOH(aq)의 부피가 30 mL이므로 $\frac{0.2x+2.5}{50}\times20=0.1\times30$, x=25이다.
ㄷ. (다)에서 생성된 물의 양(mol)은 반응한 NaOH의 양(mol)과 같으므로 0.1 M$\times$0.03 L=0.003 mol이다.

492 식초 10 g에 물을 넣어 100 mL 수용액을 만들었으므로 식초 10 g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량을 x g이라고 하면 (가)의 수용액 20 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 질량(g)은 $x\times\frac{20}{100}=\frac{x}{5}$이고, 양(mol)은 $\frac{x}{5}\times\frac{1}{60}$이다. 적정에 사용된 0.2 M NaOH($aq$)의 부피가 $\frac{25}{3}$ mL이므로 $\frac{x}{5}\times\frac{1}{60}=0.2\times\frac{25}{3000}$, x=0.5이다. 따라서 식초 속 CH_3COOH의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{0.5\text{ g}}{10\text{ g}}\times100$=5 %이다.

493 식초의 밀도가 1.2 g/mL이므로 식초 10 mL의 질량은 12 g이고, 식초 12 g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량은 $12x$ g이다. (가)에서 만든 수용액 V mL에 들어 있는 CH_3COOH의 질량(g)은 $12x\times\frac{V}{100}=\frac{3xV}{25}$이고, 양(mol)은 $\frac{3xV}{25}\times\frac{1}{60}=\frac{xV}{500}$이다. 적정에 사용된 0.4 M NaOH($aq$)의 부피가 20 mL이므로 $\frac{xV}{500}=0.4\times\frac{20}{1000}$, $x=\frac{4}{V}$이다.

494 Na x g의 양은 $\frac{x}{23}$ mol이고, 화학 반응식에서 Na과 NaOH의 반응 몰비가 1 : 1이므로 반응 후 생성된 NaOH의 양도 $\frac{x}{23}$ mol이다. 따라서 (가)에서 만든 수용액 200 mL에 들어 있는 OH^-의 양은 $\frac{x}{23}$ mol이고, (가)의 수용액 10 mL에 들어 있는 OH^-의 양은 $\frac{x}{23}\times\frac{1}{20}$ mol이다. 적정에 사용된 0.2 M HCl(aq)의 부피가 V mL이므로 $\frac{x}{23}\times\frac{1}{20}=0.2\times\frac{V}{1000}$, $x=\frac{23}{250}V$이다.

495 식초 A 1 g과 B 1 g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량(g)을 각각 x, y라고 하면 $\frac{x}{y}=\frac{8}{9}$이다.
식초 A의 밀도가 d_A g/mL이므로 식초 A 10 mL의 질량은 $10d_A$ g이고, 식초 A $10d_A$ g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량은 $10d_Ax$ g이다. 따라서 (가)에서 만든 수용액 V_1 mL 속 CH_3COOH의 양(mol)은 $10d_Ax\times\frac{V_1}{100}\times\frac{1}{60}$이다. 마찬가지로 풀면 (다)에서 만든 수용액 V_2

mL 속 CH_3COOH의 양(mol)은 $10d_By\times\frac{V_2}{50}\times\frac{1}{60}$이다.

적정에 사용된 0.1 M NaOH(aq)의 부피가 (나)에서 10 mL, (라)에서 15 mL이므로 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$10d_Ax\times\frac{V_1}{100}\times\frac{1}{60}=0.1\times\frac{10}{1000}$, $V_1=\frac{3}{5d_Ax}$

$10d_By\times\frac{V_2}{50}\times\frac{1}{60}=0.1\times\frac{15}{1000}$, $V_2=\frac{9}{20d_By}$

따라서 $\frac{V_1}{V_2}=\frac{4d_B}{3d_A}\times\frac{y}{x}=\frac{4d_B}{3d_A}\times\frac{9}{8}=\frac{3d_B}{2d_A}$이다.

496 (가)에서 만든 수용액 10 mL 속 H^+의 몰농도(M)를 a라고 하면 적정에 사용된 0.02 M NaOH(aq)의 부피가 5 mL이므로 $a\times0.01=0.02\times0.005$, $a=0.01$이다.

pH=1.0인 HCl(aq)에서 $[H^+]=0.1$ M이고, pH=3.0인 HCl(aq)에서 $[H^+]=0.001$ M이다. pH=1.0인 HCl(aq) x mL와 pH=3.0인 HCl(aq) y mL를 혼합한 용액에서 H^+의 몰농도가 0.01 M이므로 $\frac{(0.1x+0.001y)\times10^{-3}}{(x+y)\times10^{-3}}=0.01$이다. 이를 풀면 $y=10x$이므로 $\frac{y}{x}=10$이다.

497 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 7.5 mL일 때 pH=a이고, 45 mL일 때 pH=14.0−a이므로 pOH=a이다. 따라서 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 7.5 mL일 때 H^+의 몰농도(M)와 45 mL일 때 OH^-의 몰농도(M)는 같다. I의 몰농도(M)를 y라고 하면 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 7.5 mL일 때 H^+의 몰농도(M)는 $\frac{(30y-0.3\times7.5)\times10^{-3}}{(30+7.5)\times10^{-3}}$이고, 넣어 준 NaOH($aq$)의 부피가 45 mL일 때 OH^-의 몰농도(M)는 $\frac{(0.3\times45-30y)\times10^{-3}}{(30+45)\times10^{-3}}$이다. 두 값이 같으므로 이를 풀면 $y=0.2$이고, 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 7.5 mL일 때 H^+의 몰농도는 0.1 M이므로 pH=1.0=a이다.

넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 V mL일 때 pH=7.0이므로 중화점이다. 따라서 $1\times0.2\times30=1\times0.3\times V$, $V=20$이다.

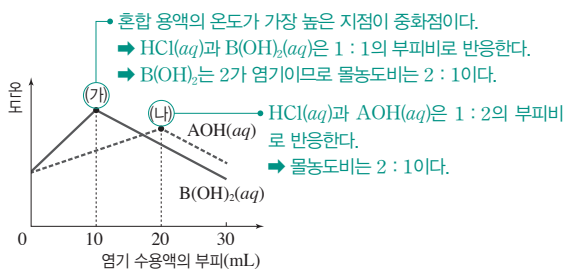
x M HCl(aq) 10 mL에 물을 넣어 500 mL 수용액 I을 만들었고, I의 몰농도가 0.2 M이므로 $x\times\frac{1}{50}=0.2$, $x=10$이다. 따라서 $a\times\frac{V}{x}=1.0\times\frac{20}{10}=2$이다.

498 ㄱ. (가)에서 온도가 가장 높으므로 NaOH(aq) V mL를 넣었을 때가 중화점이다. 따라서 $2\times x\times V=1\times y\times V$, $y=2x$이다.

ㄴ. (가)에 들어 있는 이온은 SO_4^{2-}과 Na^+이고, 수용액에서 모든 이온의 전하량 합은 0이므로 이온 수는 Na^+이 SO_4^{2-}의 2배이다.

ㄷ. (가)에서 혼합 용액의 부피는 $2V$ mL이므로 SO_4^{2-}의 몰농도(M)는 $\frac{x\times V\times10^{-3}}{2V\times10^{-3}}=\frac{x}{2}=\frac{y}{4}$이다.

499



ㄱ. HCl(aq)의 몰농도(M)가 같고, 몰농도(M)는 HCl(aq)이 $B(OH)_2$(aq)과 AOH(aq)의 각각 2배이므로 $B(OH)_2$(aq)과 AOH(aq)의 몰농도(M)는 같다.

바로알기 | ㄴ. (가)와 (나)는 중화점이고, 반응한 HCl의 양(mol)이 같으므로 생성된 물 분자 수는 (가)=(나)이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 중화점이므로 구경꾼 이온만 들어 있다. AOH(aq)과 $B(OH)_2$(aq)의 몰농도(M)가 같고, (가)와 (나)에서 넣어 준 부피는 AOH(aq)이 $B(OH)_2$(aq)의 2배이므로 용액에 들어 있는 A^+ 수는 B^{2+} 수의 2배이다. (나)에서 A^+ 수를 $2k$라고 하면 Cl^- 수도 $2k$이고, (가)에서 B^{2+} 수는 k, Cl^- 수는 $2k$이다. 따라서 단위 부피당 이온 수는 (가) : (나)=$\frac{3k}{20}$: $\frac{4k}{30}$=9 : 8이다.

500 ㄴ. 중화 반응이 일어나면 중화열이 발생하며, 반응하는 H^+과 OH^-의 수가 많을수록 중화열이 많이 발생한다. 처음 HCl(aq)에 들어 있는 H^+이 모두 반응하여 완전히 중화된 (나)에서 혼합 용액의 온도가 가장 높다. (다)는 (나)보다 온도가 낮은 NaOH(aq)을 더 넣어 준 것이므로 (다)의 온도는 (나)보다 낮다.

바로알기 | ㄱ. (가)와 (나)에서 Cl^-의 양(mol)은 같지만 혼합 용액의 부피가 증가하므로 Cl^-의 몰농도(M)는 (가)>(나)이다.

ㄷ. HCl(aq)에 NaOH(aq)을 넣을 때 용액 속 전체 이온 수는 중화점까지 일정하고, 중화점 이후 증가하므로 (다)>(가)=(나)이다.

501 ㄱ. NaOH(aq) 10 mL를 넣은 (다)가 중화점이므로 NaOH(aq)의 몰농도(M)를 x라고 하면 $1\times0.2\times V=1\times x\times10$, $x=\frac{V}{50}$이다.

ㄷ. (가) 0.2 M HCl(aq) V mL에서 H^+ 수는 2이고, (라)에서 OH^- 수는 1이다. 따라서 (라)에 0.2 M HCl(aq) $\frac{V}{2}$ mL를 넣으면 완전히 중화되므로 용액의 액성은 중성이다.

바로알기 | ㄴ. (가)~(다)에서 용액 속 모든 이온의 양(mol)은 일정하고 용액의 부피는 (가)<(나)<(다)이므로 모든 이온의 몰농도(M) 합은 (가)>(나)>(다)이다.

502 A는 HCl(aq)을 넣을수록 수가 증가하므로 Cl^-이고, B는 수가 일정하므로 Na^+이다. C는 점점 감소하다가 중화점 이후에는 존재하지 않으므로 OH^-이고, D는 처음에는 존재하지 않다가 중화점 이후부터 증가하므로 H^+이다.

③ x M HCl(aq) 40 mL를 넣었을 때 완전히 중화되었으므로 $1\times x\times40=1\times0.2\times20$, $x=0.1$이다.

④ 0.2 M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH^-의 양은 0.004 mol이고, (가)는 중화 반응이 절반 진행된 지점이므로 OH^-(C)의 양은 0.002 mol이다. (다)는 중화점 이후 0.1 M HCl(aq)을 10 mL 더 넣어 준 지점이므로 H^+(D)의 양은 0.001 mol이다.

바로알기 | ① C(OH^-)와 D(H^+)는 반응에 참여하는 이온이다.

② (나)에서 C(OH^-)의 수가 0이 되므로 (나)가 중화점이다.

⑤ NaOH(aq) 속 OH^-이 넣어 준 H^+ 수만큼 반응하여 소모될 때 소모된 OH^- 수만큼 Cl^-이 첨가되므로 용액 속 전체 이온 수는 중화점까지 일정하고 중화점 이후 증가한다. 따라서 용액 속 전체 이온 수는 (나)<(다)이다.

⑥ (가)는 중화점 이전, (나)는 중화점, (다)는 중화점 이후 용액이므로 생성된 물 분자 수는 (가)<(나)=(다)이다.

⑦ (가)는 중화 반응이 절반 진행된 지점이고, B(Na^+)는 구경꾼 이온이므로 (가)에서 생성된 물의 양(mol)은 B의 양(mol)의 절반이다.

503 모범 답안 (1) (가)는 수가 일정하므로 Cl^-이고, (나)는 NaOH(aq)을 넣을수록 수가 증가하므로 Na^+이다. 0.2 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 Cl^- 수는 $2n$이고, x M NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 수는 n이다. 따라서 NaOH(aq)의 몰농도는 0.1 M이고, $x=0.1$이다.

(2) 0.2 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H^+의 양은 0.002 mol이고, 0.1 M NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^-의 양은 0.001 mol이다. 따라서 ㉠에서 H^+의 양은 0.001 mol이다.

채점 기준		배점
(1)	x를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	x만 옳게 구한 경우	30 %
(2)	㉠에서 H^+의 양(mol)을 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	㉠에서 H^+의 양(mol)만 옳게 구한 경우	30 %

504 ㄱ. 0.1 M HCl(aq) 10 mL에 0.1 M NaOH(aq) 10 mL를 넣으면 완전히 중화된다. 따라서 (가)는 중화점이고, (가)에서 Cl^-과 Na^+의 수는 같다.

ㄴ. 중화점에 도달할 때까지 생성된 물의 양(mol)은 증가하므로 '생성된 물의 양(mol)'은 ㉠으로 적절하다.

바로알기 | ㄷ. HCl(aq)에 NaOH(aq)을 넣을 때 혼합 용액 속 전체 이온 수는 중화점까지 일정하고, 중화점 이후 증가하므로 '혼합 용액 속 전체 이온 수'는 ㉠으로 적절하지 않다.

505 ㄱ. HCl(aq)에 NaOH(aq)을 넣을 때 용액 속 전체 이온 수는 중화점에 도달할 때까지 일정하고 중화점 이후 증가한다. 혼합 용액의 액성이 염기성일 때 혼합 용액 속 전체 이온 수는 혼합 전 NaOH(aq) 속 전체 이온 수와 같다. 0.1 M HCl(aq) 50 mL 속 전체 이온 수는 $5k$인데, NaOH(aq) 30 mL를 넣었을 때 전체 이온 수가 $6k$이므로 혼합 용액의 액성은 염기성이고, NaOH(aq) 30 mL 속 전체 이온 수는 $6k$이다. 따라서 0.1 M HCl(aq) 10 mL 속 전체 이온 수는 k, NaOH(aq) 10 mL 속 전체 이온 수는 $2k$이므로 NaOH(aq)의 몰농도는 0.2 M이고, $x=0.2$이다.

ㄴ. NaOH(aq) 10 mL 속 전체 이온 수가 $2k$이므로 NaOH(aq) 40 mL를 넣었을 때 전체 이온 수는 $8k$이고, $a=8$이다.

바로알기 | ㄷ. 0.1 M HCl(aq) 50 mL에 0.2 M NaOH(aq) 25 mL를 넣으면 완전히 중화된다. 따라서 NaOH(aq) 20 mL를 넣은 용액의 액성은 산성이다.

506 ㄱ. 용액 속 전체 이온 수가 일정하다가 (가) 이후 증가하므로 (가)는 중화점이다.

ㄴ. 0.2 M H_2B(aq) V mL 속 전체 이온 수는 n이므로 H^+과 B^{2-}의 수는 각각 $\frac{2n}{3}$과 $\frac{n}{3}$이다. (나)는 중화점 이후이므로 (나)에 들어 있는 이온은 B^{2-}, Na^+, OH^-이고, B^{2-} 수는 $\frac{n}{3}$이다. x M NaOH(aq) V mL 속 Na^+과 OH^-의 수를 각각 a라고 하면 (나)에서 Na^+과 OH^-의 수는 각각 a와 $a-\frac{2n}{3}$이다. (나)에서 전체 이온 수는 $\frac{n}{3}+a+\left(a-\frac{2n}{3}\right)=2n$이므로 $a=\frac{7n}{6}$이다. $0.2 : \frac{n}{3}=x : \frac{7n}{6}$이므로 $x=0.7$이다.

바로알기 | ㄷ. Na^+의 양(mol)은 넣어 준 NaOH(aq)의 부피에 비례한다. (가)는 중화점이므로 (가)에서 NaOH(aq)의 부피를 V'라고 하면 $2\times0.2\times V=1\times0.7\times V'$, $V'=\frac{4}{7}V$이다.

따라서 $\frac{\text{(나)에서 } Na^+\text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } Na^+\text{의 양(mol)}}=\frac{V}{\frac{4}{7}V}=\frac{7}{4}$이다.

507 ㄱ. A 이온은 H^+과 Cl^- 중 하나이다. HCl(aq)의 부피는 30 mL이고 (가)에서 혼합 용액의 부피는 50 mL이다. 이온 수는 몰농도와 용액의 부피의 곱에 비례하고, 몰농도와 용액의 부피의 곱이 HCl(aq)에서 $0.2\times30=6$, (가)에서 $0.12\times50=6$으로 같다. 따라서 A 이온은 수가 일정하므로 Cl^-이다.

ㄴ. B 이온은 NaOH(aq)을 넣을수록 몰농도(M)가 증가하므로 Na^+이다. (가)에서 x M NaOH(aq)을 20 mL 넣었을 때 혼합 용액의 부피는 50 mL이므로 Na^+의 몰농도는 $x\text{ M}\times\frac{20}{50}=0.12$ M이고, $x=0.3$이다.

바로알기 | ㄷ. (가)는 0.2 M HCl(aq) 30 mL와 0.3 M NaOH(aq) 20 mL가 반응한 지점이다. 0.2 M HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 $0.2\times0.03=0.006$이고, 0.3 M NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 $0.3\times0.02=0.006$이므로 (가)에서 생성된 물의 양은 0.006 mol이다.

508 1가 산 수용액에 1가 염기 수용액을 넣을 때 용액 속 전체 이온 수는 중화점까지는 일정하다가 중화점 이후부터 증가한다. 중화점까지 혼합 용액의 부피가 증가하므로 모든 이온의 몰농도(M) 합은 중화점까지 감소한다. 따라서 넣어 준 염기 수용액의 부피가 10 mL일 때가 중화점이다.

0.2 M HCl(aq) 10 mL 속 모든 이온의 몰농도 합은 0.4 M이다. 넣어 준 염기 수용액의 부피가 5 mL일 때 혼합 용액의 부피는 15 mL이므로 모든 이온의 몰농도 합은 $0.4\text{ M}\times\frac{10}{15}=\frac{4}{15}$ M이고, $a=\frac{4}{15}$이다.

중화점에서 혼합 용액의 부피는 20 mL이므로 모든 이온의 몰농도 합은 $0.4\text{ M}\times\frac{10}{20}=0.2$ M이다. x M KOH(aq) 10 mL를 넣었을 때는 중화점 이후 x M KOH(aq) 5 mL를 더 넣은 상태이므로 모든 이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{(0.2\times20+2\times x\times5)\times10^{-3}}{25\times10^{-3}}=0.2$, $x=0.1$이다. 따라서 $\frac{a}{x}=\frac{4}{15}\times\frac{1}{0.1}=\frac{8}{3}$이다.

509 NaOH(aq)과 $Ba(OH)_2$(aq)의 몰농도(M)가 같으므로 (가)는 $Ba(OH)_2$(aq)을 넣을 때의 중화점이고, (나)는 NaOH(aq)을 넣을 때의 중화점이다.

ㄱ. 0.3 M HCl(aq) 10 mL에 $Ba(OH)_2$(aq)을 10 mL 넣었을 때 혼합 용액의 액성은 염기성이므로 혼합 용액 속 이온은 Cl^-, Ba^{2+}, OH^-이다. $Ba(OH)_2$(aq)의 몰농도(M)를 x라고 하면 모든 이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{(0.3\times10+10x+(20x-3))\times10^{-3}}{20\times10^{-3}}=0.3$, $x=0.2$이다.

ㄴ. (가)는 0.2 M $Ba(OH)_2$(aq)을 넣을 때의 중화점이므로 (가)에서 $Ba(OH)_2$(aq)의 부피(mL)를 V라고 하면 $1\times0.3\times10=2\times0.2\times V$, $V=7.5$이다. (나)는 0.2 M NaOH(aq)을 넣을 때의 중화점이므로 (나)에서 NaOH(aq)의 부피(mL)를 V'라고 하면 $1\times0.3\times10=1\times0.2\times V'$, $V'=15$이다. (가)와 (나)에서 Cl^-의 양(mol)은 같으므로 Cl^-의 몰농도비는 (가) : (나)$=\frac{1}{10+7.5} : \frac{1}{10+15}=10 : 7$이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 0.3 M HCl(aq) 10 mL가 각각 중화된 지점이므로 생성된 물의 양(mol)은 같다.

최고 수준 도전 기출 142쪽~143쪽

510 ④ 511 ② 512 ③ 513 ③ 514 ② 515 ②
516 ③ 517 ⑤

510

혼합 용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 용액의 부피(mL)	0.2 M A(aq)	10	0	10
	㉠ x M A(aq)	10	10	0
	㉡ $H_2O(l)$	0	10	10
몰농도(M)		$4y$	$3y$	y

ㄴ. (가)~(다)의 몰농도(M)는 각각 $\frac{(2+10x)\times10^{-3}}{20\times10^{-3}}$, $x\times\frac{1}{2}=\frac{x}{2}$, $0.2\times\frac{1}{2}=0.1$이고, $\frac{1+5x}{10}:\frac{x}{2}:0.1=4:3:1$이므로 $x=0.6$이다.

ㄷ. (다)의 몰농도는 0.1 M이므로 $y=0.1$이다.

바로알기 | ㄱ. ㉠이 $H_2O(l)$이면 (가)~(다)의 몰농도(M)는 각각 $0.2\times\frac{1}{2}=0.1$, $x\times\frac{1}{2}=\frac{x}{2}$, $\frac{(2+10x)\times10^{-3}}{20\times10^{-3}}$이고, $0.1:\frac{x}{2}:\frac{1+5x}{10}=4:3:1$이 성립하지 않는다. 따라서 ㉠은 x M A(aq), ㉡은 $H_2O(l)$이다.

511

(가)에서 밀도가 d g/mL인 a % X(aq) 100 mL의 질량(g)은 $100d$이고, X의 질량(g)은 $100d\times\frac{a}{100}=ad$이다. X의 몰질량(g/mol)을 x라고 하면 X의 양(mol)은 $\frac{ad}{x}$이다. (가)의 X(aq) 20 mL에 물을 넣어 200 mL 수용액 Ⅰ을 만들었으므로 Ⅰ의 몰농도(M)는 $\frac{\frac{ad}{x}\times\frac{20}{100}}{0.2}=\frac{ad}{x}$이다.

(다) b % Y(aq) 50 g에서 Y의 질량(g)은 $50\times\frac{b}{100}=\frac{b}{2}$이고, Y의 몰질량(g/mol)을 y라고 하면 Y의 양(mol)은 $\frac{b}{2y}$이다. (다)의 Y(aq) 20 g에 물을 넣어 300 mL 수용액 Ⅱ를 만들었으므로 Ⅱ의 몰농도(M)는 $\frac{\frac{b}{2y}\times\frac{20}{50}}{0.3}=\frac{2b}{3y}$이다.

$\frac{\text{Ⅰ의 몰농도(M)}}{\text{Ⅱ의 몰농도(M)}}=\frac{ad}{x}\times\frac{3y}{2b}=\frac{3d}{2}$이므로 $\frac{x}{y}=\frac{a}{b}$이다.

512

(가)의 pH와 (나)의 pOH가 같으므로 (가)의 pH=k, (나)의 pOH=k라고 하자. 산성 수용액을 묽히면 pH가 증가하고, 염기성 수용액을 묽히면 pOH가 증가한다. (가) 1 mL에 물 99 mL를 넣어 100 mL로 만들면 몰농도는 $\frac{1}{100}$배가 되므로 pH는 2만큼 증가하여 묽힌 수용액의 pH=$k+2.0$이다. (나) 1 mL에 물 9 mL를 넣어 10 mL로 만들면 몰농도는 $\frac{1}{10}$배가 되므로 pOH는 1만큼 증가하여 묽힌 수용액의 pOH=$k+1.0$이고, pH=$14.0-k-1.0=13.0-k$이다. 따라서 $(k+2.0):(13.0-k)=2a:3a$이고, $k=4.0$이다. (가)의 pH=4.0, (나)의 pH=10.0이므로 $\frac{\text{(가) 1 mL에서 } H_3O^+\text{의 양(mol)}}{\text{(나) 1 mL에서 } H_3O^+\text{의 양(mol)}}=\frac{1\times10^{-4}}{1\times10^{-10}}=1\times10^6$이다.

513

ㄱ. (가)의 pH=x라고 하면 $[H_3O^+]=1\times10^{-x}$ M이다. $a\times b=1\times10^{-14}$이므로 (나)에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-14+x}$ M이고, $[OH^-]=1\times10^{-x}$ M이다. (가)에서 부피가 200 mL이므로 H_3O^+의 양(mol)은 $1\times10^{-x}\times0.2=n_1$이고, (나)에서 부피가 300 mL이므로 OH^-의 양(mol)은 $1\times10^{-x}\times0.3=n_2$이다. $n_1\times n_2=6\times10^{-6}$이므로 $1\times10^{-2x}\times0.06=6\times10^{-6}$, $x=2$이다. (가)와 (나)의 pH와 pOH는 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)
pH	2.0	12.0
pOH	12.0	2.0

ㄴ. (가)의 pH=2.0이므로 pOH=12.0이다. $[OH^-]=1\times10^{-12}$ M이고, OH^-의 양(mol)은 $1\times10^{-12}\times0.2=2\times10^{-13}$이다.

바로알기 | ㄷ. (가)에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-2}$ M이므로 H_3O^+의 양(mol)은 $1\times10^{-2}\times0.2=2\times10^{-3}$이다.

(나)에서 $[H_3O^+]=1\times10^{-12}$ M이므로 H_3O^+의 양(mol)은 $1\times10^{-12}\times0.3=3\times10^{-13}$이다. 따라서 $\frac{\text{(나)에서 } H_3O^+\text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } H_3O^+\text{의 양(mol)}}=\frac{3\times10^{-13}}{2\times10^{-3}}=\frac{3}{2}\times10^{-10}$이다.

514

(나)의 액성이 산성이면 (나)에 들어 있는 이온은 Na^+, H^+, B^{2-}이고, 중성이면 Na^+, B^{2-}이다. 두 경우 모두 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}=\frac{1}{2}$이므로 주어진 조건에 맞지 않는다. 따라서 (나)의 액성은 염기성이고, (나)에 들어 있는 이온은 Na^+, OH^-, B^{2-}이다. (나)에서 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전		혼합 후
x M NaOH(aq) 10 mL	Na^+: $10x$, OH^-: $10x$	Na^+: $10x$, OH^-: $10x-30z$, B^{2-}: $15z$
z M H_2B(aq) 15 mL	H^+: $30z$, B^{2-}: $15z$	

(나)에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}=\frac{10x-15z}{10x}=\frac{5}{8}$, $x=4z$(①)이다.

(가)와 (다)에서 혼합 전 각 용액에 들어 있는 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

구분	혼합 전	
(가)	x M NaOH(aq) 5 mL	Na^+: $5x$, OH^-: $5x$
	y M HA(aq) 15 mL	H^+: $15y$, A^-: $15y$
(다)	x M NaOH(aq) 5 mL	Na^+: $5x$, OH^-: $5x$
	y M HA(aq) 5 mL	H^+: $5y$, A^-: $5y$
	z M H_2B(aq) 5 mL	H^+: $10z$, B^{2-}: $5z$

(가)의 액성이 중성이면 혼합 전 H^+과 OH^-의 양(mol)이 같으므로 $5x=15y$이다. 이 경우 (다)에서 $5x>5y+10z$이므로 (다)의 액성은 염기성이고 주어진 조건에 맞지 않는다. 따라서 (가)의 액성은 산성, (다)의 액성은 중성이므로 (다)에서 $5x=5y+10z$(②)이다. ①과 ②를 풀면 $y=2z$이다.

$\frac{y+z}{x}=\frac{2z+z}{4z}=\frac{3}{4}$이다.

515 식초 A 45 g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량(g)을 a라고 하면 (나)에서 만든 수용액 10 mL 속 CH_3COOH의 양(mol)은 $a\times\frac{10}{200}\times\frac{1}{60}$이다. 적정에 사용된 0.1 M NaOH($aq$)의 부피가 15 mL이므로 $a\times\frac{10}{200}\times\frac{1}{60}=0.1\times\frac{15}{1000}$, $a=1.8$이다.

식초 A 40 g과 식초 B 10 g을 혼합한 용액에 들어 있는 CH_3COOH의 질량(g)을 b라고 하면 (다)에서 만든 수용액 10 mL 속 CH_3COOH의 양(mol)은 $b\times\frac{10}{200}\times\frac{1}{60}$이다. 적정에 사용된 0.1 M NaOH($aq$)의 부피가 20 mL이므로 $b\times\frac{10}{200}\times\frac{1}{60}=0.1\times\frac{20}{1000}$, $b=2.4$이다.

식초 A 45 g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량은 1.8 g이므로 식초 A 40 g과 식초 B 10 g에 들어 있는 CH_3COOH의 질량은 각각 1.6 g과 0.8 g이다. 따라서 식초 A와 B의 퍼센트 농도는 각각 $\frac{1.6\text{ g}}{40\text{ g}}\times100=4$ %, $\frac{0.8\text{ g}}{10\text{ g}}\times100=8$ %이므로 $x+y=12$이다.

516 0.2 M $H_2A(aq)$ 30 mL에 들어 있는 A^{2-}의 양($\times10^{-3}$ mol)은 $0.2\times30=6$이다. 혼합 용액의 액성이 산성 또는 중성이면 혼합 용액에 들어 있는 음이온은 A^{2-}이고, 그 양(mol)이 일정하다.

넣어 준 $B(OH)_2(aq)$의 부피가 30 mL일 때 모든 음이온의 몰농도(M) 합이 $\frac{1}{5}$이고 혼합 용액의 부피가 60 mL이므로 모든 음이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 $\frac{1}{5}\times60=12$이다. 따라서 혼합 용액의 액성은 염기성이고, 혼합 용액에 들어 있는 이온은 A^{2-}, B^{2+}, OH^-이다. 혼합 전과 후 각 용액에 들어 있는 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

혼합 전		혼합 후
0.2 M $H_2A(aq)$ 30 mL	H^+: 12, A^{2-}: 6	A^{2-}: 6, B^{2+}: 9, OH^-: 6
x M $B(OH)_2(aq)$ 30 mL	B^{2+}: 9, OH^-: 18	

x M $B(OH)_2(aq)$ 30 mL에 들어 있는 B^{2+}의 양($\times10^{-3}$ mol)은 $x\times30=9$이므로 $x=0.3$이다.

0.3 M $B(OH)_2(aq)$ 20 mL에 들어 있는 OH^-의 양($\times10^{-3}$ mol)은 12이므로 넣어 준 $B(OH)_2(aq)$의 부피가 20 mL일 때의 액성은 중성이다. 따라서 혼합 용액에 들어 있는 음이온은 A^{2-}이므로 음이온의 몰농도(M)는 $\frac{6\times10^{-3}}{(30+20)\times10^{-3}}=\frac{3}{25}=a$이다. $\frac{a}{x}=\frac{3}{25}\times\frac{1}{0.3}=\frac{2}{5}$이다.

517 $H_2B(aq)$에 NaOH(aq)을 넣을 때 용액 속 양이온과 음이온의 수는 각각 중화점까지는 일정하다가 중화점 이후부터 증가한다. 중화점까지 혼합 용액의 부피가 증가하므로 모든 양이온과 모든 음이온의 몰농도(M) 합은 각각 중화점까지 감소한다.

ㄴ. $H_2B(aq)$과 NaOH(aq)의 몰농도(M)를 각각 a, b라고 하면 양이온의 초기 몰농도는 $2a$ M, 음이온의 초기 몰농도는 a M이다.

혼합 전 각 용액에 들어 있는 이온의 양($\times10^{-3}$ mol)은 다음과 같다.

a M $H_2B(aq)$ 10 mL		H^+: $20a$, B^{2-}: $10a$
b M NaOH(aq)	10 mL	Na^+: $10b$, OH^-: $10b$
	x mL	Na^+: bx, OH^-: bx
	20 mL	Na^+: $20b$, OH^-: $20b$

넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 20 mL일 때 혼합 용액의 액성은 염기성이므로 혼합 용액 속 양이온은 Na^+이다. 그래프에서 이때 양이온의 몰농도(M)는 음이온의 초기 몰농도(M)와 같으므로 a M이다. 따라서 $\frac{20b\times10^{-3}}{(10+20)\times10^{-3}}=a$이므로 $a=\frac{2}{3}b$이다. 몰농도(M)는 $H_2B(aq)$이 NaOH(aq)의 $\frac{2}{3}$배이다.

ㄷ. 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 10 mL일 때 혼합 용액의 액성은 산성이므로 혼합 용액 속 음이온은 B^{2-}이고, 음이온의 몰농도(M)는 $\frac{10a\times10^{-3}}{(10+10)\times10^{-3}}=\frac{a}{2}$이다. 넣어 준 NaOH($aq$)의 부피가 x mL일 때 혼합 용액의 액성은 염기성이므로 혼합 용액 속 음이온은 B^{2-}, OH^-이다. 따라서 음이온의 몰농도(M) 합은 $\frac{(10a+(bx-20a))\times10^{-3}}{(10+x)\times10^{-3}}=\frac{a}{2}$이고, $b=\frac{3}{2}a$이므로 $x=15$이다.

바로알기 | ㄱ. $H_2B(aq)$ 10 mL에서 양이온 수가 음이온 수의 2배이므로 (가)는 양이온, (나)는 음이온의 몰농도(M) 합이다.

MEMO