www.ebsi.co.kr

EBS 개념완성 문항편

정답과 해설

화학 Ⅰ

정답과 해설

Ⅰ. 화학의 첫걸음

01 화학과 인류

핵심 개념 체크 본문 006~007쪽

1 (1) ○ (2) × (3) ○ **2** 암모니아 **3** 나일론
4 콘크리트 **5** (1) × (2) ○ (3) ○
6 이산화 탄소, 물 **7** (1)-㉣ (2)-㉠ (3)-㉢ (4)-㉡

출제 예상 문제 본문 008~010쪽

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

01

㉠ : 질소는 식물의 생장에 필요한 원소이다. 하버는 질소(N_2) 기체를 수소(H_2) 기체와 반응시켜 암모니아(NH_3)를 합성했으며, 대량 생산된 암모니아를 이용하여 질소 비료를 대량 생산하게 되어 농업 생산량이 증대됨으로써 인류의 식량 문제 해결에 기여하게 되었다.
㉡ : 캐러더스는 최초의 합성 섬유인 나일론을 합성하는 데 성공하였다. 나일론은 매우 질기고 신축성이 좋아 스타킹, 밧줄 등의 재료로 이용되고 있다.
㉢ : 철은 철광석(Fe_2O_3)을 코크스(C)와 함께 용광로에서 높은 온도로 가열하여 얻으며, 단단하고 내구성이 뛰어나 건축물의 골조나 배관 등 건축 자재로 이용된다. 콘크리트 속에 철근을 넣은 철근 콘크리트는 콘크리트의 강도를 높인 건축 재료로서 대규모 건축물에 이용되고 있다.

02

㉠~㉣에 해당하는 물질은 다음과 같다.

㉠	㉡	㉢	㉣
염화 나트륨, 탄산 칼슘	탄수화물, 폴리에스터	탄산 칼슘, 탄수화물, 폴리에스터	염화 나트륨

㉠ : ㉡에 해당하는 물질 중 탄수화물은 C, H, O로 이루어진 천연 고분자 물질이고, 폴리에스터는 C, H, O로 이루어진 합성 고분자 물질이다. 따라서 ㉡에 해당하는 물질은 모두 분자이다.
~~㉡~~ : ㉠과 ㉣에 공통으로 해당하는 물질은 염화 나트륨 1가지이다.
㉢ : ㉡과 ㉢에 공통으로 해당하는 물질은 탄수화물과 폴리에스터이며, 모두 탄소(C)를 기본 골격으로 하여 이루어진 탄소 화합물이다.

03

~~㉠~~ : 탄소 화합물은 탄소(C) 원자가 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 할로젠 등의 원자와 결합한 화합물이다. (가)~(다)는 모두 탄소 원자에 수소(H)와 산소(O) 또는 질소(N)가 결합되어 있는 탄소 화합물이다.
㉡ : 나일론과 폴리에스터는 화석 연료를 원료로 합성된 고분자 물질이며, 대량 생산이 쉬워서 의류 문제를 해결하는 데 기여하였다.
㉢ : 아스피린과 폴리에스터는 성분 원소가 C, H, O로 같으므로 완전 연소 생성물이 CO_2와 H_2O로 같다.

04

㉠ : (가)는 합성 섬유이고, (나)는 동물에서 얻는 천연 섬유이다. 합성 섬유는 화석 연료에서 얻는 간단한 분자를 원료로 대량 생산을 할 수 있다.
㉡ : (가)는 합성 고분자 화합물이고, (나)는 천연 고분자 화합물이다.
㉢ : (가)의 나일론과 (나)의 견 섬유는 모두 탄소 화합물로서 탄소(C)를 포함한 물질이다.

05

천연 섬유는 흡습성과 촉감이 좋지만 질기지 않아서 쉽게 닳고 대량 생산이 어려운 단점이 있다. 합성 섬유는 화석 연료를 원료로 하여 제조하며 질기고 값이 싸다.
~~㉠~~ : 천연 섬유는 식물에서 얻는 면이나 마와 동물에서 얻는 비단과 같은 것이 포함된다.
㉡ : 화석 연료를 이용한 여러 가지 합성 섬유가 개발되었고, 이들은 대량 생산이 가능하여 의류 문제 해결에 기여하였다.
~~㉢~~ : 강하고 탄성과 신축성이 좋아서 구겨지지 않으며 양모와 비슷한 성질을 갖고 있는 의류용 섬유는 폴리에스터로, 현재 가장 널리 사용된다.

06

~~㉠~~ : 석회석을 가열하여 생석회를 만든 다음 점토를 섞어 만든 건축 재료인 (가)는 시멘트이다.
㉡ : 모래와 자갈에 시멘트를 섞어 반죽한 건축 재료인 (나)는 콘크리트이다. 콘크리트에 철근을 넣는 공법이 개발되면서 콘크리트의 강도를 높일 수 있었으며, 오늘날 대규모 건축물에 이용되고 있다.
㉢ : 건축 재료의 성능은 화학의 발달과 함께 점차 개량되고 있으며, 단열재, 바닥재, 창틀, 외장재 등의 새로운 소재가 개발되어 주거 문화의 발달에 기여하고 있다.

07

㉠ : 원유의 성분 물질은 모두 탄소 화합물이며, 끓는점 차이를 이용하여 분별 증류할 수 있는 혼합물이다.
㉡ : (가)는 석유 가스로서 증류탑의 가장 높은 부분에서 분리되며, 탄소 수가 작다. 액화 석유 가스(LPG)는 연료로 이용된다.
㉢ : (나)는 나프타이며, 플라스틱과 합성 섬유 등의 화학 제품을 합성하는 원료로 사용된다.

08

㉠ : 탄소 화합물은 탄소를 기본 골격으로 하고 다른 원소의 원자들이 공유 결합을 하여 이루어진 공유 결합 물질이다.
㉡ : 탄소 화합물에는 공통적으로 탄소(C) 원자가 포함되어 있다.
~~㉢~~ : 탄소 화합물 중 녹말, 단백질, 지방 등은 생명체 내에서 만들어지지만, 플라스틱과 합성 섬유, 합성 고무 등은 원유를 원료로 하여 인공적으로 합성한 것이다.

09

㉠ : 단백질의 주요 성분 원소는 C, H, O, N이고, 면과 플라스틱(PET)의 주요 성분 원소는 C, H, O이다. 비금속 원소 사이에는 공유 결합을 형성하므로 (가)~(다)는 모두 공유 결합 물질이다.
㉡ : 단백질과 천연 섬유인 면은 천연 고분자 물질이다.
㉢ : (나)의 면과 (다)의 플라스틱(PET)은 탄소 화합물로, 탄소(C)와 수소(H)가 포함된 물질이므로 완전 연소 시 이산화 탄소와 물이 생성된다.

10

ㄱ : 탄소 원자 2개, 수소 원자 4개, 산소 원자 2개가 공유 결합을 하여 이루어진 분자이므로 분자식은 $C_2H_4O_2$이다.
ㄴ : X는 아세트산으로, 실온에서 액체 상태로 존재하며 빙초산이라고 한다. 강한 자극성 냄새가 나고 휘발성이 크지 않으며, 연료로 사용하기에 적합하지 않다.
㉢ : 아세트산은 물에 잘 녹고, 물에 녹으면 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 산성을 나타내고 신맛이 난다.

11

(가)와 (나)는 분자식이 C_4H_{10}으로 같다.
㉠ : (가)와 (나)는 모두 탄소(C)와 수소(H)로만 이루어진 탄소 화합물인 탄화수소이다.
ㄴ : (가)와 (나)는 분자식이 같지만 구조식이 서로 다르므로 같은 물질이 아니다.
ㄷ : (가)와 (나)는 분자식이 같으므로 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=\frac{5}{2}$로 같다.

12

㉠ : (가)는 에틸렌 글리콜, (나)는 에탄올이며 하이드록시기(−OH)를 갖는 알코올이다.
㉡ : (가)와 (나)는 하이드록시기(−OH)를 갖는 알코올로서 물에 잘 녹는다.
㉢ : (가)는 분자식이 $C_2H_6O_2$이고, (나)는 분자식이 C_2H_6O이므로 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=3$으로 같다.

13

(가)는 메테인, (나)는 에탄올, (다)는 아세트산의 분자 모형이다.
ㄱ : 탄화수소는 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어진 탄소 화합물이다. (가)의 메테인은 탄화수소이지만, (나)의 에탄올과 (다)의 아세트산은 탄화수소가 아니다.
ㄴ : 에탄올과 아세트산은 물에 잘 녹지만, 탄화수소인 메테인은 물에 잘 녹지 않는다.
㉢ : (가)~(다)의 탄소 화합물에는 탄소(C)와 수소(H)가 공통적으로 포함되어 있으므로 완전 연소시키면 CO_2와 H_2O이 생성된다.

14

① : 탄소(C) 원자 2개가 각각 수소(H) 원자 3개와 결합한 탄화수소는 에테인(C_2H_6)이다. $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=3$이고, C 원자에 원자 4개가 결합되어 있지만 하이드록시기(−OH)가 포함되어 있지 않으므로 X가 아니다.
② : 탄화수소 C_2H_6에서 H 원자 위치에 하이드록시기(−OH)가 결합되어 있는 구조인 탄소 화합물로서 에탄올이다. 분자식은 C_2H_6O이며 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=3$이고, C 원자에 원자 4개가 결합되어 있으므로 X이다.
③ : 분자식은 C_2H_6O로 에탄올과 같지만 산소 원자에 두 개의 C 원자가 결합된 구조로 하이드록시기가 포함되어 있지 않으므로 X가 아니다.
④ : 분자식이 C_3H_6O이므로 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=2$이고, 하이드록시기가 포함되어 있지 않으며 중심의 탄소 원자에 원자 3개가 결합되어 있으므로 X가 아니다.
⑤ : 분자식이 $C_2H_4O_2$이므로 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=2$이고, 하이드록시기가 포함되어 있지 않으며 탄소 원자 1개는 원자 3개와 결합하고 있으므로 X가 아니다.

15

합성 의약품인 아스피린은 호프만이 버드나무 껍질에서 분리한 살리실산으로 합성한 아세틸 살리실산의 상품명이다.
㉠ : 아스피린의 성분 원소는 C, H, O이며, 탄소 원자가 포함된 탄소 화합물이다.
ㄴ : 고분자 화합물은 분자량이 1만 이상인 거대한 분자로 이루어진 물질이다. 아스피린은 분자식이 $C_9H_8O_4$로서 고분자가 아니다.
ㄷ : 아스피린 1분자에는 탄소 원자 9개, 수소 원자 8개, 산소 원자 4개가 포함되어 있으므로 $\frac{\text{C 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}=\frac{9}{21}$로 $\frac{1}{2}$보다 작다.

서답형 문제

본문 011쪽

01 (가) 철 (나) 아스피린
02 ㉠ 질소 ㉡ 수소
03 해설 참조
04 해설 참조
05 해설 참조
06 (1) (가) C_2H_2 (나) C_2H_4 (다) C_2H_6 (라) C_3H_6 (2) (다)
(3) 해설 참조

01

(가) 현재 인류가 가장 많이 사용하는 금속은 철이며, 자연에서 주로 산화물(Fe_2O_3) 상태로 존재한다. 철광석과 코크스, 석회석을 함께 용광로에 넣고 가열하면 코크스가 산화되어 생성되는 일산화 탄소에 의해 산화철(Fe_2O_3)이 환원되어 철(Fe)이 얻어진다.
(나) 호프만이 버드나무 껍질에서 추출한 살리실산으로부터 합성한 최초의 합성 의약품은 아세틸 살리실산이며, 상품명은 아스피린이다.

02

암모니아는 공기 중의 질소와 수소로부터 합성하며, 화학 반응식은 $N_2+3H_2 \longrightarrow 2NH_3$이다. 공기 중의 78 %를 차지하는 질소($N_2$)는 2개의 질소(N) 원자가 3중 결합을 이루고 있어서 반응성이 작고 매우 안정한 물질이며, 수소(H_2)는 가장 가벼운 기체이다.

03

예시답안 ㉠ 가스 버너: 뷰테인 ㉡ 고기: 단백질 ㉢ 밥: 탄수화물 ㉣ 기름: 지방 ㉤ 식초: 아세트산 ㉥ 페트병: 플라스틱(PET)

㉦ 나무 의자: 셀룰로스 ㉧ 등산복: 폴리에스터
㉨ 가죽 등산화: 단백질, 인조 가죽(폴리우레탄) 등

04

모범답안 하버가 공기 중의 질소와 수소로부터 암모니아를 대량으로 합성하는 공정을 개발하면서 화학 비료가 대량 생산되고 농산물의 생산량이 증대되었다. 살충제와 제초제가 개발되어 잡초와 해충으로부터 농작물을 보호할 수 있게 되면서 농산물의 질이 향상되고 생산량도 크게 증대되어 인류의 식량 문제를 해결할 수 있게 되었다.

채점 기준	배점
화학 비료 및 살충제와 제초제를 모두 포함시켜 옳게 서술한 경우	100 %
화학 비료만 포함시켜 서술한 경우	70 %
살충제와 제초제만 포함시켜 서술한 경우	30 %

05

아세트산과 폼알데하이드는 성분 원소가 C, H, O이며 메테인은 성분 원소가 C, H이다.

모범답안 • 산소 원자가 포함되어 있는가? • $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=2$인가?
• 2중 결합이 포함되어 있는가? • 냄새가 나는 물질인가? 등

채점 기준	배점
분류 기준 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
분류 기준 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

06

탄소 원자 사이의 결합이 모두 단일 결합인 탄화수소를 포화 탄화수소, 2중 결합이나 3중 결합을 포함한 탄화수소를 불포화 탄화수소라고 한다.

(1) (가) $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=1$이고 1분자당 원자 수가 4이므로 분자식은 C_2H_2이다.

(나) $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=2$이고 1분자당 원자 수가 6이므로 분자식은 C_2H_4이다.

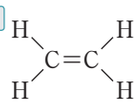
(다) $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=3$이고 1분자당 원자 수가 8이므로 분자식은 C_2H_6이다.

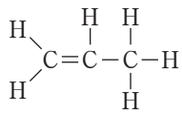
(라) $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=2$이고 1분자당 원자 수가 9이므로 분자식은 C_3H_6이다.

(2) (가)는 C_2H_2로 탄소 원자 사이에 3중 결합을 이루고 있고, (나)는 C_2H_4, (라)는 C_3H_6로 탄소 원자 사이에 2중 결합이 있다. (다)는 C_2H_6로 탄소 원자 사이에 단일 결합을 이루고 있다. 따라서 포화 탄화수소는 (다)의 C_2H_6이다.

(3) (나)와 (라)는 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=2$인 사슬 모양 탄화수소이므로 2중 결합을 포함하고 있다.

모범답안


(나)


(라)

공유 결합 수는 (나)가 6, (라)가 9이므로 (나) : (라)=2 : 3이다.

채점 기준	배점
(나)와 (라)의 구조식을 옳게 그리고, 공유 결합 수의 비를 옳게 구한 경우	100 %
(나)와 (라)의 구조식만 옳게 그린 경우	70 %
(나)와 (라)의 구조식 중 한 가지만 옳게 그린 경우	35 %
공유 결합 수의 비만 옳게 구한 경우	30 %

02 몰

핵심 개념 체크

본문 012~013쪽

1 (1) × (2) ○ (3) × **2** (1) 32 (2) 16 (3) 100
3 (1) 6.02×10^{23} (2) 2 (3) 1 (4) 1.5
4 ㉡>㉣>㉠>㉢ **5** (1) × (2) ○ (3) ○
6 ㉠ 0.5 ㉡ 34 ㉢ 58 ㉣ 12

출제 예상 문제

본문 014~016쪽

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

01

㉠ : X 원자 4개와 Y 원자 3개가 평형을 이루고 있으므로 원자량의 비는 X : Y=3 : 4이고, Y 원자 5개와 Z 원자 2개가 평형을 이루고 있으므로 원자량의 비는 Y : Z=2 : 5이다. 따라서 원자량의 비는 X : Y : Z=3 : 4 : 10이며, X의 원자량이 12이므로 Z의 원자량은 40이다.

㉡ : 1몰의 질량은 화학식량에 g을 붙인 값과 같다. Y의 원자량이 16이므로 Y 원자 1몰의 질량은 16 g이다.

~~㉢~~ : 원자량의 비는 X : Z=3 : 10이므로 1 g에 포함된 원자 수비는 X : Z=$\frac{1}{3}$: $\frac{1}{10}$=10 : 3이다.

02

㉠ : H의 원자량은 C의 원자량의 $\frac{1}{12}$이므로 원자 1개의 질량은 H 원자가 C 원자의 $\frac{1}{12}$이다.

㉡ : CO_2의 분자량은 12+2×16=44이므로 1몰의 질량은 44 g이다. 1몰에 포함된 분자 수는 아보가드로수와 같으므로 CO_2 분자 1개의 질량은 $\frac{44}{6.02\times10^{23}}$ g이다.

㉢ : MgO에서 원자 수비는 Mg : O=1 : 1이고 원자량의 비가 Mg : O=24 : 16이므로 성분 원소의 질량비는 Mg : O=3 : 2이다.

03

㉠ : 1 g에 들어 있는 원자 수는 원자 1몰의 질량이 가장 작은 ^{1}H가 가장 크다.

㉡ : ^{12}C 원자 1몰의 질량이 12.000 g이고, 원자 1몰에 포함된 원자 수가 아보가드로수(N_A)와 같으므로 ^{12}C 원자 1개의 질량은 $\frac{12.000}{N_A}$ g이다.

㉢ : ^{1}H 원자 1.008 g의 원자 수는 1몰이고, ^{16}O 원자 1몰의 질량이 15.995 g이므로 $^{16}O_2$ 15.995 g의 분자 수는 0.5몰이다. 따라서 ^{1}H 1.008 g의 원자 수는 $^{16}O_2$ 15.995 g의 분자 수의 2배이다.

04

㉠ : 포도당의 양(mol)은 포도당의 질량을 포도당 1몰의 질량으로 나누어서 구한다. 포도당의 분자량이 180이므로 포도당의 양(mol)$=\frac{60\text{ g}}{180\text{ g/mol}}=\frac{1}{3}$ mol이다. 주어진 식에서 x는 포도당 1몰의 질량이다.

㉡ : 포도당 1몰에 포함된 분자 수는 아보가드로수와 같다. 따라서 포도당의 분자 수는 포도당의 양(mol)에 아보가드로수를 곱한 값과 같으며, 주어진 식에서 y는 아보가드로수이다.

㉢ : ㉠은 $\frac{1}{3}$이고, [단계 3]에서 원자의 총 수는 포도당 60 g에 포함된 분자 수와 포도당 1분자에 들어 있는 원자 수를 곱해서 구할 수 있다. 포도당 1분자는 24개의 원자로 이루어져 있으므로 주어진 식에서 ㉡은 24이다. 따라서 ㉠×㉡$=\frac{1}{3}\times24=8$이다.

05

(가)의 분자식은 $C_6H_{12}O_6$, (나)의 분자식은 $C_9H_8O_4$이므로 분자량은 180으로 같다.

~~ㄱ~~ : (가)와 (나)의 분자량이 180으로 같으므로 분자 1개의 질량은 (가)와 (나)가 서로 같다.

㉡ : (가)에서 1분자에 포함된 H 원자 수는 12이고, (나)에서 1분자에 포함된 H 원자 수는 8이며, (가)와 (나)의 분자량은 같다. 따라서 수소의 질량 비율은 (가)>(나)이다 .

~~ㄷ~~ : (가)는 1분자에 포함된 C 원자 수가 6이고, (나)는 1분자에 포함된 C 원자 수가 9이다. 따라서 분자 1몰에 포함된 탄소 원자는 (가)가 6몰, (나)가 9몰로, 탄소 원자의 질량은 (나)>(가)이다.

06

㉠ : 이산화 탄소는 탄소(C) 원자 1개와 산소(O) 원자 2개로 이루어진 분자이며, 분자식이 CO_2이다.

㉡ : CO_2의 분자량이 44이고 C의 원자량이 12이므로 O의 원자량은 16이며, H_2O의 분자량이 18이므로 H의 원자량은 1이다. 따라서 C_2H_2의 분자량은 26이다.

㉢ : CH_4은 분자량이 16이고 1분자에는 H 원자 4개가 포함되어 있으며, H_2O은 분자량이 18이고 1분자에는 H 원자 2개가 포함되어 있다. 따라서 1 g에 포함된 H 원자 수비는 $CH_4 : H_2O=\frac{4}{16}:\frac{2}{18}=9:4$이다.

07

A와 B로 이루어진 3원자 분자의 분자식은 A_2B 또는 AB_2이다.

~~ㄱ~~ : (가)는 2원자 분자이므로 분자식이 AB이고, (나)는 분자식이 A_2B 또는 AB_2이다. (나)의 분자식이 A_2B라면 A의 원자량이 16, B의 원자량이 14이며, (나)의 분자식이 AB_2라면 B의 원자량이 16, A의 원자량이 14이다. 그런데 원자량은 B>A이므로 (나)의 분자식은 AB_2이다.

㉡ : A의 원자량이 14, B의 원자량이 16이므로 원자량의 비는 A : B=7 : 8이다.

㉢ : A_2B_5의 분자량은 $2\times14+5\times16=108$이므로 1몰의 질량은 108 g이다.

08

(가)는 분자식이 CH_2O이고, (나)는 분자식이 $C_2H_4O_2$이다.

㉠ : (나)에 포함된 원자 수는 C, H, O가 각각 (가)의 2배이므로 1몰의 질량은 (나)가 (가)의 2배이다.

~~ㄴ~~ : 분자량의 비가 (가) : (나)=1 : 2이므로 1 g에 포함된 분자 수비는 (가) : (나)$=\frac{1}{1}:\frac{1}{2}=2:1$이다.

~~ㄷ~~ : (가)에서 탄소(C) 원자는 2개의 수소(H) 원자와 단일 결합을, 1개의 산소(O) 원자와 2중 결합을 이루고 있다. 따라서 공유 결합 수는 4이다. (나)는 CH_4의 H 원자 대신에 카복실기(−COOH)가 결합되어 있으며, −COOH에서 탄소 원자는 산소 원자 1개와 2중 결합을 이루고, 수소 원자와 단일 결합을 이루고 있는 다른 산소 원자와는 단일 결합을 이루고 있으므로 공유 결합 수는 8이다. 따라서 공유 결합 수의 비는 (가) : (나) =4 : 8=1 : 2이다.

09

(가)는 1분자당 원자 수가 2이므로 분자식이 XY이다. (나)는 1분자당 원자 수가 4이므로 (나)의 분자식은 X_3Y, X_2Y_2, XY_3 중 하나이다. 그런데 분자량의 상댓값이 (가) : (나)=10 : 17이므로 (나)의 분자식은 X_2Y_2가 될 수 없다.

X의 원자량을 x, Y의 원자량을 y라고 할 때,

(Ⅰ) (나)의 분자식이 X_3Y라면 다음 관계식이 성립한다.

$x+y=10k$ …… i)　　$3x+y=17k$ …… ii)

i)과 ii)에서 $x=3.5k$, $y=6.5k$이므로 X의 원자량이 Y의 원자량보다 크다는 조건에 어긋난다.

(Ⅱ) (나)의 분자식이 XY_3라면 다음 관계식이 성립한다.

$x+y=10k$ …… i)　　$x+3y=17k$ …… ii)

i)과 ii)에서 $x=6.5k$, $y=3.5k$이므로 X의 원자량이 Y의 원자량보다 크다는 조건을 만족한다.

~~ㄱ~~ : (가)는 분자식이 XY이고, (나)는 분자식이 XY_3이므로 $\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{X 원자 수}}$는 (가)가 1, (나)가 3으로 (나)>(가)이다.

㉡ : 원자량의 비는 X : Y=13 : 7이므로 $\frac{\text{Y 원자량}}{\text{X 원자량}}=\frac{7}{13}$로 $\frac{1}{2}$보다 크다.

~~ㄷ~~ : 분자량의 비는 (가) : (나)=10 : 17이고 1분자에 포함된 Y 원자 수는 (가)가 1, (나)가 3이므로, 1 g에 포함된 Y 원자 수비는 (가) : (나)$=\frac{1}{10}:\frac{3}{17}=17:30$이다.

10

AB_4에서 원자 수비는 A : B=1 : 4이고 질량비는 A : B=3 : 1이므로 원자량의 비는 A : B$=3:\frac{1}{4}=12:1$이다. B_2C에서 원자 수비는 B : C=2 : 1이고 질량비는 B : C=1 : 8이므로 원자량의 비는 B : C$=\frac{1}{2}:8$

$=1:16$이다. 따라서 원자량의 비는 $A:B:C=12:1:16$이다.

ㄱ: 원자량의 비는 $A:C=12:16=3:4$이다.

ㄴ: 분자량의 비는 $AC:A_2B_4=28:28=1:1$이므로 1몰의 질량이 서로 같다.

ㄷ: (가)의 AB_4는 5원자 분자, (나)의 B_2C는 3원자 분자이며, 분자량의 비는 $AB_4:B_2C=16:18$이다. 따라서 1 g에 포함된 전체 원자 수비는 $AB_4:B_2C=\frac{5}{16}:\frac{3}{18}=15:8$로 (나)가 (가)의 $\frac{8}{15}$이므로 (나)가 (가)의 $\frac{1}{2}$보다 크다.

11

① H_2의 분자량이 2이므로 1 g에 들어 있는 분자 수는 0.5몰이고, H_2 1분자에 H 원자 2개가 포함되어 있으므로 H_2 0.5몰에 들어 있는 H 원자 수는 1몰이다.

② H_2O 1분자에 H 원자 2개가 포함되어 있으므로 H_2O 분자 1몰에 들어 있는 H 원자 수는 2몰이다.

③ CH_4의 분자량이 16이므로 16 g에 들어 있는 CH_4 분자 수는 1몰이다.

④ 0 ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 NH_3 11.2 L에 들어 있는 NH_3 분자 수는 0.5몰이다. NH_3 분자 1개에 H 원자 3개가 포함되어 있으므로 NH_3 0.5몰에 들어 있는 H 원자 수는 1.5몰이다.

⑤ 0 ℃, 1기압에서 NO_2 5.6 L에 들어 있는 분자 수는 0.25몰이고, NO_2 분자 1개에 들어 있는 원자 수는 3이므로 NO_2 5.6 L에 들어 있는 전체 원자 수는 0.75몰이다.

따라서 입자 수가 가장 큰 것은 ②이다.

12

ㄱ: 기체의 밀도$=\frac{질량}{부피}$이다. 따라서 X의 밀도는 $\frac{16}{5.6}$, Y의 밀도는 $\frac{32}{11.2}$로 X와 Y의 밀도가 서로 같다.

~~ㄴ~~: 0 ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 기체 X는 0.25몰, 기체 Y는 0.5몰 존재한다.

ㄷ: 기체 X 0.25몰의 질량이 16 g이므로 1몰의 질량은 64 g이고, 기체 Y 0.5몰의 질량이 32 g이므로 1몰의 질량은 64 g이다. 따라서 X와 Y는 분자량이 서로 같다.

~~ㄹ~~: 기체 X와 Y가 모두 3원자 분자이며, 기체 X의 양은 0.25몰, 기체 Y의 양은 0.5몰이므로 원자 수는 기체 X가 0.75몰, 기체 Y가 1.5몰이다.

13

(다)는 분자량이 16이고 질량이 4 g이므로 기체 분자의 양은 0.25몰이다. (다)의 부피가 6 L이므로 t ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 24 L이다. (가)는 분자량이 4이고 부피가 24 L이므로 기체 분자의 양은 1몰이며 질량은 4 g이다. (나)는 부피가 12 L이므로 기체 분자의 양은 0.5몰이며 질량은 16 g이다. 따라서 (나)의 분자량은 32이다.

ㄱ: (가)의 분자량은 4, (나)의 분자량은 32, (다)의 분자량은 16이므로 (나)의 분자량이 가장 크다.

ㄴ: (가)는 분자량이 4이고, 24 L에 들어 있는 기체의 양이 1몰이므로 질량이 4 g이다. 따라서 (가)와 (다)는 질량이 같다.

~~ㄷ~~: 온도와 압력이 일정할 때 기체의 밀도비는 분자량의 비와 같다. (나)의 분자량은 32, (다)의 분자량은 16이므로 기체의 밀도는 (나)가 (다)의 2배이다.

14

1 g에 포함된 분자 수비는 $A_2:B_2=8:7$이므로 분자량의 비는 $A_2:B_2=7:8$이고, 원자량의 비도 $A:B=7:8$이다.

ㄱ: t ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 23 L이고, AB_2의 밀도는 2 g/L이므로 AB_2 1몰의 질량은 46 g이다.

~~ㄴ~~: 원자량의 비가 $A:B=7:8$이므로 A의 원자량을 $7x$, B의 원자량을 $8x$라고 하면 AB_2의 분자량은 $7x+16x=23x=46$이다. 따라서 $x=2$이므로 B의 원자량은 16이다.

ㄷ: 일정한 온도와 압력에서 기체의 밀도는 기체의 분자량에 비례한다. A의 원자량이 14이므로 A_2의 분자량은 28이며, AB_2의 분자량은 46이다. 따라서 t ℃, 1기압에서 기체의 밀도는 A_2가 AB_2의 $\frac{28}{46}=\frac{14}{23}$로 A_2가 AB_2의 $\frac{1}{2}$보다 크다.

15

ㄱ: 산소(O_2)의 분자량이 32이므로 16 g에 포함된 산소 기체의 양(mol)은 $\frac{16\ g}{32\ g/mol}=0.5$ mol이다. 기체의 종류에 관계없이 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하며, (가)와 (나)의 기체의 양(mol)이 같으므로 (가)와 (나)의 부피는 같다.

ㄴ: (가)와 (나)의 부피가 같으므로 기체의 밀도비는 질량비와 같다. (가)에서 산소(O_2)는 16 g이고, (나)에서 이산화 탄소(CO_2)의 분자량이 44이므로 0.5몰의 질량은 22 g이다. 따라서 밀도비는 (가) : (나)$=16:22=8:11$로 밀도는 (나)>(가)이다.

ㄷ: 산소(O_2)는 2원자 분자, 이산화 탄소(CO_2)는 3원자 분자이며, (가)와 (나)에서 기체의 분자 수가 같으므로 원자 수비는 (가) : (나)$=2:3$이다.

16

각 기체의 전체 질량 중 B만의 질량은 4 g으로 같으므로 AB_2에서 A의 질량은 7 g이고 C_2B에서 C의 질량은 18 g이다. 기체의 부피비가 $AB_2:C_2B=1:2$이므로 기체의 몰비는 $AB_2:C_2B=1:2$이다. 따라서 AB_2에서 A 원자가 1몰이라면 C_2B에서 C 원자는 4몰이다.

ㄱ: 질량비는 $AB_2:C_2B=1:2$이고, 몰비는 $AB_2:C_2B=1:2$이므로 분자량의 비는 $AB_2:C_2B=1:1$이다. 따라서 1몰의 질량은 서로 같다.

~~ㄴ~~: AB_2에서 A 원자 1몰의 질량이 7 g이라면 C_2B에서 C 원자 4몰의 질량은 18 g이다. 따라서 원자량의 비는 $A:C=7:\frac{18}{4}=14:9$이다.

ㄷ: AB_2 1분자에 B 원자 2개가 포함되어 있고, C_2B 1분자에 B 원자 1개가 포함되어 있으며, AB_2와 C_2B의 분자량이 같으므로 같은 질량에 들어 있는 B 원자 수비는 $AB_2:C_2B=2:1$이다.

서답형 문제

본문 017쪽

01 (1) 0.5몰 (2) 3.01×10^{23} (3) 29 g (4) 2몰 (5) 3.01×10^{24}

02 (1) (가) X_2Y (나) XY_2 (2) X의 원자량: 14, Y의 원자량: 16 (3) 76 g

03 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

04 $32d$

05 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

06 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01

(1) 0 ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 뷰테인(C_4H_{10}) 기체 11.2 L는 0.5몰이다.
(2) 1몰의 분자 수가 6.02×10^{23}이므로 뷰테인 0.5몰의 분자 수는 $0.5\times6.02\times10^{23}=3.01\times10^{23}$이다.
(3) 뷰테인(C_4H_{10})의 분자량이 58이므로 뷰테인 0.5몰의 질량은 29 g이다.
(4) 뷰테인(C_4H_{10}) 1분자에 포함된 C 원자 수가 4이므로 뷰테인(C_4H_{10}) 0.5몰에 포함된 탄소(C) 원자의 양은 2몰이다.
(5) 뷰테인(C_4H_{10}) 1분자에 포함된 H 원자 수가 10이므로 뷰테인(C_4H_{10}) 0.5몰에 포함된 수소(H) 원자는 5몰이며, 수소(H) 원자의 수는 $5\times6.02\times10^{23}=3.01\times10^{24}$이다.

02

(1) (가)와 (나)는 모두 3원자 분자이고 분자량은 (나)>(가)인데, Y의 원자량이 X의 원자량보다 크므로 (가)의 분자식은 X_2Y이고 (나)의 분자식은 XY_2이다.
(2) X, Y의 원자량을 각각 x, y라고 할 때, $2x+y=44$, $x+2y=46$에서 $x=14$, $y=16$이다.
(3) X_2Y_3의 분자량은 $2\times14+3\times16=76$이므로, X_2Y_3 1몰의 질량은 76 g이다.

03

성분 원소가 X와 Y 2가지인 경우 3원자 분자의 가능한 분자식은 X_2Y 또는 XY_2이다.
(1) 모범답안 X의 질량 : Y의 질량은 (가)에서 7 : 16, (나)에서 7 : 4, (다)에서 7 : 8이다. 따라서 일정량의 X와 결합한 Y의 질량비는 (가) : (나) : (다)=16 : 4 : 8=4 : 1 : 2이다.

채점 기준	배점
일정량의 X와 결합한 Y의 질량비를 구하는 과정과 값을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
일정량의 X와 결합한 Y의 질량비를 구하는 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	50 %

(2) 모범답안 (다)를 구성하는 X 원자 수와 Y 원자 수가 같고 질량비는 X : Y=7 : 8이므로 원자량의 비는 X : Y=7 : 8이다. 따라서 Y 1몰과 결합한 X의 몰비는 (가) : (나) : (다)=0.5 : 2 : 1=1 : 4 : 2이다.

채점 기준	배점
1몰의 Y와 결합한 X의 몰비를 구하는 과정과 값을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
1몰의 Y와 결합한 X의 몰비를 구하는 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	50 %

(3) 모범답안 (다)에서 원자 수비는 X : Y=1 : 1이므로, (가)는 X : Y=0.5 : 1=1 : 2이고 (나)는 X : Y=2 : 1이다. 따라서 분자식은 (가)는 XY_2, (나)는 X_2Y, (다)는 XY이다.

채점 기준	배점
(가)~(다)의 분자식을 구하는 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(다)의 분자식을 구하는 과정 중 2가지만 옳게 서술한 경우	70 %
(가)~(다)의 분자식을 구하는 과정 중 1가지만 옳게 서술한 경우	30 %

04

w g에 포함된 분자 수비는 $A_2 : B_2=16 : 1$이므로 분자량의 비는 $A_2 : B_2=1 : 16$이고, 원자량의 비는 A : B=1 : 16이다. t ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 36 L이고, A_2B의 밀도는 d g/L이므로 A_2B 1몰의 질량은 $36d$ g이다. 따라서 B의 원자량을 $16x$라고 하면 $2x+16x=18x=36d$에서 $x=2d$이고, B의 원자량은 $32d$이다.

05

(1) 모범답안 X_2와 Y에서 $\frac{1}{18} : \frac{1}{b}=1 : 2$이므로 Y의 단위 질량당 부피인 $b=9$이다. 단위 질량당 부피는 단위 질량당 분자의 양(mol)에 비례한다. 1분자당 원자 수는 X_2가 2, Y가 1이며 단위 질량당 원자 수비는 $X_2 : Y=a : 3$이므로 다음 관계식이 성립한다.

$$18\times2 : 9\times1=a : 3,\ \therefore a=12$$

1분자당 원자 수는 X_2가 2, X_2Z가 3이고, 단위 질량당 원자 수비는 $X_2 : X_2Z=12 : 2$이므로 다음 관계식이 성립한다.

$$18\times2 : c\times3=12 : 2,\ \therefore c=2$$

채점 기준	배점
a, b, c의 값을 구하는 과정과 값을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
a를 구하는 과정과 값만 옳게 서술한 경우	40 %
b를 구하는 과정과 값만 옳게 서술한 경우	30 %
c를 구하는 과정과 값만 옳게 서술한 경우	30 %

(2) 모범답안 X_2와 X_2Z에서 분자량은 단위 부피당 질량에 비례하므로 $\frac{1}{18} : \frac{1}{2}=2 : ㉠$에서 X_2Z의 분자량 ㉠=18이다.

채점 기준	배점
분자량을 구하는 과정과 분자량을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
분자량을 구하는 과정만 옳게 서술한 경우	70 %
분자량만 옳게 제시한 경우	30 %

06

(1) 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 같은 질량의 부피는 분자량에 반비례한다.
모범답안 C_2H_4의 분자량은 28이고, C_3H_6의 분자량은 42이므로 같은 질량의 부피는 분자량이 작은 C_2H_4가 크다. 따라서 (가)는 C_3H_6, (나)는 C_2H_4이며, a g의 부피비는 $C_3H_6 : C_2H_4=2 : 3$이다. 따라서 $x=6$이다.

채점 기준	배점
x를 구하는 과정과 결과를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
x를 옳게 구하고, 그 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	50 %

(2) 모범답안 1분자당 원자 수는 (가)가 9, (나)가 6이므로 a g에 포함된 전체 원자 수비는 (가) : (나)$=\frac{9}{42} : \frac{6}{28}=1 : 1$이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 전체 원자 수비를 옳게 구하고, 그 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)의 전체 원자 수비를 옳게 구하고, 그 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	50 %

03 화학 반응식과 용액의 농도

핵심 개념 체크 본문 018~019쪽

1 (1) ○ (2) ○ (3) × **2** (1) $3H_2(g)$ (2) 4, 3, 2 (3) $C_6H_{12}O_6(s)$
3 ㉠, ㉡, ㉣ **4** (1) ○ (2) ○ (3) ×
5 (1) 10 % (2) 30 g (3) 0.02 mol (4) 0.4 M

출제 예상 문제 본문 020~022쪽

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

01

㉠ : 화학 반응식의 계수비는 몰비와 같다. 일산화 탄소와 산소를 각각 1몰씩 넣어 반응시키면 일산화 탄소는 1몰이 모두 반응하고, 산소는 0.5몰이 반응하고 0.5몰이 남으며, 이산화 탄소 1몰이 생성된다.

㉡ : 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 양(mol)에 비례한다. 산소와 이산화 탄소의 몰비가 1 : 2이므로 산소 1 L가 완전히 반응하면 이산화 탄소 2 L가 생성된다.

~~ㄷ~~ : 일산화 탄소와 산소의 반응 몰비가 2 : 1이지만 질량비는 7 : 4이다. 따라서 일산화 탄소 10 g과 완전히 반응하는 산소의 질량은 5 g이 아니다.

02

화학 반응의 전과 후에 질량의 총합이 같으므로 반응 전 탄산 칼슘의 질량과 묽은 염산이 담긴 삼각 플라스크의 질량을 합한 값에서 반응 후 삼각 플라스크의 전체 질량을 빼면 발생한 이산화 탄소의 질량을 알 수 있다.

㉠ : 탄산 칼슘과 묽은 염산의 반응에 대한 화학 반응식은 다음과 같다.

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

따라서 화학 반응식의 계수는 $a=2$, $b=1$, $c=1$이고, $\frac{b+c}{a}=1$이다.

~~ㄴ~~ : 탄산 칼슘 x g이 모두 반응할 때 생성되는 이산화 탄소의 질량을 측정해야 하므로 탄산 칼슘이 모두 반응하기에 충분한 양의 묽은 염산을 사용해야 한다.

~~ㄷ~~ : 생성된 이산화 탄소의 질량은 $(x+250)$ g-250.56 g$=(x-0.56)$ g이다. 반응한 탄산 칼슘과 이산화 탄소의 반응 몰비가 1 : 1이고, 탄산 칼슘의 화학식량이 100이므로 이산화 탄소의 분자량을 M이라고 하면 $\frac{x}{100}=\frac{x-0.56}{M}$이므로 $M=100-\frac{56}{x}$이다.

03

반응 전후 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 화학 반응식은 다음과 같다.

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

~~ㄱ~~ : 반응 계수는 $x=2$, $y=1$, $z=2$이므로 $\frac{x+y}{z}=\frac{3}{2}$이다.

~~ㄴ~~ : 반응 몰비는 계수비와 같으므로 $AB(g) : B_2(g)=2 : 1$이며, AB의 분자량이 28, B_2의 분자량이 32이므로 반응 질량비는 $AB(g) : B_2(g)=2\times28 : 32=7 : 4$이다.

㉢ : 강철 용기에 $AB(g)$ 1몰과 $B_2(g)$ 1몰을 넣어 반응시키면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(몰)	1	1	
반응(몰)	−1	−0.5	+1
반응 후(몰)		0.5	1

따라서 $\frac{AB_2(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{1}{1.5}=\frac{2}{3}$이다.

04

화학 반응식에서 반응 전과 후의 원자의 종류와 수가 같아야 하므로 $2X(g)+B_2(g) \longrightarrow 2AB_3(g)$에서 X의 분자식은 AB_2이다. 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 기체의 몰비는 (가) : (나)$=1 : 2$이며, 같은 질량의 몰비가 1 : 2이므로 분자량의 비는 $X : B_2=2 : 1$이다.

~~ㄱ~~ : 꼭지를 열기 전 기체의 몰비는 (가) : (나)$=1 : 2$이다. X는 AB_2로 3원자 분자이고 B_2는 2원자 분자이므로 원자 수비는 (가) : (나)$=1\times3 : 2\times2=3 : 4$이다.

㉡ : X의 분자식이 AB_2이고 분자량의 비는 $AB_2 : B_2=2 : 1$이므로 원자량의 비는 $A : B=2 : 1$이다.

~~ㄷ~~ : $2X(g)+B_2(g) \longrightarrow 2AB_3(g)$에서 X의 분자량이 B_2의 2배이므로 반응 질량비는 $X : B_2=4 : 1$이며, X 10 g은 B_2 $\frac{5}{2}$ g과 반응하여 AB_3 $\frac{25}{2}$ g$=12.5$ g을 생성한다.

05

(가)와 (나)의 부피가 같으므로 반응 전과 후에 기체의 양(mol)은 변화가 없다. 반응 전 X_2가 a몰이고, 모형 3개 중 2개가 반응하고 반응 후 모형 1개가 남게 되므로 반응 후 남은 X_2는 $\frac{1}{3}a$몰이다. 반응 전 Y_2 w g은 모형 2개이므로 $\frac{2}{3}a$몰이다.

㉠ : 화학 반응의 전과 후에 기체의 양(mol)이 같으므로 반응물의 반응 계수 합은 생성물의 반응 계수 합과 같다. 따라서 화학 반응식은 $X_2(g)+Y_2(g) \longrightarrow 2XY(g)$이다.

㉡ : Y_2 w g이 $\frac{2}{3}a$몰이므로 Y_2 1몰의 질량은 $\frac{w}{\frac{2}{3}a}=\frac{3w}{2a}$(g)이고 Y_2의 분자량은 $\frac{3w}{2a}$이다.

㉢ : 반응 몰비는 $X_2 : Y_2 : XY=1 : 1 : 2$이므로 X_2 $\frac{2}{3}a$몰과 Y_2 $\frac{2}{3}a$몰이 반응하여 생성물 XY $\frac{4}{3}a$몰이 생성된다.

06

같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 분자량의 비는 $X : B_2=7 : 8$이다. 반응 질량비가 $X : B_2=7 : 4$이므로 반응 몰비는 $X : B_2=2 : 1$이다.

㉠ : 반응 몰비가 $X : B_2=2 : 1$이므로 화학 반응식은 $2X(g)+B_2(g) \longrightarrow 2AB_2(g)$이다. 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같으므로 X의 분자식은 AB이다.

ㄴ : 분자량의 비는 AB : B_2=7 : 8이므로 원자량의 비는 A : B=3 : 4이고 A가 B의 $\frac{3}{4}$이다.

ㄷ : 밀도비가 X : B_2=7 : 8이므로 같은 질량의 부피비는 X : B_2=8 : 7이고, 반응물과 생성물의 부피 사이에 다음 관계가 성립한다.

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

처음 부피(상댓값)	8	7	0
반응 부피(상댓값)	−8	−4	+8
나중 부피(상댓값)	0	3	8

25 ℃, 1기압에서 반응 후 기체의 부피는 반응 전 기체 부피의 $\frac{11}{15}$배이다.

07

ㄱ : 0.5 M $KHCO_3$ 수용액 200 mL에 녹아 있는 $KHCO_3$은 0.5 M×0.2 L=0.1몰이며, $KHCO_3$의 화학식량이 100이므로 $KHCO_3$의 질량은 10 g이다.

ㄴ : 0.5 M $KHCO_3$ 수용액 100 mL에는 0.5 M×0.1 L=$\frac{1}{20}$몰의 $KHCO_3$이 녹아 있다.

ㄷ : 비커의 수용액에 녹아 있는 $KHCO_3$이 0.1몰이므로 증류수를 더 부어 용액 전체의 부피를 4 L로 만들면 몰 농도는 $\frac{0.1\text{ mol}}{4\text{ L}}=\frac{1}{40}$ M이다.

08

ㄱ : (가) 수용액의 밀도가 1 g/mL이므로 (가) 수용액 300 mL의 질량은 300 g이다. (가)는 퍼센트 농도가 10 %이므로 (가) 300 g에 녹아 있는 요소의 질량은 300 g×$\frac{10}{100}$=30 g이다. (나)는 몰 농도가 1 M이고 용액의 부피가 500 mL이므로 녹아 있는 요소의 양은 1 M×0.5 L=0.5몰이며, 요소의 분자량이 60이므로 질량은 30 g이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 요소의 질량은 (가)와 (나)가 같다.

ㄴ : (가)에서 녹아 있는 요소의 양은 0.5몰이고 용액의 부피가 300 mL이므로 몰 농도는 $\frac{0.5\text{ mol}}{0.3\text{ L}}=\frac{5}{3}$ M이다. 따라서 용액의 몰 농도는 (가)>(나)이다.

ㄷ : (가)에 녹아 있는 요소가 0.5몰, (나)에 녹아 있는 요소가 0.5몰이다. 따라서 (가)와 (나)의 용액을 혼합한 후 증류수를 넣어 전체 부피를 2 L로 하면, 혼합 용액의 몰 농도는 $\frac{0.5\text{ mol}+0.5\text{ mol}}{2\text{ L}}$=0.5 M이다.

09

ㄱ : 0.1 M 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$) 수용액 1000 mL에 녹아 있는 $NaHCO_3$의 양은 0.1 M×1 L=0.1몰이며, $NaHCO_3$의 화학식량이 84이므로 필요한 질량은 8.4 g이다.

ㄴ : 과정 (나)에서 비커에 묻어 있는 $NaHCO_3$을 씻어 넣지 않으면 용액에 녹아 있는 $NaHCO_3$의 양이 감소하므로 수용액의 몰 농도가 0.1 M보다 작아진다.

ㄷ : 0.1 M $NaHCO_3$ 수용액 200 mL에 녹아 있는 $NaHCO_3$의 양은 0.1 M×0.2 L=0.02몰이다.

10

t ℃, 1기압에서 X $4w$ g의 부피가 12 L이므로 X w g의 부피는 3 L이다. B_2 w g을 넣어 B_2가 모두 반응하는 동안 전체 기체의 부피 변화가 없으므로 화학 반응식에서 계수 a와 b는 같다. B_2 w g이 반응한 후에 더 가해 준 B_2에 의해 전체 기체의 부피가 증가하므로 B_2 w g의 부피는 6 L이다. 즉, X 12 L와 B_2 6 L가 반응하여 AB_3 12 L가 생성된 것이다. 따라서 반응 몰비는 X : B_2 : AB_3=2 : 1 : 2이다.

ㄱ : 화학 반응식은 $2X(g)+B_2(g) \longrightarrow 2AB_3(g)$이며, 화학 반응 전과 후에 원자의 종류와 개수가 같으므로 X의 분자식은 AB_2이다.

ㄴ : 생성물의 전체 양(mol)은 반응물의 전체 양(mol)보다 작으므로 온도와 압력이 일정할 때 반응 후 기체의 부피가 감소한다. 이때 질량은 일정하므로 $\frac{\text{반응 후 기체의 밀도}}{\text{반응 전 기체의 밀도}}$>1이다.

ㄷ : X $4w$ g의 부피는 12 L이고, B_2 w g의 부피는 6 L이므로 분자량의 비는 X : B_2=2 : 1이다. X의 분자식은 AB_2이므로 원자량의 비는 A : B =2 : 1이다.

11

(가)에서 0.1 M NaOH 수용액 100 mL에는 NaOH 0.1 M×0.1 L=0.01몰이 녹아 있고, 추가로 넣은 0.5 M NaOH 수용액 10 mL에는 NaOH 0.5 M×0.01 L=0.005몰이 녹아 있다.

ㄱ : (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.01몰이고 NaOH의 화학식량이 40이므로 녹아 있는 NaOH의 질량은 0.4 g이다.

ㄴ : 혼합 용액의 전체 부피는 110 mL이고 녹아 있는 NaOH의 양은 0.015몰이므로, 몰 농도는 $\frac{0.015\text{ mol}}{\frac{110}{1000}\text{ L}}=\frac{3}{22}$ M로 0.15 M보다 작다.

ㄷ : (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.01몰이고, (나)에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.015몰이다. 따라서 녹아 있는 NaOH의 양은 (나)가 (가)의 $\frac{0.015}{0.01}=\frac{15}{10}=\frac{3}{2}$(배)이다.

12

ㄱ : (가)에는 NaCl $0.1x$몰이 녹아 있으며, 물을 증발시켜 수용액의 부피가 50 mL가 된 용액 (나)의 몰 농도는 (가)의 2배가 된다.

ㄴ : (가)에는 $0.1x$몰의 염화 나트륨이 녹아 있고, 여기에 염화 나트륨 $\frac{x}{5}$몰을 더 녹이면, 녹아 있는 염화 나트륨의 전체 양은 $0.3x$몰이 되며 용액의 부피가 변함이 없다면 몰 농도는 $\frac{0.3x\text{몰}}{0.1\text{ L}}=3x$ M이다. 따라서 (나)의 몰 농도 $2x$ M과 같지 않다.

ㄷ : (나)에서 NaCl 수용액의 몰 농도는 $2x$ M이며, 증류수를 가해 전체 부피를 200 mL로 하면 수용액의 몰 농도는 $\frac{x}{2}$ M이 되어 (나)의 $\frac{1}{4}$이 된다.

서답형 문제

본문 023쪽

01 (1) 23 g (2) 33.6 L (3) 9.03×10^{23}

02 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 **03** (1) (나), (다) (2) $\frac{1000w}{W\cdot V_2}$

04 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

05 (1) 부피 플라스크 (2) 2 g **06** (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01

0 ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 생성된 이산화 탄소의 양은 1몰이다.

(1) 생성된 이산화 탄소가 1몰이므로 반응한 에탄올은 0.5몰이다. 에탄올의 분자량이 46이므로 반응한 에탄올의 질량은 23 g이다.

(2) 반응한 산소의 양은 1.5몰이므로 0 ℃, 1기압에서 반응한 산소의 부피는 1.5몰×22.4 L/몰=33.6 L이다.

(3) 생성된 물의 양은 1.5몰이므로 생성된 물 분자 수는 $1.5\times6.02\times10^{23}=9.03\times10^{23}$이다.

02

(가)에서 반응 전과 후의 질량 차이는 133.7 g−133.26 g=0.44 g이다.
(나)에서 반응 전과 후의 질량 차이는 135.7 g−134.38 g=1.32 g이다.
(다)에서 반응 전과 후의 질량 차이는 137.7 g−136.38 g=1.32 g이다.
탄산 칼슘과 묽은 염산의 반응으로 생성되는 X는 CO_2이며 (가)에서 0.44 g, (나)와 (다)에서 1.32 g이 생성된다.

(1) 모범답안 (가)에서 탄산 칼슘 1.0 g이 반응하여 X 0.44 g이 생성되며, 반응 몰비는 $CaCO_3$: X=1 : 1이다. X의 분자량을 x라고 하면 $\frac{1}{100}=\frac{0.44}{x}$에서 $x=44$이다.

채점 기준	배점
실험 결과를 이용하여 X의 분자량을 구하는 과정과 그 값을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
실험 결과를 이용하여 X의 분자량을 구하는 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	30 %

(2) 모범답안 (다)에서 생성된 X의 양은 0.03몰이며 반응 전 $CaCO_3$의 양이 0.05몰이므로, 반응한 $CaCO_3$의 양(mol)은 반응 전 $CaCO_3$의 양(mol)의 $\frac{3}{5}$이다.

채점 기준	배점
탄산 칼슘의 반응 전과 반응한 양(mol)을 구하는 과정과 결과를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
탄산 칼슘의 반응 전과 반응한 양을 구하는 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	30 %

03

(1) X 수용액의 몰 농도를 구하기 위해서는 용액의 부피와 용질의 양(mol)을 알아야 하며, 질량이 w g인 용질 X의 양(mol)은 질량을 분자량으로 나누어서 구할 수 있다. 따라서 X 수용액의 몰 농도를 구하기 위해서는 X의 질량 이외에 용액의 부피와 X의 분자량을 알아야 한다.

(2) 몰 농도는 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)이므로 X w g이 녹아 있는 수용액의 몰 농도는 다음과 같다.

$$\frac{\text{X의 양(mol)}}{\text{수용액의 부피(L)}}=\frac{\frac{w}{W}}{\frac{V_2}{1000}}=\frac{1000w}{W\cdot V_2}$$

04

반응이 진행됨에 따라 반응물인 A의 양(mol)은 감소하고 생성물인 C의 양(mol)은 증가한다. A 2몰이 완전히 분해되면 B 2몰과 C 1몰이 생성된다.

(1) 모범답안 반응 몰비는 A : B : C=2 : 2 : 1이므로 화학 반응식은 2A ⟶ 2B+C이며, $x=2$이고, $y=1$이다.

채점 기준	배점
반응 몰비를 구하여 반응 계수를 구하는 과정과 그 값을 옳게 서술한 경우	100 %
반응 계수만 옳게 구하고, 그 과정을 서술하지 않은 경우	50 %

(2) 모범답안 B의 양(mol)이 b인 지점에서 A와 C의 양(mol)이 각각 a이므로 양적 관계는 다음과 같다.

	2A	⟶	2B	+	C
반응 전(몰)	2				
반응(몰)	$-(2-a)$		$+b$		$+a$
반응 후(몰)	a		b		a

반응 몰비는 A : B : C=2 : 2 : 1이므로 A와 C에서 $(2-a):a=2:1$이므로 $a=\frac{2}{3}$이다. A와 B에서 $2-a=b$이므로 $b=\frac{4}{3}$이다.

채점 기준	배점
b의 값을 구하는 과정과 그 결과를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
b의 값을 구하는 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	30 %

(3) 모범답안 반응 몰비는 A : B : C=2 : 2 : 1, 질량비는 A : B : C=5 : 4 : 1이다. 따라서 분자량의 비는 $A:B:C=\frac{5}{2}:\frac{4}{2}:\frac{1}{1}=5:4:2$이다.

채점 기준	배점
분자량의 비를 구하는 과정과 그 결과를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
분자량의 비를 구하는 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	30 %

05

(1) 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 500 mL를 만들 때 500 mL 부피 플라스크를 이용한다.

(2) 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 500 mL에 포함된 NaOH의 양(mol)은 0.1 M×0.5 L=0.05몰이다. NaOH의 화학식량이 40이므로 NaOH의 질량(x)=0.05 mol×40 g/mol=2 g이다.

06

(1) 모범답안 수산화 나트륨의 화학식량이 40이므로 8.0 g은 $\frac{8.0\text{ g}}{40\text{ g/mol}}=\frac{1}{5}$ mol이며, (가)와 (나)의 과정에서 만든 수산화 나트륨 수용액의 몰 농도는 $\frac{\frac{1}{5}\text{ mol}}{1\text{ L}}=0.2$ M이다.

채점 기준	배점
수산화 나트륨 수용액의 몰 농도를 구하는 과정과 결과를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
수산화 나트륨 수용액의 몰 농도를 구하는 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	30 %

(2) 모범답안 0.2 M 수산화 나트륨 수용액 100 mL에 녹아 있는 수산화 나트륨의 양(mol)은 0.2 M×0.1 L=0.02몰이다. 증류수를 더 넣어 용액의 전체 부피가 200 mL가 되었으므로 묽힌 수산화 나트륨 수용액

의 몰 농도는 $\frac{0.02\ \text{mol}}{0.2\ \text{L}}=0.1\ \text{M}$이다.

채점 기준	배점
묽힌 수산화 나트륨 수용액의 몰 농도를 구하는 과정과 결과를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
묽힌 수산화 나트륨 수용액의 몰 농도를 구하는 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	30 %

본문 024~029쪽

대단원 종합 문제 Ⅰ. 화학의 첫걸음

01 ④	02 ⑤	03 ③	04 ④	05 ⑤
06 ③	07 ⑤	08 ②	09 ⑤	10 ②
11 ④	12 ③	13 ⑤	14 ②	15 ⑤
16 ②	17 ③	18 ⑤		

고난도 문제

19 ⑤	20 ②	21 ③	22 ⑤	23 ③
24 ④	25 ③	26 ②		

01

~~ㄱ~~이 : 아스피린은 최초의 합성 의약품으로, 버드나무 껍질에서 추출한 살리실산으로부터 합성한 아세틸 살리실산의 상품명이다. 진통과 해열 작용이 뛰어나다.

ㄴ래 : 인구의 급격한 증가로 인해 천연 비료에 의존하던 농업이 한계에 이르면서 식량 문제가 발생하였다. 암모니아를 대량 합성하여 화학 비료를 대량 생산하게 되고, 살충제와 제초제가 개발되어 사용되면서 잡초와 해충의 피해를 줄일 수 있게 되어 농업 생산량이 증대되었다.

ㄷ엽 : 나일론, 폴리에스터, 폴리아크릴 등의 합성 섬유는 석탄과 석유 등의 화석 연료를 원료로 하여 생산되며, 질기고 값이 싸며 대량 생산이 쉬워 의류 문제 해결에 기여하게 되었다.

02

X는 프로페인($CH_3CH_2CH_3$)으로, 탄소와 수소로만 이루어진 화합물이므로 탄화수소이며, 탄소 원자 사이의 결합이 모두 단일 결합이다.

ㄱ : X의 분자식은 C_3H_8이므로 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}=\frac{8}{3}$이다.

ㄴ : X에서 수소 원자 3개와 결합한 탄소 원자는 양쪽 끝에 결합되어 있는 2개의 탄소이다.

ㄷ : X의 분자식이 C_3H_8이므로 완전 연소 반응식은 다음과 같다.

$$C_3H_8+5O_2 \longrightarrow 3CO_2+4H_2O$$

따라서 X 1몰이 완전 연소될 때 O_2 5몰이 반응한다.

03

ㄱ : X는 탄소(C) 원자 3개, 수소(H) 원자 6개, 산소(O) 원자 1개로 이루어져 있으므로 분자식이 C_3H_6O이다.

ㄴ : X는 C, H, O로 이루어진 화합물이므로 완전 연소되면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성된다.

~~ㄷ~~ : X의 분자식이 C_3H_6O이므로 X 0.5몰에 포함된 탄소(C)는 1.5몰이고 18 g이다.

04

~~①~~ : 메테인이며, 정사면체 중심의 C 원자에 4개의 H 원자가 결합하고 있어 화학식은 CH_4이다. 액화 천연 가스의 주성분이다.

~~②~~ : 에탄올이며, 화학식은 CH_3CH_2OH이다. 술의 주성분이고 소독용 알코올, 용매, 연료로 사용된다.

~~③~~ : 아세트산이며, 화학식은 CH_3COOH이다. 식초의 성분이고 물에 녹으면 산성을 나타내며, 의약품, 염료의 원료이다.

④ : 폼알데하이드이며, 탄소 화합물 중 C 원자 1개에 H 원자 2개와 O 원자 1개가 결합된 구조로 화학식은 HCHO이다. 접착제의 원료로 이용되고 새집 증후군의 원인 물질이다.

~~⑤~~ : 아세톤이며, C 원자 3개로 이루어져 있고, 가운데 C 원자에 O 원자 1개가 2중 결합을 이루고 있어 화학식은 CH_3COCH_3이다. 특유의 냄새가 나며 매니큐어 제거제 등의 용매로 사용된다.

05

0 ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 NH_3 5.6 L는 0.25몰이다. H_2O의 분자량이 18이므로 H_2O 9 g은 0.5몰이다. H_2 분자 6.02×10^{23}개는 H_2 분자 1몰이다.

(가)~(라)의 1분자당 원자 수는 각각 4, 3, 2, 5이므로 (가) $0.25\times4=1$, (나) $0.5\times3=1.5$, (다) $1\times2=2$, (라) $0.5\times5=2.5$로 전체 원자 수는 (라)>(다)>(나)>(가)이다.

06

ㄱ : 온도와 압력이 같을 때 같은 부피의 용기에 같은 수의 기체 분자가 들어 있으므로 기체 분자 수는 (가)와 (나)가 같다.

~~ㄴ~~ : (가)에는 O_2 0.5몰이 들어 있으므로 O 원자는 1몰이 들어 있다. (나)에는 CO_2 0.5몰이 들어 있으므로 O 원자는 1몰이 들어 있다. 따라서 O 원자 수는 (가)와 (나)가 같다.

ㄷ : 두 기체의 양(mol)이 같으므로 기체의 질량은 분자량이 큰 CO_2가 O_2보다 크다. 즉, (나)가 (가)보다 크다.

07

탄화수소 X(g) 7 g의 부피가 4 L이며, 기체 1몰의 부피는 24 L이므로 X(g) 7 g은 $\frac{1}{6}$몰이다. 따라서 X(g)의 분자량은 42이다. X(g) 1분자를 구성하는 C 원자 수를 m, H 원자 수를 n이라고 하면 $12m+n=42$이며, X의 가능한 분자식은 C_3H_6이다.

탄화수소 Y(g)에서 성분 원소의 질량비가 C : H=3 : 1이므로 Y(g)에서 원자 수비는 $C:H=\frac{3}{12}:\frac{1}{1}=1:4$이며 Y($g$)의 분자식은 CH_4이다.

ㄱ : Y(g) w g에 의해 증가한 부피가 36 L이므로 Y(g) w g은 $\frac{36\ \text{L}}{24\ \text{L/mol}}=1.5$몰이며, CH_4의 분자량이 16이므로 $w=24$이다.

ㄴ : Z(g) w g에 의해 증가한 부피는 19.2 L이므로 Z(g) w g은 $\frac{19.2\ \text{L}}{24\ \text{L/mol}}=0.8$몰이다. w는 24이므로 Z의 분자량은 $\frac{24\ \text{g}}{0.8\ \text{mol}}=30(\text{g/mol})$이며, Z의 분자식은 C_2H_6이다.

ㄷ : X의 분자식은 C_3H_6이고, Z의 분자식은 C_2H_6이다. 탄소(C)의 질량 백분율의 비는 $X:Z=\frac{36}{42}:\frac{24}{30}=15:14$이므로 X가 Z보다 크다.

08

일정량의 A와 결합한 B의 원자 수비는 (가) : (나) : (다)$=4:2:1$이다. (가)~(다)에서 1분자당 원자 수가 3 이하이므로 분자식은 (가)가 AB_2, (나)가 AB, (다)가 A_2B이다.

~~ㄱ~~ : 1분자당 원자 수는 (가)가 3, (나)가 2로 서로 다르다.

~~ㄴ~~ : 1분자에 들어 있는 A 원자 수는 (가)가 1, (다)가 2이므로 (가) : (다)$=1:2$이다.

ㄷ : 원자량의 비가 A : B$=7:8$이므로 분자량의 비는 (나) : (다)$=15:22$이며, 1분자당 원자 수는 (나)가 2, (다)가 3이다. 따라서 1 g에 들어 있는 원자 수비는 (나) : (다)$=\frac{2}{15}:\frac{3}{22}=44:45$이다.

09

탄화수소의 분자식이 C_mH_n이면 1몰이 완전 연소되어 CO_2 m몰과 H_2O $\frac{n}{2}$몰이 생성된다. $\frac{H_2O\text{의 양(mol)}}{CO_2\text{의 양(mol)}}=2$인 (가)에서 원자 수비는 C : H$=1:4$이고 1분자당 탄소 수가 1이므로 (가)의 분자식은 CH_4이다.

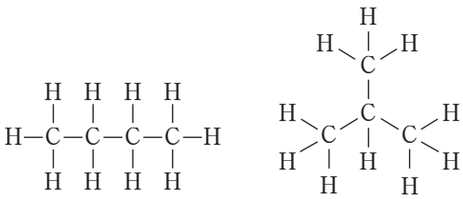
$\frac{H_2O\text{의 양(mol)}}{CO_2\text{의 양(mol)}}=\frac{1}{2}$인 (나)에서 원자 수비는 C : H$=1:1$이고 1분자당 탄소 수가 2이므로 (나)의 분자식은 C_2H_2이다. $\frac{H_2O\text{의 양(mol)}}{CO_2\text{의 양(mol)}}=\frac{5}{4}$인 (다)에서 원자 수비는 C : H$=2:5$이고 1분자당 탄소 수가 4이므로 (다)의 분자식은 C_4H_{10}이다.

ㄱ : (가)는 탄소 원자 1개에 4개의 수소 원자가 결합한 구조를 가지며 분자식이 CH_4이다.

ㄴ : (나)는 분자식이 C_2H_2이고 탄소 원자 사이의 결합은 3중 결합이다.

H−C≡C−H

ㄷ : (다)는 분자식이 C_4H_{10}이므로 다음과 같이 2가지 서로 다른 구조를 갖는 분자가 존재한다.



10

(가), (나), (다)에서 전체 부피가 가장 작은 (다)와 비교하여 (가)는 B_2의 부피가 (다)보다 20 mL 많은데 전체 부피도 20 mL 많으며, (나)는 B_2의 부피가 (다)보다 10 mL 많은데 전체 부피도 10 mL 많다. 따라서 (가), (나), (다)에서 생성된 X의 부피는 20 mL로 같으며, 반응 부피비는 $A_2:B_2:X=1:3:2$임을 알 수 있다.

~~ㄱ~~ : 화학 반응식이 $A_2(g)+3B_2(g) \longrightarrow 2X(g)$이며, 반응 전과 후의 원자의 종류와 수가 같으므로 X의 분자식은 AB_3이고 4원자 분자이다.

ㄴ : (라)에서 A_2 10 mL가 B_2 30 mL와 반응하여 기체 X 20 mL를 생성하므로 생성된 X의 질량은 (가)와 (라)가 같다.

~~ㄷ~~ : (나)에는 반응하지 않은 B_2 10 mL가 남아 있고, (마)에는 반응하지 않은 A_2 20 mL가 남아 있다. 이 두 기체를 반응시키면 B_2는 모두 반응하며, A_2는 $\frac{10}{3}$ mL가 반응하고 $\frac{50}{3}$ mL는 남는다.

11

X는 2원자 분자이므로 분자식이 AB이고 Z는 3원자 분자이므로 분자식이 AB_2 또는 A_2B이다.

기체의 분자량은 밀도(단위 부피당 질량)에 비례하므로 분자량의 비는 X : Y : Z$=\frac{1}{0.88}:\frac{1}{0.77}:\frac{1}{0.56}=7:8:11$이다.

A의 원자량을 x, B의 원자량을 y라고 할 때 X의 분자량을 $7k$, Z의 분자량을 $11k$라고 하면

i) Z의 분자식이 AB_2인 경우 X와 Z에서 다음 관계식이 성립한다.

$x+y=7k$ …… ㉠　　$x+2y=11k$ …… ㉡

㉠과 ㉡에서 $x=3k$, $y=4k$이며 B의 원자량이 A의 원자량보다 크므로 주어진 조건을 만족한다.

ii) Z의 분자식이 A_2B인 경우 X와 Z에서 다음 관계식이 성립한다.

$x+y=7k$ …… ㉢　　$2x+y=11k$ …… ㉣

㉢과 ㉣에서 $x=4k$, $y=3k$이며 A의 원자량이 B의 원자량보다 크므로 주어진 조건을 만족하지 않는다. 따라서 Z의 분자식은 AB_2이다.

~~ㄱ~~ : $aX(g)+bY(g) \longrightarrow cZ(g)$에서 X의 분자식이 AB, Z의 분자식이 AB_2이므로 Y의 분자식은 B_2이다.

ㄴ : Y의 분자식은 B_2이므로 화학 반응식은 $2AB(g)+B_2(g) \longrightarrow 2AB_2(g)$이다. 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하고 반응 전과 후 질량의 총합은 같다. 반응 후 물질의 양(mol)이 반응 전보다 감소하므로 기체의 밀도는 반응 후가 반응 전보다 크며, $\frac{\text{반응 후 기체의 밀도}}{\text{반응 전 기체의 밀도}}>1$이다.

ㄷ : X의 분자식은 AB, 분자량은 $7k$이고, Z의 분자식은 AB_2, 분자량은 $11k$이므로 1 g 속의 B 원자 수비는 X : Z$=\frac{1}{7k}:\frac{2}{11k}=11:14$이다.

12

(가) → (나)에서 반응 전 기체의 양이 0.2몰 증가할 때 반응 후 기체의 양이 0.2몰 감소하고, (라) → (마)에서 반응 전 기체의 양이 0.2몰 증가할 때 반응 후 기체의 양이 0.2몰 증가했으므로 (가)와 (나)에서는 A(g)가 모두 반응하고, (라)와 (마)에서는 w g의 B(g)가 모두 반응했음을 알 수 있다. 화학 반응식의 계수 a와 c는 서로 같으므로 (마)에서 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 반응 전 A(g)의 양(mol)과 같다. w g의 B(g)의 양이 x몰이라면, (마)에서 반응 전 A(g)의 양은 1.2몰이므로 $2.4-x=1.2$에서 $x=1.2$(몰)이다.

ㄱ : (가)에서 반응 전 전체 기체의 양이 1.6몰이고, A(g)가 모두 반응하므로 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$aA(g)$	$+bB(g)$	$\longrightarrow cC(g)$
반응 전(몰)	0.4	1.2	
반응(몰)	-0.4	$-0.4\times\frac{b}{a}$	$+0.4$
반응 후(몰)	0	$1.2-0.4\times\frac{b}{a}$	0.4

반응 후 전체 기체의 양이 0.8몰이므로 $1.2-0.4\times\frac{b}{a}+0.4=0.8$에서 $0.4\times\frac{b}{a}=0.8$이므로 $\frac{b}{a}=2$이다. 따라서 화학 반응식의 계수는 $a=1$, $b=2$, $c=1$이며, $\frac{a+c}{b}=1$이다.

ㄱ : (가)~(라)에서 반응시킨 B(g)의 양(mol)을 x라고 하면 (라)에서 B(g)는 모두 반응하고, 반응한 A(g)와 생성된 C(g)의 양(mol)이 같으므로 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 처음 A(g)의 양(mol)과 같다. 따라서 $2.2-x=1.0$에서 반응시킨 B(g)의 양(mol)은 $x=1.2$(몰)이다. w g의 B(g)가 1.2몰이므로 B 1몰의 질량은 $\frac{w}{1.2}=\frac{5w}{6}$이고, B의 분자량은 $\frac{5w}{6}$이다.

ㄷ : (다)에서 반응 전 전체 기체의 양(mol)은 2.0몰이고, 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g)	+2B(g)	⟶ C(g)
반응 전(몰)	0.8	1.2	
반응(몰)	−0.6	−1.2	+0.6
반응 후(몰)	0.2	0	0.6

따라서 반응 후 $\frac{\text{C}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{0.6}{0.8}=\frac{3}{4}$이다.

13

ㄱ : (가)의 수용액은 100 mL의 용액에 NaOH 2 g이 녹아 있으므로 몰 농도는 $\frac{\frac{2}{40}\text{ mol}}{0.1\text{ L}}=0.5$ M이다.

ㄴ : (나)에서 온도를 80 ℃에서 25 ℃로 낮추어 용액의 부피가 감소했으며, (나)의 수용액에 증류수를 더 가해 (다)의 수용액을 만들었으므로 (나)의 농도는 (다)의 농도보다 크다. 수용액의 농도가 진할수록 용액의 밀도가 증가하므로 수용액의 밀도는 (나)가 (다)보다 크다.

ㄷ : (다)에서 용액의 부피를 (가)와 같이 맞췄으므로 (다)에서의 25 ℃ 수용액의 몰 농도는 (가)에서의 80 ℃ 수용액과 같다. 따라서 수용액 1 mL에 녹아 있는 NaOH의 질량은 (가)와 (다)가 같다.

14

(나)에서 A(g) 7 g이 모두 반응하여 C(g) 11 g이 생성되므로 반응한 B(g)의 질량은 4 g이다.

	2A(g)	+bB(g)	⟶ 2C(g)
처음 질량(g)	7	12	0
반응 질량(g)	−7	−4	+11
나중 질량(g)	0	8	11

(나)에서 $\frac{\text{C}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{1}{2}$이며, 반응 후 남은 기체는 B($g$)이므로 반응 후 기체의 몰비는 B($g$) : C($g$)=1 : 1이다. 따라서 반응 몰비는 B($g$) : C($g$)=1 : 2이고, $b=1$이다.

ㄴ : (다)에서 B(g) 8 g이 모두 반응하므로 C(g) 22 g이 생성된다.

	2A(g)	+bB(g)	⟶ 2C(g)
처음 질량(g)	w	8	11
반응 질량(g)	−14	−8	+22
나중 질량(g)	$w-14$	0	33

(다)에서 $\frac{\text{C}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{3}{4}$이며, 반응 후 남은 기체는 A($g$)이므로 반응 후 기체의 몰비는 A($g$) : C($g$)=1 : 3이다. 따라서 $\frac{w-14}{7}:\frac{33}{11}=1:3$에서 $w=21$이다.

ㄷ : 반응 질량비가 A(g) : B(g) : C(g)=7 : 4 : 11일 때 반응 몰비는 A(g) : B(g) : C(g)=2 : 1 : 2이므로 분자량의 비는 A : B : C=$\frac{7}{2}:\frac{4}{1}:\frac{11}{2}=7:8:11$이다.

ㄷ : (가)에서 반응 전 A(g) 28 g과 B(g) 12 g이 존재하며, 반응 후 A(g) 7 g이 남고 C(g) 33 g이 생성된다. 분자량의 비가 A : B : C=7 : 8 : 11이므로 기체 분자의 몰비는 (가)에서 반응 전 : (다)에서 반응 후=$\left(\frac{28}{7}+\frac{12}{8}\right):\left(\frac{7}{7}+\frac{33}{11}\right)=\frac{11}{2}:4=11:8$이다.

따라서 $\frac{\text{(다)에서 반응 후 기체 분자 수}}{\text{(가)에서 반응 전 기체 분자 수}}=\frac{8}{11}$이다.

15

실험 Ⅱ에서 X(g) 20 L가 모두 반응하여 Z(g) 20 L가 생성되므로 기체의 반응 몰비는 X : Z=1 : 1이다. 실험 Ⅰ에서 Z(g) 10 L가 생성되므로 반응한 기체는 X(g) 10 L와 Y(g) 5 L이다. 따라서 기체의 반응 몰비는 X : Y : Z=2 : 1 : 2이다.

실험 Ⅰ에서 반응 후 남은 기체는 X(g) 10 L이고 질량이 12.0 g이며, 실험 Ⅱ에서 반응 후 남은 기체는 Y(g) 10 L이고 질량이 12.8 g이다. 따라서 분자량의 비는 X : Y=12.0 : 12.8=15 : 16이다.

2원자 분자인 X의 분자식은 AB이고, 3원자 분자인 Z의 분자식은 A_2B 또는 AB_2이며, Y의 분자식은 A_2 또는 B_2이다. X와 Y의 분자량의 비가 15 : 16이고 원자량이 B>A이므로 Y는 B_2이며, Z는 AB_2이다.

ㄱ : 반응 몰비는 X(g) : Y(g) : Z(g)=2 : 1 : 2이므로 화학 반응식은 2X(g)+Y(g) ⟶ 2Z(g)이다.

ㄴ : 실험 Ⅰ에서 반응하지 않고 남은 기체 (가)는 X(g)이므로 분자식은 AB이다.

ㄷ : X와 Y의 반응 질량비는 X(g) : Y(g)=30 : 16이므로 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	2X(g)	+Y(g)	⟶ 2Z(g)
반응 전 질량(g)	w	w	
반응 질량(g)	$-w$	$-\frac{16}{30}w$	$+\frac{46}{30}w$
반응 후 질량(g)	0	$\frac{14}{30}w$	$\frac{46}{30}w$

같은 질량의 X(g)와 Y(g)를 반응시켰을 때, 반응 후 Y(g)가 남으며 $\frac{\text{반응하지 않고 남은 기체의 질량}}{\text{전체 기체의 질량}}=\frac{\frac{14}{30}w}{2w}=\frac{7}{30}$이다.

16

금속 M과 HCl의 반응으로 MCl_3와 H_2가 생성되며, 반응 전과 후에 원자의 종류와 개수가 같으므로 다음 관계식이 성립한다.

M 원자 수: $a=c$ …… ㉠
H 원자 수: $b=2d$ …… ㉡
Cl 원자 수: $b=3c$ …… ㉢

㉠~㉢에서 $a=1$이라면 $c=1$이고, $b=3$, $d=\frac{3}{2}$이다. 따라서 화학 반응식은 다음과 같다.

$$2\text{M}(s)+6\text{HCl}(aq) \longrightarrow 2\text{MCl}_3(aq)+3\text{H}_2(g)$$

ㄴ : M(s) 2몰과 HCl(aq) 6몰이 반응하여 MCl_3(aq) 2몰과 H_2(g)

3몰이 생성되므로 물질의 양(mol)은 반응 전보다 반응 후가 더 작다.

ㄴ: 기체 1몰의 부피가 24 L이므로 발생한 H_2의 양(mol)은 $\frac{48\times10^{-3}\,L}{24\,L/mol}=0.002$몰이다.

~~ㄷ~~: 반응 몰비는 M : H_2=2 : 3이며, M의 원자량을 x라고 하면, $\frac{w}{x}$: $\frac{2}{1000}$=2 : 3에서 $\frac{3w}{x}=\frac{1}{250}$이므로 M($s$)의 원자량 $x=750w$이다.

17

ㄱ: (가)에서 용질 X의 질량은 x g이고, X의 분자량이 100이므로 녹아 있는 용질 X의 양(mol)은 $\frac{x}{100}$(몰)이다. (나)에서 녹아 있는 용질 X의 양(mol)은 $\frac{x}{10}$ M×0.1 L=$\frac{x}{100}$(몰)이다. 따라서 녹아 있는 X의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같다.

~~ㄴ~~: (가)에서 용매의 질량은 (100−x) g이다. (나)는 용액의 밀도가 1.1 g/mL이므로 용액의 질량은 110 g이고, 녹아 있는 X가 $\frac{x}{100}$몰=x g이므로 용매의 질량은 (110−x) g이다. 따라서 용매의 질량은 (나)>(가)이다.

ㄷ: (가)와 (나)의 수용액을 혼합하면 용질 X의 양(mol)은 $\frac{x}{100}\times2=\frac{x}{50}$(mol)이며, 증류수를 가해 전체 부피를 2 L로 하면 몰 농도는 $\frac{\frac{x}{50}\,mol}{2\,L}=\frac{x}{100}$ M이다.

18

진한 염산을 필요한 양만큼 피펫으로 취하여 250 mL 부피 플라스크에 넣고 증류수를 가해 표시선을 맞춰 주면 1.0 M 묽은 염산(HCl) 250 mL를 만들 수 있다.

⑤ 필요한 진한 염산의 부피 x mL의 질량은 부피에 밀도를 곱하여 구할 수 있고, 진한 염산의 질량 퍼센트 농도가 36.5 %이므로 진한 염산 x mL에 포함된 HCl의 질량은 $1.25x\times\frac{36.5}{100}$이다. 1.0 M 묽은 염산 250 mL에 포함된 HCl는 0.25몰이고 HCl의 분자량이 36.5이므로 묽은 염산에서 HCl의 질량은 $\left(36.5\times\frac{25}{100}\right)$ g이다.

진한 염산과 묽은 염산에서 포함된 HCl의 질량이 같으므로 $1.25x\times\frac{36.5}{100}=36.5\times\frac{25}{100}$에서 $x=\frac{25}{1.25}=20$(mL)이다.

19

H 원자 2개와 결합한 탄소 수는 구조식 순서대로 3, 1, 1이다. (나)는 H 원자 2개와 결합한 탄소 수가 (가)와 같고 탄소 원자 사이의 결합이 모두 단일 결합인 포화 탄화수소이므로 (나)는 분자식이 C_3H_8이고, (다)는 고리 모양 포화 탄화수소인 C_3H_6이며, (가)는 사슬 모양이고 탄소 원자 사이에 2중 결합이 포함된 탄화수소인 C_3H_6이다.

ㄱ: (가)와 (다)는 분자식이 C_3H_6으로 같다.

ㄴ: $\frac{수소\ 수}{탄소\ 수}$는 (나)가 $\frac{8}{3}$이고 (다)가 2이므로 (나)>(다)이다.

ㄷ: (다)는 고리 모양 포화 탄화수소인 C_3H_6이다.

20

(가)는 단일 결합만 있는 고리 모양 포화 탄화수소이므로 분자식이 C_5H_{10}이다.

(나)는 3중 결합이 포함되어 있으므로 분자식이 C_5H_8이다.

(다)는 2중 결합이 포함되어 있고 고리 모양 탄화수소이므로 분자식이 C_5H_8이다.

(라)는 탄소 원자 사이의 결합이 모두 단일 결합인 사슬 모양 포화 탄화수소이므로 분자식이 C_5H_{12}이다.

~~ㄱ~~: (가)는 고리 모양 포화 탄화수소이므로 분자식이 C_5H_{10}이다.

~~ㄴ~~: (나)와 (다)는 분자식이 C_5H_8로 같으며 $\frac{수소\ 수}{탄소\ 수}=\frac{8}{5}$로 2보다 작다.

ㄷ: 1분자에 들어 있는 수소 원자 수가 가장 큰 것은 사슬 모양 포화 탄화수소인 (라)의 C_5H_{12}이다.

21

주어진 조건에서 ㉠과 X_2는 $\frac{1}{20}$몰이고, ㉡은 $\frac{1}{10}$몰이다. 같은 부피의 질량은 ㉠이 X_2의 $\frac{3}{2}$이고, X_2의 분자량은 ㉡의 2배이다. ㉡은 1몰의 질량이 16 g이므로 분자량이 16이며, X_2의 분자량은 32, ㉠의 분자량은 48이다.

ㄱ: ㉠과 ㉡은 각각 X_l과 C_mH_n이며, l=3이고, m=1, n=4이다. 따라서 $l+m+n=3+1+4=8$이다.

ㄴ: ㉠과 ㉡의 몰비는 1 : 2이고, ㉠은 3원자 분자, ㉡은 5원자 분자이므로 전체 원자 수비는 ㉠ : ㉡=3 : 10이다.

~~ㄷ~~: 분자량비가 X_2 : X_l : C_mH_n=32 : 48 : 16이므로 같은 질량에 들어 있는 분자 수비는 X_2 : X_l : C_mH_n=$\frac{1}{32}$: $\frac{1}{48}$: $\frac{1}{16}$=3 : 2 : 6이다.

22

탄화수소 C_mH_n 1몰이 완전 연소될 때 CO_2 m몰과 H_2O $\frac{n}{2}$몰이 생성되므로 완전 연소 반응식은 다음과 같다.

$$C_mH_n(g)+\left(m+\frac{n}{4}\right)O_2(g)\longrightarrow mCO_2(g)+\frac{n}{2}H_2O(l)$$

ㄱ: C_mH_n x g이 완전 연소되어 CO_2 3.3x g이 생성되므로 C_mH_n x g에 포함된 탄소(C)의 질량은 $3.3x\times\frac{12}{44}=0.9x$ g이고 수소(H)의 질량은 (x−0.9x)=0.1x g이다. 따라서 원자 수비는 C : H=$\frac{0.9x}{12}$: $\frac{0.1x}{1}$=3 : 4이다. 따라서 m=3, n=4이므로 $m+n$=7이고, 탄화수소의 분자식은 C_3H_4이다.

ㄴ: C_3H_4의 완전 연소 반응식은 다음과 같다.

$$C_3H_4(g)+4O_2(g)\longrightarrow 3CO_2(g)+2H_2O(l)$$

따라서 1몰의 C_3H_4과 반응하는 산소(O_2)는 4몰이다.

ㄷ: C_3H_4의 분자량은 40, O_2의 분자량은 32이므로 반응 질량비는 40 : 4×32=5 : 16이다. C_mH_n x g이 완전 연소될 때 반응하는 O_2의 질량은 $\frac{16}{5}x$ g이고, 반응 후 남아 있는 O_2의 질량은 $\left(4x-\frac{16}{5}x\right)$ g=$\frac{4x}{5}$ g=0.8x g이다.

23

1 g당 원자 수비가 A : B : C=24 : 28 : 21이므로 원자량의 비는 A :

B : C$=\frac{1}{24}:\frac{1}{28}:\frac{1}{21}=7:6:8$이다.

ㄱ : B의 원자량이 12이므로 A의 원자량은 14, C의 원자량은 16이다. 만약 (가)의 분자식이 A_2C이면 분자량은 44, 분자식이 AC_2이면 분자량은 46이고, (나)의 분자식이 B_2C이면 분자량은 40, 분자식이 BC_2이면 분자량은 44이다. 그런데 (가)와 (나)의 분자량이 같으므로 (가)는 A_2C, (나)는 BC_2이다. 따라서 1분자당 C 원자 수비는 (가) : (나)$=1:2$이다.

ㄴ : A의 원자량이 14이므로 A 원자 1개의 질량은 $\frac{14}{N_A}$이다. 그런데 (가) 분자 1개의 질량이 w g이므로 $w=\frac{44}{N_A}$이고 $N_A=\frac{44}{w}$이다. 따라서 A 원자 1개의 질량은 $\frac{14}{N_A}=\frac{7}{22}w$(g)이다.

~~ㄷ~~ : (나)의 분자식이 BC_2이고 분자량은 44이다. (나) 1몰에 들어 있는 분자 수는 아보가드로수(N_A)와 같으며, $N_A=\frac{44}{w}$이다.

24

(가)에서 A_2가 모두 반응하며, 반응 전 B_2의 양(mol)과 반응 후 전체 기체의 양(mol)이 같은 것으로 보아 B_2와 X의 반응 계수가 같으며 $b=2$이다. (가)에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$aA_2(g)+2B_2(g) \longrightarrow 2X(g)$$

반응 전(몰)	1	4	0
반응(몰)	-1	-2	$+2$
반응 후(몰)	0	2	2

따라서 반응 계수 $a=1$이다.

~~ㄱ~~ : 화학 반응식이 $A_2(g)+2B_2(g) \longrightarrow 2X(g)$이므로 X의 분자식은 AB_2이며, X는 3원자 분자이다.

ㄴ : (나)에서 반응 후 A_2 0.5몰이 남고, X 3몰이 생성된다.

(다)에서 반응 전 B_2의 양(mol)을 x라고 하면 반응 전과 후의 양적 관계가 다음과 같다.

i) A_2가 모두 반응한다면

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

반응 전(몰)	3	x	0
반응(몰)	-3	-6	$+6$
반응 후(몰)	0	$x-6$	6

이 경우 반응 후 전체 기체의 양(mol)이 4몰이므로 $x=4$가 되어야 하며, 이는 타당하지 않다.

ii) B_2가 모두 반응한다면

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

반응 전(몰)	3	x	0
반응(몰)	$-\frac{x}{2}$	$-x$	$+x$
반응 후(몰)	$3-\frac{x}{2}$	0	x

따라서 $3-\frac{x}{2}+x=4$에서 $x=2$이다. 이 경우 반응 후 A_2 2몰이 남고, X 2몰이 생성되어 반응 후 전체 기체의 양(mol)이 4몰이므로 타당하다.

따라서 $\frac{X(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$은 (나)가 $\frac{6}{7}$이고 (다)가 $\frac{1}{2}$이므로 (나)가 (다)의 $\frac{12}{7}$배이다.

ㄷ : 반응 전 몰비가 $A_2:B_2=1:1$일 때 A_2와 B_2의 양(mol)을 각각 y라고 하면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(몰)	y	y	0
반응(몰)	$-\frac{y}{2}$	$-y$	$+y$
반응 후(몰)	$\frac{y}{2}$	0	y

온도가 일정할 때 일정한 부피의 용기의 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. 반응 전 기체의 양(mol)은 $2y$, 반응 후 기체의 양(mol)은 $\frac{3y}{2}$이므로 전체 기체의 양(mol)은 반응 후가 반응 전의 $\frac{3}{4}$배이다.

25

(나)에서 1 M NaOH 수용액 500 mL에 포함된 NaOH은 0.5몰이고 NaOH의 화학식량이 40이므로 필요한 NaOH의 질량은 0.5몰$\times$40 g/몰$=20$ g이다.

ㄱ : (가)에서 NaOH 0.1x g을 녹였으므로 $0.1x=20$이고 $x=200$이다.

~~ㄴ~~ : (가)에서 NaOH의 질량은 20 g이고 물의 질량은 $200-20=180$ g이다. NaOH의 화학식량은 40, H_2O의 분자량은 18이므로 NaOH의 양(mol)은 0.5몰이고 H_2O의 양(mol)은 10몰이다.

따라서 $\frac{\text{NaOH의 양(mol)}}{\text{용액 전체의 양(mol)}}=\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}+10}=\frac{1}{21}$이다.

ㄷ : (나)에서 수용액의 밀도는 d g/mL이므로 수용액 500 mL의 질량은 $500d$ g이다. 희석시키기 전 NaOH 수용액이 200 g이므로 (가) → (나)에서 더 넣어 준 증류수의 질량은 $(500d-200)$ g이다.

26

~~ㄱ~~ : 진한 황산을 필요한 부피만큼 취한 후 증류수를 가하여 1 M의 황산 용액을 만들 때 일정한 부피의 부피 플라스크를 이용한다.

~~ㄴ~~ : 진한 황산 1 L가 있다면 용액의 전체 질량은 용액의 밀도와 부피를 곱하여 구할 수 있으므로 d g/mL$\times$1000 mL$=1000d$ g이다. 진한 황산의 퍼센트 농도가 a %이므로 진한 황산 1 L에 포함된 H_2SO_4의 질량은 $1000d\times\frac{a}{100}=10ad$ g이고, H_2SO_4의 분자량이 C이므로 진한 황산 1 L에 포함된 H_2SO_4의 양(mol)은 $\frac{10ad}{C}$이다. 따라서 진한 황산의 몰농도는 $\frac{10ad}{C}$(M)이다.

ㄷ : 1 M 황산(H_2SO_4) 용액 1 L에 포함된 H_2SO_4의 양(mol)은 1몰이다. H_2SO_4의 분자량이 C이므로 부피 플라스크에 C g의 H_2SO_4을 넣어 녹여야 한다. 진한 황산의 농도가 a %이고 밀도가 d g/mL이므로 필요한 진한 황산의 부피를 x mL라고 하면 여기에 들어 있는 H_2SO_4의 질량은 $xd\times\frac{a}{100}=\frac{axd}{100}$(g)이다. 따라서 $C=\frac{axd}{100}$이며, 필요한 진한 황산의 부피 $x=\frac{100C}{ad}$(mL)이다.

Ⅱ. 원자의 세계

04 원자의 구조

핵심 개념 체크 본문 030~031쪽

1 (1)-㉡ (2)-㉢ (3)-㉠ **2** (1) ○ (2) ○
3 원자핵 **4** 음극선관 **5** 중성자
6 (1)-㉡ (2)-㉢ (3)-㉠ **7** (1) ○ (2) × (3) ×
8 6, 6, 12 **9** 동위 원소
10 평균 원자량 **11** 양성자수, 중성 원자의 전자 수

출제 예상 문제 본문 032~034쪽

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

01
㉠ : 음극선의 진로에 전기장을 걸어 줄 때 음극선의 경로가 (+)극 쪽으로 휘어지는 것을 통해, 음극선이 (−)전하를 띠는 입자의 흐름이라는 것을 알 수 있다.
~~ㄴ~~ : 음극선의 진행 경로에 가벼운 질량을 갖는 물체를 놓으면 그 물체의 움직임을 통해 음극선이 일정한 질량을 가진 입자라는 것을 알 수 있다. 주어진 실험으로는 음극선이 질량을 가진 입자의 흐름이라는 것을 알 수 없다.
~~ㄷ~~ : 실험으로부터 전자의 원운동은 확인할 수 없다.

02
㉠ : (가)와 (나)는 양성자수가 1로 같고 중성자수가 다르므로 수소의 동위 원소이고, (다)와 (라)는 양성자수가 2로 같고 중성자수가 다르므로 헬륨의 동위 원소이다.
㉡ : 질량수=양성자수+중성자수이므로 질량수는 (나)와 (다)가 3으로 같다.
㉢ : 중성 원자는 양성자수와 전자 수가 같으므로 중성 원자를 형성하기 위해 필요한 전자 수는 (다)와 (라)가 2로 같다.

03
㉠ : 러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 원자 중심에 부피가 매우 작고 원자 질량의 대부분을 차지하는 부분이 있음을 알 수 있는데, 이를 원자핵이라고 한다.
㉡ : 실험에서 (+)전하를 띠는 알파(α) 입자가 휘어져 통과하거나 튕겨 나오는 것으로 보아 원자핵은 (+)전하를 띤다는 것을 알 수 있다.
~~ㄷ~~ : 알파(α) 입자가 금박 속 금 원자핵과 충돌 후 산란되므로 알파(α) 입자는 질량이 작음을 알 수 있다.

04
$\frac{\text{질량수}}{\text{전자 수}}=\frac{\text{양성자수+중성자수}}{\text{전자 수}}=\frac{\text{전자 수+중성자수}}{\text{전자 수}}$이므로 X는 $^{16}_{8}O$, Y는 $^{14}_{7}N$, Z는 $^{18}_{8}O$이다.
㉠ : 전자 수는 X가 8, Y가 7로 X>Y이다.
㉡ : 양성자수는 Z가 8, Y가 7로 Z>Y이다.
㉢ : X와 Z는 양성자수가 8로 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다.

05
(가) 1897년 톰슨이 음극선관 실험을 통해 (−)전하를 띠는 입자인 전자의 존재를 발견하였다.
(다) 1911년 러더퍼드가 알파(α) 입자를 금박에 충돌시켜 원자의 대부분이 빈 공간이고 원자 중심에 부피가 매우 작고 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 존재함을 확인하였다.
(나) 1932년 채드윅은 베릴륨(Be)에 알파(α) 입자를 충돌시킨 실험을 통해 원자핵의 구성 입자 중 전하를 띠지 않는 입자인 중성자를 발견하였다.

06
a는 전자, b는 양성자, c는 중성자이다.
㉠ : 전자는 (−)전하를 띤다.
㉡ : b(양성자)와 c(중성자)는 원자핵을 구성하는 입자로 질량이 서로 비슷한 반면, a(전자)는 이들에 비해 질량이 무시할 정도로 작다.
㉢ : 전자는 1897년 톰슨이, 중성자는 1932년 채드윅이 발견했으므로 a가 c보다 먼저 발견되었다.

07
㉠ : 상대적 전하가 0인 ㉡은 전하를 띠지 않는 중성자이고, 중성자와 질량이 비슷한 ㉠은 양성자이며, 상대적 질량이 매우 작은 ㉢은 전자이다.
~~ㄴ~~ : 원자핵을 구성하는 입자는 양성자(㉠)와 중성자(㉡)이다.
㉢ : 양성자는 (+)전하를 띠고, 전자는 (−)전하를 띠며, 양성자와 전자는 전하량의 크기는 서로 같고 부호는 반대이다. 따라서 a는 +1, b는 −1로 $a>b$이다.

08
동위 원소는 양성자수(원자 번호)는 같지만 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소로, 수소에는 중수소, 3중 수소 등의 동위 원소가 있다. 수소는 양성자수가 1, 중성자수가 0이고, 중수소는 양성자수가 1, 중성자수가 1이며, 3중 수소는 양성자수가 1, 중성자수가 2이다.
㉠ : 중수소에는 중성자가 1개 존재하고, 수소에는 중성자가 없다. 따라서 원자의 질량은 중성자가 존재하는 중수소가 중성자가 없는 수소보다 크다.
㉡ : 동위 원소는 양성자수와 전자 수가 같으므로 화학적 성질은 같지만, 질량수가 다르므로 물리적 성질은 다르다.
~~ㄷ~~ : 질량수는 양성자수와 중성자수를 더한 값이므로 질량수는 3중 수소가 수소보다 크다.

09
동위 원소는 양성자수가 같고 중성자수가 다른 원소이므로 b는 17이다. 질량수=양성자수+중성자수이므로 $a=17+18=35$, $c=37-17=20$이다. 따라서 $a+b+c=35+17+20=72$이다.

10
$a+b=100$이고 평균 원자량$=\frac{35\times a+37\times b}{100}=35.5$이다. 이 두 식을 연립하여 풀면 $a=75$, $b=25$이다. 따라서 $\frac{a}{b}=3$이다.

11

수소와 산소의 동위 원소의 원자량은 다음과 같다.

동위 원소	$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{16}_{8}O$	$^{18}_{8}O$
원자량	1	2	3	16	18

위의 동위 원소가 결합하여 만들 수 있는 H_2O 분자 중 분자량이 가장 작은 것은 18, 분자량이 가장 큰 것은 24이며, 총 7가지(18, 19, 20, 21, 22, 23, 24)의 분자량이 서로 다른 가짓수가 존재한다.

12

질량수는 양성자수와 중성자수를 더한 값이므로 질량수－중성자수의 값으로 양성자수를 구할 수 있다.

㉠ : 동위 원소는 양성자수는 같지만 질량수가 다른 원소이다. A의 양성자수＝79－44＝35, D의 양성자수＝81－46＝35이므로 A와 D는 양성자수가 같고 질량수가 다른 동위 원소이다.

~~ㄴ~~ : B의 양성자수＝35－18＝17이고, C의 양성자수＝11－6＝5이므로 B와 C는 양성자수가 다르다.

~~ㄷ~~ : E의 양성자수＝10－5＝5이고, F의 양성자수＝37－20＝17이므로 E와 F는 양성자수가 다르다. 즉, E와 F는 서로 다른 종류의 원소이므로 화학적 성질도 다르다.

13

~~ㄱ~~ : X의 양성자수는 1, Y의 양성자수는 2로 서로 다르므로 X와 Y는 동위 원소가 아니다.

㉡ : Y와 Z는 양성자수와 중성자수의 합이 각각 3으로 질량수가 같다.

~~ㄷ~~ : X와 Z는 양성자수가 같으므로 원자 번호가 같다.

14

원자 번호는 양성자수와 같고, 질량수는 양성자수와 중성자수를 더한 값이다.

~~ㄱ~~ : 양성자수는 ^{17}O가 8, ^{37}Cl가 17로, ^{37}Cl가 ^{17}O보다 크다.

㉡ : 질량수는 ^{18}O가 18, ^{13}C가 13으로, ^{18}O가 ^{13}C보다 크다.

~~ㄷ~~ : 중성자수는 ^{12}C가 6, ^{16}O가 8로, ^{16}O가 ^{12}C보다 크다.

서답형 문제

본문 035쪽

01 해설 참조 **02** 해설 참조
03 해설 참조 **04** 해설 참조
05 147.5

01

모범답안 (가)에서 음극선은 (－)전하를 띠는 입자의 흐름이라는 것을 알 수 있다. (나)에서 음극선은 직진하는 입자의 흐름이라는 것을 알 수 있다. (다)에서 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이라는 것을 알 수 있다.

채점 기준	배점
(가)~(다) 중 3가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(다) 중 2가지만 옳게 서술한 경우	70 %
(가)~(다) 중 1가지만 옳게 서술한 경우	30 %

02

원자의 대부분은 빈 공간이므로 알파(α) 입자가 대부분 금박을 그대로 통과한다. 중심 부분에서 알파(α) 입자가 크게 튕겨 나가는 것으로부터 중심에 질량이 대부분 모여 있는 (＋)전하를 띠는 부분이 있음을 유추할 수 있다.

모범답안 원자의 대부분은 빈 공간이고, 원자의 중심에 (＋)전하를 띠는 매우 작고 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 있다.

채점 기준	배점
원자의 대부분은 빈 공간이며, 원자 중심에 (＋)전하를 띠는 원자핵이 있고 그 원자핵은 원자 질량의 대부분을 차지한다고 서술한 경우	100 %
원자는 속이 비어 있는 구조로 중심에 (＋)전하를 띠는 원자핵이 있다고만 서술한 경우	50 %

03

모범답안 원자 번호는 양성자수와 같으며, 중성 원자의 경우 양성자수와 전자 수가 같기 때문에 전자 수는 원자 번호(Z)와 같다. 또한 질량수는 양성자수와 중성자수를 더한 값이므로 중성자수는 질량수(A)에서 양성자수, 즉 원자 번호(Z)를 뺀 값과 같다.

채점 기준	배점
중성 원자의 경우 원자 번호가 전자 수이고, 질량수－원자 번호가 중성자수라고 옳게 서술한 경우	100 %
전자 수와 중성자수 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

04

모범답안

동위 원소	(가)	(나)	(다)
양성자수	1	1	1
중성자수	0	1	2

05

동위 원소	양성자수	중성자수	질량수	존재 비율(%)
^{35}X	17	㉠ 18	35	㉡ 75.5
^{37}X	㉢ 17	20	㉣ 37	(100－㉡) 24.5

X의 평균 원자량＝$35\times\frac{㉡}{100}+37\times\frac{(100-㉡)}{100}$＝35.49에서 ㉡＝75.5이며, ㉠＋㉡＋㉢＋㉣＝147.5이다.

05 현대 원자 모형

핵심 개념 체크

본문 036~037쪽

1 (1)－㉡ (2)－㉠ **2** (1) ○ (2) ○ **3** 전자 껍질
4 오비탈 **5** 바닥상태
6 주 양자수, 부 양자수(방위 양자수), 자기 양자수, 스핀 양자수
7 (1)－㉠ (2)－㉢ (3)－㉡ **8** (1) ○ (2) ×
9 자기 양자수(m_l) **10** 2 **11** 홀전자

출제 예상 문제

본문 038~040쪽

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

01

㉠ : 검출기에서 나타난 선은 모두 불연속적인 선이다. 이 결과를 바탕으로 보어는 전자가 특정한 에너지 준위를 갖는 궤도에만 머무른다는 원자 모형을 제안하게 되었다.

㉡ : 수소 방전관에서 방출한 4개의 파장에 해당하는 빛은 모두 가시광선 영역이다. 일반적으로 가시광선 영역의 빛의 파장은 400~700 nm 정도에 해당한다.

~~㉢~~ : 파장과 에너지는 반비례하므로 4개의 빛 중 에너지가 가장 큰 것은 파장 410 nm의 빛이다.

02

전자 껍질은 원자핵 주위의 전자가 특정한 에너지를 가지면서 원운동하는 궤도로서 핵에서 가까운 것부터 K, L, M, N 등의 기호로 표시한다. 전자가 낮은 에너지 준위에서 더 높은 에너지 준위로 이동할 때에는 에너지를 흡수하고, 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 이동할 때에는 에너지를 방출한다. 전자 껍질의 에너지 준위는 K<L<M<N이므로 ②는 에너지를 방출하고, 나머지는 모두 에너지를 흡수한다.

03

㉠ : 전자는 원자핵 주위를 돌 때 특정한 에너지 준위를 갖는 궤도를 따라 원운동한다.

㉡ : 전자가 원자핵 주위에 무질서하게 존재하는 것이 아니라, 특정한 에너지를 가진 몇 개의 궤도에만 존재하므로 전자는 전자 껍질과 전자 껍질 사이에 존재할 수 없다.

㉢ : 전자 껍질의 에너지 준위는 K<L<M<N이므로 M 전자 껍질에서 L 전자 껍질로의 전자 전이에서는 에너지를 방출한다.

04

Ⓐ : 바닥상태는 원자가 가장 낮은 에너지를 갖는 상태로, 에너지를 흡수하여 더 높은 에너지를 갖는 전자 껍질로 이동이 가능하다.

Ⓑ : 전자가 바닥상태보다 더 높은 에너지를 갖는 전자 껍질에 존재하는 상태를 들뜬상태라고 한다.

Ⓒ : 수소 원자의 경우 전자가 1개 존재하므로 K 전자 껍질에 전자가 존재할 때 바닥상태가 된다.

05

㉠ : s 오비탈과 p 오비탈은 그림과 같은 모형으로 나타낼 수 있다.

s 오비탈 p 오비탈

따라서 (가)는 $2s$ 오비탈, (나)~(라)는 $2p$ 오비탈이다.

~~㉡~~ : 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 다음과 같다.

$1s<2s=2p<3s=3p=3d<4s=4p=4d=4f<\cdots$

따라서 수소 원자에서 에너지 준위는 (가)와 (나)가 같다.

~~㉢~~ : 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 다음과 같다.

$1s<2s<2p_x=2p_y=2p_z<3s<3p_x=3p_y=3p_z<4s<\cdots$

따라서 다전자 원자에서 에너지 준위는 (다)와 (라)가 같다.

06

㉠ : 에너지 준위는 주 양자수가 클수록 높다. 따라서 에너지 준위는 $2s$ 오비탈이 $1s$ 오비탈보다 높다.

㉡ : 주 양자수는 오비탈의 종류 앞에 표시한 자연수이므로 $3s$ 오비탈이 $2s$ 오비탈보다 크다.

~~㉢~~ : $1s$ 오비탈에 들어 있는 전자는 K 전자 껍질에, $3s$ 오비탈에 들어 있는 전자는 M 전자 껍질에 존재한다.

07

㉠ : 부 양자수(l)에 따른 오비탈의 종류는 다음과 같다.

l	0	1	2	3
오비탈의 종류	s	p	d	f

따라서 p 오비탈을 나타내는 부 양자수는 1이다.

㉡ : 부 양자수 2에 해당하는 오비탈은 d 오비탈이다.

㉢ : 주 양자수가 4일 때 부 양자수는 0, 1, 2, 3 총 4가지이다.

08

오비탈의 종류는 알파벳 기호로, 알파벳 기호 앞에는 주 양자수를, 알파벳 기호 오른쪽 위에는 오비탈에 들어 있는 전자 수를 표시한다.

~~㉠~~ : (가)는 주 양자수를 의미한다.

㉡ : (나)의 p는 오비탈의 종류를 나타낸다.

~~㉢~~ : (다)는 오비탈에 들어 있는 전자 수를 의미한다.

09

㉠ : (가)~(다) 모두 한 오비탈에 1개 또는 2개의 전자가 들어 있으며, 한 오비탈의 두 전자는 스핀 방향이 다르므로 파울리 배타 원리를 만족한다.

㉡ : (가)~(다) 모두 $2p$ 오비탈에 전자가 들어갈 때 홀전자가 되도록 배치되었으므로 훈트 규칙을 만족한다.

㉢ : 바닥상태 전자 배치는 파울리 배타 원리, 훈트 규칙, 쌓음 원리를 모두 만족하는 전자 배치이다. (가)~(다)는 모두 세 가지 전자 배치 규칙을 만족하므로 바닥상태 전자 배치이다.

10

바닥상태의 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위와 각 오비탈에 채워지는 전자 수는 다음과 같다.

$1s^2<2s^2<2p^6<3s^2<3p^6<4s^2<\cdots$

또한 바닥상태의 다전자 원자에서 전자가 들어갈 때에는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 순서대로 들어간다.

~~㉠~~ : 바닥상태 전자 배치를 갖는 원자는 A, C, D 3가지이다.

㉡ : A의 전자 배치에서 홀전자 수는 1, D의 전자 배치에서 홀전자 수는 3으로 D가 A보다 크다.

~~㉢~~ : B에서 전자가 들어 있는 오비탈은 $1s$, $2s$, $3s$ 오비탈 1개씩과 $2p$ 오비탈 3개로 총 6개이고, C에서 전자가 들어 있는 오비탈은 $1s$, $2s$, $3s$ 오비탈 1개씩과 $2p$ 오비탈 3개로 총 6개이다. 따라서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 B와 C가 같다.

11

주 양자수가 n이면 오비탈 수는 n^2이고, 최대로 들어갈 수 있는 전자 수는 $2n^2$이다. 따라서 ㉠은 4, ㉡은 2, ㉢은 18이며, ㉠+㉡+㉢=24이다.

12

주어진 5가지 원자의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

① $_8O$: $1s^2\,2s^2\,2p_x^2\,2p_y^1\,2p_z^1$ ② $_9F$: $1s^2\,2s^2\,2p_x^2\,2p_y^2\,2p_z^1$

③ $_{10}Ne$: $1s^2\,2s^2\,2p^6$ ④ $_{12}Mg$: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$

⑤ $_{13}Al$: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p_x^1$

13

Na 원자와 Na^+의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

• Na: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$ • Na^+: $1s^2\,2s^2\,2p^6$

~~ㄱ~~ : Na^+의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2\,2s^2\,2p^6$이다.

㉡ : 홀전자 수는 Na이 1, Na^+ 이 0으로 Na이 Na^+보다 더 크다.

~~ㄷ~~ : 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Na이 6, Na^+이 5로 Na이 Na^+보다 크다.

14

(가)와 (다)는 전자 수가 8이므로 산소(O) 원자의 전자 배치이고, (라)는 전자 수가 7이므로 산소 양이온(O^+)의 전자 배치이며, (나)는 파울리 배타 원리에 위배된 불가능한 전자 배치이다.

㉠ : (라)는 산소 원자(O)에서 전자 1개를 잃은 산소 양이온(O^+)의 전자 배치와 같다. 따라서 전자 수는 7이다.

㉡ : (다)는 파울리 배타 원리와 훈트 규칙을 모두 만족하므로 산소(O) 원자의 바닥상태 전자 배치이다.

~~ㄷ~~ : 홀전자 수는 (가)가 0, (다)가 2, (라)가 1이다. 따라서 (가)와 (다)의 홀전자 수의 합은 (라)의 홀전자 수보다 크다.

15

X^{2+}은 X 원자가 전자 2개를 잃어 형성된 이온이며, Y^-은 Y 원자가 전자 1개를 얻어 형성된 이온이다. 따라서 바닥상태의 원자 X와 Y의 전자 배치는 다음과 같다.

• X: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$ • Y: $1s^2\,2s^2\,2p^5$

㉠ : X의 전자 수는 12, Y의 전자 수는 9이다. 따라서 원자 번호는 X가 12, Y가 9로 X가 Y보다 크다.

~~ㄴ~~ : 홀전자 수는 X가 0, Y가 1로 Y가 X보다 크다.

~~ㄷ~~ : 전자가 들어 있는 오비탈 수는 X가 6, Y가 5로 X가 Y보다 크다.

서답형 문제

본문 041쪽

01 해설 참조

02 (가) 부 양자수 (나) 자기 양자수 (다) 주 양자수

03 해설 참조 **04** ㉠ 파울리 배타 ㉡ 훈트 ㉢ 쌓음

05 (1) (나), (다) (2) (가) **06** 해설 참조

01

모범답안 낮은 에너지 준위의 전자 껍질에 있던 전자가 더 높은 에너지 준위의 전자 껍질로 이동할 때에는 두 전자 껍질의 에너지 차이만큼 에너지를 흡수하고, 높은 에너지 준위의 전자 껍질에 있던 전자가 더 낮은 에너지 준위의 전자 껍질로 이동할 때에는 그 차이만큼 에너지를 방출한다.

채점 기준	배점
전자가 다른 전자 껍질로 이동하면 두 전자 껍질의 에너지 차이만큼 에너지를 흡수하거나 방출한다고 서술한 경우	100 %
전자가 다른 전자 껍질로 이동하면 에너지를 흡수하거나 방출한다고만 서술한 경우	50 %

02

주 양자수(n)	1	2	3	4
전자 껍질	K	L	M	N

부 양자수(l)	0	1	2	3
오비탈의 종류	s	p	d	f

부 양자수가 l인 오비탈은 자기 양자수(m_l)가 $-l$, $(-l+1)$, ⋯, 0, ⋯, $(+l-1)$, $+l$까지 $(2l+1)$개 존재한다.

03

모범답안 수소 원자에서는 오비탈의 에너지 준위가 원자핵과 전자 사이의 인력에만 영향을 받지만, 다전자 원자에서는 오비탈의 에너지 준위가 원자핵과 전자 사이의 인력뿐만 아니라 전자 사이의 반발력에도 영향을 받기 때문이다.

채점 기준	배점
수소 원자에서는 원자핵과 전자 사이의 인력이 존재하고, 다전자 원자에서는 원자핵과 전자 사이의 인력뿐만 아니라 전자 사이의 반발력도 있다고 서술한 경우	100 %
수소 원자와 다전자 원자 모두 원자핵과 전자 사이의 인력이 있다고만 서술한 경우	50 %

04

원자의 전자 배치는 파울리 배타 원리, 훈트 규칙, 쌓음 원리에 따라 전자가 배치된다.

05

(1) 바닥상태 전자 배치는 파울리 배타 원리, 훈트 규칙, 쌓음 원리를 모두 만족하는 전자 배치이다.

(2) 파울리 배타 원리는 한 오비탈에 전자가 최대 2개까지 들어갈 수 있으며, 한 오비탈에 들어간 두 전자의 스핀 방향은 서로 반대라는 것이다.

06

원자의 바닥상태 전자 배치는 파울리 배타 원리와 훈트 규칙, 쌓음 원리를 모두 만족한다.

모범답안 W와 X는 바닥상태 원자가 아니다. W는 $3p$ 오비탈의 전자 배치가 훈트 규칙을 만족하지 않으며, X는 $3s$ 오비탈에 전자가 모두 채워지지 않은 채 $3p$ 오비탈에 전자가 들어 있으므로 쌓음 원리를 만족하지 않는다.

채점 기준	배점
W와 X를 고르고, 그 까닭을 각각 옳게 서술한 경우	100 %
W와 X를 골랐지만, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	50 %

06 주기율표

핵심 개념 체크 본문 042~043쪽

1 (1)-㉢ (2)-㉠ (3)-㉡ **2** (1) × (2) × (3) ○
3 멘델레예프 **4** 멘델레예프
5 (1)-㉢ (2)-㉠ (3)-㉡ **6** (1) ○ (2) ○ (3) ×
7 족, 주기 **8** 2 **9** He

출제 예상 문제 본문 044~046쪽

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

01
A는 산소(O), B는 나트륨(Na), C는 마그네슘(Mg), D는 황(S), E는 염소(Cl)이다.
㉠ : A와 D는 원자가 전자 수가 6이므로 모두 16족 원소이다.
㉡ : B와 C는 가장 바깥 전자 껍질의 주 양자수가 3이므로 3주기 원소이다.
~~ㄷ~~ : B는 금속 원소, E는 비금속 원소이므로 화학적 성질은 다르다.

02
㉠ : 주기율표에서 1족 원소 중 수소를 제외한 금속 원소를 알칼리 금속이라고 한다. B와 E는 알칼리 금속이다.
~~ㄴ~~ : 비활성 기체는 18족 원소로, 화학적으로 안정하여 다른 원소와 거의 반응하지 않는다. A는 비활성 기체이지만, C는 비활성 기체가 아니다.
㉢ : 할로젠은 17족 원소로 금속과 반응하여 −1가 음이온이 된다. D와 F는 할로젠이다.

03
바닥상태 원자 A~D의 전자 배치를 나타내면 다음과 같다.
• A: $1s^2 2s^1$ • B: $1s^2 2s^2 2p^1$
• C: $1s^2 2s^2 2p^5$ • D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
~~ㄱ~~ : A는 1족 원소, B는 13족 원소이다.
㉡ : A는 1족 원소인 리튬, D는 1족 원소인 나트륨으로 모두 알칼리 금속이며, 전기 전도성이 있다.
~~ㄷ~~ : B는 2주기 원소, D는 3주기 원소이다.

04
바닥상태 원자 A~E의 전자 배치는 다음과 같다.
• A: $1s^2 2s^2 2p^1$ • B: $1s^2 2s^2 2p^3$
• C: $1s^2 2s^2 2p^4$ • D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
• E: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
㉠ : 2주기 원소는 A, B, C 3가지이다.
~~ㄴ~~ : A는 13족 원소, D는 1족 원소이다.
~~ㄷ~~ : 할로젠은 17족 원소이므로 A~E에는 할로젠이 없다.

05
A는 3주기 1족 원소인 나트륨(Na), B는 2주기 16족 원소인 산소(O), C는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)이다.
㉠ : 나트륨은 원자 번호 11번으로 1족 알칼리 금속이다.
㉡ : 산소는 원자 번호 8번으로 16족 원소이므로 주기율표 오른쪽에 위치하는 비금속 원소이다.
~~ㄷ~~ : 플루오린은 원자 번호 9번으로 17족 할로젠이다.

06
$_3$Li, $_8$O, $_9$F, $_{10}$Ne은 2주기 원소이고, $_{11}$Na은 3주기 원소이다. 2주기 원소 중 (가)는 금속 원소이므로 $_3$Li이고, (나)는 비금속 원소이므로 $_8$O, $_9$F, $_{10}$Ne이며, (다)는 3주기 원소인 $_{11}$Na이다.
㉠ : (가)에는 $_3$Li 1가지 원소가 해당된다.
~~ㄴ~~ : (나)에 해당하는 $_8$O는 16족, $_9$F은 17족, $_{10}$Ne은 18족 원소이다.
~~ㄷ~~ : (다)에 해당하는 $_{11}$Na의 원자가 전자 수는 1이다.

07
A는 전자가 7개이므로 원자 번호 7번인 질소(N), B는 전자가 8개이므로 원자 번호 8번인 산소(O)이다.
~~ㄱ~~ : 원자가 전자 수는 A가 5, B가 6으로 서로 같지 않다.
㉡ : A와 B는 모두 2주기 원소이다.
~~ㄷ~~ : A와 B는 원자가 전자 수가 다르므로 화학적 성질이 다르다.

08
A는 2주기 1족 원소이므로 리튬(Li), B는 2주기 16족 원소이므로 산소(O), C는 2주기 17족 원소이므로 플루오린(F)이다. D는 C와 서로 다른 원소이며, 원자가 전자 수가 7이므로 3주기 17족 원소인 염소이다.
㉠ : D(염소)는 할로젠이므로 비금속 원소이다.
㉡ : D는 C와 서로 다른 원소이며, 같은 족 원소이므로 3주기 원소이다.
~~ㄷ~~ : C와 D는 원자가 전자 수가 7로 같으므로 같은 17족 원소이다.

09
A는 2주기 1족 원소인 리튬(Li), B는 2주기 16족 원소인 산소(O), C는 2주기 17족 원소인 플루오린(F), D는 3주기 1족 원소인 나트륨(Na), E는 3주기 16족 원소인 황(S)이다.
~~ㄱ~~ : 같은 족 원소는 화학적 성질이 비슷하다. A와 B는 같은 족 원소가 아니라 같은 주기 원소이므로 화학적 성질이 다르다.
㉡ : B와 E는 같은 족 원소이므로 원자가 전자 수가 같다.
㉢ : C와 D는 각각 2, 3주기 원소로 바닥상태에서 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 3으로 같다.

10
A는 2주기 1족 원소인 리튬(Li), B는 2주기 16족 원소인 산소(O), C는 2주기 18족 원소인 네온(Ne), D는 3주기 2족 원소인 마그네슘(Mg), E는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.
㉠ : A는 알칼리 금속인 리튬, D는 알칼리 토금속인 마그네슘이다. 알칼리 금속과 알칼리 토금속은 모두 금속으로 전기 전도성이 있다.
㉡ : B는 산소이고 C는 네온이며, 원자 번호는 각각 8번과 10번이다. B^{2-}은 산소 원자가 전자 2개를 얻어 전자가 10개인 음이온이므로 B^{2-}의 바닥상태 전자 배치는 C와 같은 $1s^2 2s^2 2p^6$이다.
㉢ : E는 17족 원소이므로 할로젠이다.

11

A는 수소(H), B는 탄소(C), C는 산소(O), D는 플루오린(F), E는 나트륨(Na), F는 마그네슘(Mg), G는 염소(Cl)이다.

ㄱ : E(나트륨)는 1족 알칼리 금속이지만, A(수소)는 1족 원소 중 유일하게 비금속 원소이다.

ㄴ : D(플루오린)와 G(염소)는 원자가 전자 수가 같은 원소, 즉 같은 족 원소이므로 화학적 성질이 비슷하다.

ㄷ : A~E의 바닥상태 전자 배치와 홀전자 수를 나타내면 다음과 같다.

- A: $1s^1$ ➡ 홀전자 수 1
- B: $1s^2\,2s^2\,2p_x^1\,2p_y^1$ ➡ 홀전자 수 2
- C: $1s^2\,2s^2\,2p_x^2\,2p_y^1\,2p_z^1$ ➡ 홀전자 수 2
- D: $1s^2\,2s^2\,2p_x^2\,2p_y^2\,2p_z^1$ ➡ 홀전자 수 1
- E: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$ ➡ 홀전자 수 1
- F: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$ ➡ 홀전자 수 0
- G: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p_x^2\,3p_y^2\,3p_z^1$ ➡ 홀전자 수 1

따라서 홀전자 수가 2인 원소는 B, C 2가지이다.

12

B와 C는 원자가 전자 수가 같으므로 같은 족 원소이고, A가 B보다 원자가 전자 수가 크므로 A는 16족, B와 C는 15족 원소이다. A와 B는 전자 껍질 수가 같으므로 같은 주기 원소이고, B가 C보다 전자 껍질 수가 크므로 B는 3주기, C는 2주기 원소이다. 따라서 이에 적절한 위치는 ⑤이다.

13

A는 2주기 1족 원소이므로 리튬(Li), B는 3주기 17족 원소이므로 염소(Cl), C는 2주기 17족 원소이므로 플루오린(F)이다.

ㄱ : 리튬은 알칼리 금속이다.

ㄴ : 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같으므로 화학적 성질이 비슷하다. A와 C는 족이 다르므로 화학적 성질도 다르다.

ㄷ : 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같다. B와 C는 모두 17족 원소이므로 원자가 전자 수가 7로 같다.

서답형 문제

본문 047쪽

01 Li(리튬), Na(나트륨), K(칼륨)
02 해설 참조
03 해설 참조
04 해설 참조
05 해설 참조
06 (1) (다)—(가)—(나) (2) (가) 멘델레예프 (나) 모즐리 (다) 뉴랜즈

01

자료는 알칼리 금속 원소를 설명하고 있다. 알칼리 금속은 수소를 제외한 1족 원소이다.

02

모범답안 (1) 2주기 원소: Li, Be, B, C, N, O, F, Ne
3주기 원소: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar
(2) 17족 원소: F, Cl

03

모범답안 Na은 원자가 전자 1개를 잃고 +1가 양이온이 되면서 Ne의 전자 배치를 따르고, Mg은 원자가 전자 2개를 잃고 +2가 양이온이 되면서 Ne의 전자 배치를 따른다. Ne은 비활성 기체로 반응성이 거의 없어 안정하기 때문에 Na은 +1가 양이온, Mg은 +2가 양이온이 된다.

채점 기준	배점
Na이 +1가 양이온, Mg이 +2가 양이온이 되는 까닭을 Ne의 전자 배치를 이용하여 모두 옳게 서술한 경우	100 %
Na이 +1가 양이온, 또는 Mg이 +2가 양이온이 되는 까닭 중 1가지만 Ne의 전자 배치를 이용하여 옳게 서술한 경우	50 %

04

모범답안 A와 C는 1족 원소이지만 A는 비금속 원소인 수소이고 C는 금속 원소인 나트륨이다. 따라서 A는 비금속의 성질을, C는 금속의 성질을 나타낸다. 반면에 B와 D는 할로젠으로 화학적 성질이 비슷하다.

채점 기준	배점
B와 D는 할로젠으로 화학적 성질이 비슷하다는 것과 A는 비금속, C는 금속이므로 화학적 성질이 다르다는 것을 비교하여 서술한 경우	100 %
A는 비금속, C는 금속이므로 화학적 성질이 다르다는 것만 서술한 경우	50 %

05

A는 2주기 13족 원소인 B(붕소), B는 2주기 15족 원소인 N(질소), C는 2주기 16족 원소인 O(산소), D는 3주기 1족 원소인 Na(나트륨), E는 3주기 16족 원소인 S(황)이다.

모범답안 원자가 전자 수가 6으로 같은 C, E는 같은 족인 16족 원소이다. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2로 같은 A, B, C는 모두 2주기 원소이고, 3으로 같은 D, E는 3주기 원소이다.

채점 기준	배점
16족 원소, 2주기 원소, 3주기 원소 3가지를 모두 옳게 분류하여 서술한 경우	100 %
16족 원소, 2주기 원소, 3주기 원소 중 2가지만 옳게 분류하여 서술한 경우	70 %
16족 원소, 2주기 원소, 3주기 원소 중 1가지만 옳게 분류하여 서술한 경우	30 %

07 원소의 주기적 성질

핵심 개념 체크

본문 048~049쪽

1 (1)-㉠ (2)-㉡
2 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×
3 유효 핵전하
4 반발력
5 원자 반지름
6 (1) ○ (2) ×
7 등전자
8 이온화 에너지
9 (1)-㉠ (2)-㉡

출제 예상 문제

본문 050~053쪽

01 ②	02 ③	03 ⑤	04 ⑤	05 ⑤
06 ③	07 ⑤	08 ①	09 ⑤	10 ③
11 ①	12 ①	13 ②	14 ③	15 ④
16 ①	17 ②	18 ⑤		

01

A는 1주기 1족 원소인 수소(H), B는 2주기 16족 원소인 산소(O), C는 3주기 1족 원소인 나트륨(Na), D는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.

~~ㄱ~~ : 원자가 전자 수는 B가 6, A가 1로 B가 A의 6배이다.

ㄴ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 양성자수가 증가하므로 유효 핵전하는 D가 C보다 크다.

~~ㄷ~~ : 금속은 C 1가지이다. A는 1족 원소이지만 예외로 비금속이다.

02

ㄱ : 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 양성자수가 증가하므로 원자가 전자의 유효 핵전하는 커진다.

ㄴ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 양성자수가 증가하므로 원자가 전자의 유효 핵전하는 커진다.

~~ㄷ~~ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름은 작아진다.

03

ㄱ : 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 커지므로 원자 반지름이 커진다.

ㄴ : 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커져 원자 반지름이 작아진다.

ㄷ : 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 핵전하가 증가하면서 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커진다.

04

다른 원소지만 전자 껍질 수와 전자 수가 같아서 전자 배치가 같은 이온을 등전자 이온이라고 하며, O^{2-}, F^-, Na^+, Mg^{2+}과 S^{2-}, Cl^-, K^+, Ca^{2+}은 각각 등전자 이온이다. 핵전하가 클수록 유효 핵전하가 증가하므로 등전자 이온은 원자 번호가 커질수록 이온 반지름이 작아진다.

05

ㄱ : 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 커져 원자 반지름이 커진다. 따라서 원자 반지름이 큰 (가)는 3주기, 원자 반지름이 작은 (나)는 2주기 원소의 원자 반지름이다.

~~ㄴ~~ : 같은 주기에서 원자 반지름이 커질수록 원자가 전자 수가 작아진다.

ㄷ : 같은 족에서 2주기 원소보다 3주기 원소의 원자 반지름이 큰 까닭은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 더 크기 때문이다.

06

O, F, Na, Mg은 안정한 이온이 될 때 Ne과 같은 전자 배치를 갖는 등전자 이온이다. 등전자 이온은 양성자수가 클수록 반지름이 작아진다. 따라서 A는 나트륨(Na), B는 마그네슘(Mg), C는 산소(O), D는 플루오린(F)이다.

ㄱ : 이온 반지름 크기는 $O^{2-}>F^->Na^+>Mg^{2+}$이므로 A는 Na이다.

ㄴ : C는 O, D는 F으로 비금속 원소이다.

~~ㄷ~~ : 원자 반지름은 Na이 Mg보다 크므로 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 Na이 Mg보다 작다.

07

원자 반지름은 A(C)>B(N)>C(O)이고, 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 B(N)가 3, A(C)와 C(O)가 각각 2이며, 제1 이온화 에너지는 B(N)>C(O)>A(C)이다. 따라서 A는 탄소(C), B는 질소(N), C는 산소(O)로 원자 번호가 큰 것부터 나열하면 C−B−A이다.

08

X의 E_3와 E_4 사이에서 이온화 에너지가 크게 증가했으므로 X의 원자가 전자 수는 3이다. 따라서 X는 3주기 13족 원소인 알루미늄(Al)이다.

ㄱ : 알루미늄(Al)은 3주기 13족 원소이다.

~~ㄴ~~ : 바닥상태의 X^{2+}과 X^{3+}의 전자 배치는 다음과 같다.

• X^{2+}: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$ • X^{3+}: $1s^2\,2s^2\,2p^6$

바닥상태의 X^{2+}과 X^{3+}에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 각각 6, 5이다.

~~ㄷ~~ : 기체 상태의 원자 X를 X^{3+}으로 만드는 데 필요한 에너지는 $E_1+E_2+E_3$이다.

09

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지는 대체로 증가하는데, 예외적으로 15족인 질소가 16족인 산소보다 크다. 따라서 A는 산소(O), B는 질소(N), C는 탄소(C), D는 붕소(B)이다.

~~ㄱ~~ : 원자 번호는 A가 8, B가 7로 A가 B보다 크다.

ㄴ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커진다. 따라서 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 C가 D보다 크다.

ㄷ : 원자 A~D의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

• A(O): $1s^2\,2s^2\,2p^4$ • B(N): $1s^2\,2s^2\,2p^3$

• C(C): $1s^2\,2s^2\,2p^2$ • D(B): $1s^2\,2s^2\,2p^1$

따라서 홀전자 수는 B가 3, C가 2, D가 1로 B=C+D이다.

10

Ⓐ : 이온화 에너지는 기체 상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어 내는 데 필요한 에너지이며, 단위는 kJ/몰을 사용한다.

Ⓑ : 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 감소하고, 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 대체로 증가한다.

~~Ⓒ~~ : 다전자 원자에서 전자를 2개 이상 떼어 낼 경우 첫 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 제1 이온화 에너지(E_1), 두 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 제2 이온화 에너지(E_2)라고 하며, 이와 같은 E_1, E_2, …를 순차 이온화 에너지라고 한다. 순차 이온화 에너지의 크기는 항상 $E_1<E_2<E_3<\cdots$이다.

11

원자 X~Z의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

• X: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$ • Y: $1s^2\,2s^2\,2p^3$ • Z: $1s^2\,2s^1$

따라서 X는 나트륨(Na), Y는 질소(N), Z는 리튬(Li)이다.

ㄱ : a는 5, b는 3, c는 0, d는 1이므로 $a+b+c+d=9$이다.

~~ㄴ~~ : Y와 Z는 같은 주기 원소이므로 원자 반지름은 원자 번호가 큰 Y가 원자 번호가 작은 Z보다 작다.

~~ㄷ~~ : X와 Z는 같은 족 원소이므로 제1 이온화 에너지는 원자 번호가 큰 X가 원자 번호가 작은 Z보다 작다.

12

W와 Y는 3주기 원소이고, X와 Z는 2주기 원소이므로 원자 번호가 연속인 2, 3주기 원소는 F, Ne, Na, Mg이다. 이때 홀전자 수는 각각 1, 0, 1, 0이므로 W는 마그네슘(Mg), X는 플루오린(F), Y는 나트륨(Na), Z는 네온(Ne)이다.

㉠ : W~Z 중 2주기 원소인 X(F)와 Z(Ne) 모두 산소(O)보다 제1 이온화 에너지가 크다. 따라서 ㉠에는 X, Z 2가지 원소가 해당된다.

~~ㄴ~~ : 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 W(Mg)가 Y(Na)보다 크다.

~~ㄷ~~ : X(F)는 산소(O)보다 원자 반지름이 작다.

13

2주기 원소 중 홀전자 수가 1인 원소는 리튬(Li), 붕소(B), 플루오린(F)이고, 홀전자 수가 2인 원소는 탄소(C), 산소(O)이며, 홀전자 수가 3인 원소는 질소(N)이다. 따라서 A, B, C의 원자 반지름과 이온화 에너지를 비교하면 A는 플루오린(F), B는 산소(O), C는 질소(N)임을 알 수 있다.

~~ㄱ~~ : A는 플루오린(F)이다.

~~ㄴ~~ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 양성자수가 증가하여 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커진다. 따라서 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 B(O)>C(N)이다.

㉢ : 등전자 이온의 경우 원자 번호가 커질수록 이온 반지름이 작아진다. $A^-(F^-)$과 $B^{2-}(O^{2-})$은 등전자 이온이므로 이온 반지름은 $A^-(F^-)<B^{2-}(O^{2-})$이다.

14

N, O, F, Na의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

- N: $1s^2\,2s^2\,2p^3$
- O: $1s^2\,2s^2\,2p^4$
- F: $1s^2\,2s^2\,2p^5$
- Na: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$

주어진 자료로 유추해 보면 W는 Na, X는 N, Y는 F, Z는 O이다.

㉠ : 홀전자 수가 같은 원소는 Na과 F이고, 원자가 전자 수가 O보다 큰 원소는 F이다. 따라서 W는 Na이다.

㉡ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름은 작아지므로 원자 반지름은 X(N)>Z(O)이다.

~~ㄷ~~ : W(Na)와 Y(F)가 Ne의 전자 배치를 갖는 이온이 되면 각각 Na^+, F^-이고, 반지름은 $F^->Na^+$이므로 이온의 반지름은 Y>W이다.

15

같은 주기에서 이온화 에너지의 변화로 보아 A는 붕소(B), B는 탄소(C), C는 질소(N), D는 산소(O), E는 플루오린(F)이다.

㉠ : A와 B의 원자 번호는 각각 5, 6이므로 원자 번호의 합은 11이다.

㉡ : 바닥상태 전자 배치는 C가 $1s^2\,2s^2\,2p^3$, D가 $1s^2\,2s^2\,2p^4$이므로 홀전자 수는 C가 3, D가 2로 C가 D보다 크다.

~~ㄷ~~ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 커진다. 따라서 유효 핵전하는 D가 E보다 작다.

16

E_3와 E_4 사이에서 이온화 에너지가 크게 증가했으므로 원자가 전자 수는 3이다. 따라서 X는 3주기 13족 원소인 알루미늄(Al)이고, 전자 배치는 ① $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^1$이다.

17

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자의 유효 핵전하는 커지고, 원자 반지름은 작아지며 이온화 에너지는 대체로 증가한다.

~~ㄱ~~ : 원자 반지름은 B가 A보다 작다.

㉡ : 제1 이온화 에너지는 비활성 기체인 C가 16족 원소인 B보다 크다.

~~ㄷ~~ : 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 D가 E보다 작다.

18

A는 $E_3 \ll E_4$이므로 원자가 전자 수가 3이고, B는 $E_2 \ll E_3$이므로 원자가 전자 수가 2이다. 따라서 A는 13족 원소인 알루미늄(Al)이고, B는 2족 원소인 마그네슘(Mg)이다.

~~ㄱ~~ : B 원자의 전자 수는 12이므로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$이다.

㉡ : 원자 번호는 A가 13, B가 12이므로 A가 B보다 크다.

㉢ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 대체로 증가하는데, 3주기 원소의 경우 예외적으로 2족인 마그네슘이 13족인 알루미늄보다 크다. 따라서 이온화 에너지 x는 578보다 크다.

서답형 문제

본문 054쪽

01 유효 핵전하	**02** 해설 참조
03 (가) 작아 (나) 커	**04** (가) 크다 (나) 작다
05 해설 참조	**06** 해설 참조

01

유효 핵전하는 전자가 실제로 받는 핵전하로, 원자핵의 (+)전하량보다 작은 값을 가진다.

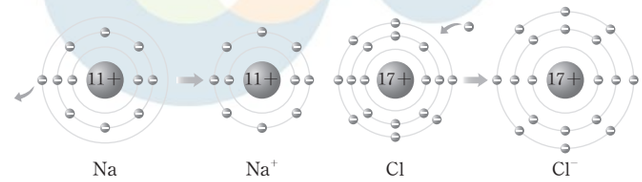
02

모범답안 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커져 원자 반지름이 작아진다.

채점 기준	배점
같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커져 원자 반지름이 작아진다고 서술한 경우	100 %
같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자핵의 인력이 커져 원자 반지름이 작아진다고만 서술한 경우	50 %

03

나트륨 원자와 나트륨 이온, 염소 원자와 염화 이온의 반지름을 비교하면 다음과 같다.



원자가 안정한 양이온이 되면 전자 껍질 수가 감소하므로 양이온 반지름은 원자 반지름보다 작아진다. 또 원자가 안정한 음이온이 되면 전자 껍질 수는 같고 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 많아져 전자 사이의 반발력이 커지므로 음이온 반지름은 원자 반지름보다 커진다.

04

원자가 안정한 양이온이 되면 전자 껍질 수가 감소하므로 양이온 반지름은 원자 반지름보다 작아지고, 원자가 안정한 음이온이 되면 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 많아져 전자 사이의 반발력이 커지므로 음이온 반지름은 원자 반지름보다 커진다.

05

양이온은 원자보다 전자 껍질 수가 작으므로 양이온 반지름은 원자 반지름보다 작고, 음이온은 원자보다 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 많아져 전자 사이의 반발력이 커지므로 음이온 반지름은 원자 반지름보다 크다.

모범답안 핵전하가 클수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하므로 등전자 이온은 원자 번호가 커질수록 이온 반지름이 작아진다.

채점 기준	배점
핵전하가 클수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
핵전하가 클수록 원자핵의 인력이 증가하기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

06

모범답안 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 커지지만, 전자 껍질 수가 커짐에 따라 원자핵과 전자 사이의 인력이 작아져 이온화 에너지가 감소한다.

채점 기준	배점
같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 커지지만, 전자 껍질 수가 커짐에 따라 원자핵과 전자 사이의 인력이 작아져 이온화 에너지는 감소한다고 서술한 경우	100 %
같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 커져 이온화 에너지는 감소한다고만 서술한 경우	50 %

본문 055~061쪽

대단원 종합 문제 Ⅱ. 원자의 세계

01 ③	02 ⑤	03 ⑤	04 ①	05 ④
06 ③	07 ②	08 ①	09 ③	10 ②
11 ①	12 ①	13 ③	14 ①	15 ⑤
16 ③	17 ①	18 ③	19 ②	20 ①
21 ①	22 ⑤			

고난도 문제

23 ⑤	24 ②	25 ①	26 ③	27 ④
28 ③	29 ①	30 ⑤		

01

원자 번호는 양성자수와 같고, 질량수는 양성자수+중성자수이다.

㉠ : ㉠=10−5=5, ㉡=35−18=17, ㉢=23−11=12이므로 ㉠+㉡+㉢=34이다.

㉡ : B와 D는 양성자수가 같고 중성자수가 다르므로 원자 번호가 같은 동위 원소이다.

~~ㄷ~~ : C는 1족 원소이고, E는 2족 원소이다.

02

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 커지고, 원자 반지름은 작아지며, 이온화 에너지는 대체로 커진다.

㉠ : 이온화 에너지는 X가 Y보다 작다.

~~ㄴ~~ : 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커져서 원자 반지름은 작아지므로 원자 반지름은 Y가 Z보다 크다.

㉢ : 원자가 전자가 받는 유효 핵전하 크기는 X<Y<Z이다.

03

3주기 원자의 홀전자 수는 4종류로, P은 3, Si와 S은 2, Na과 Al과 Cl는 1, Mg과 Ar은 0이다. 따라서 C는 인(P)이다. 원자 반지름과 유효 핵전하 자료로부터 원자 번호는 A<B, C<D이므로 D는 황(S)이며, 제1 이온화 에너지 자료로부터 B는 알루미늄(Al)이다. 따라서 A는 마그네슘(Mg)이다. 이를 종합하면 원자 번호는 D>C>B>A이다.

04

2주기 원소 Be, B, C, N, O의 제1 이온화 에너지 크기는 N>O>C>Be>B이다. 따라서 V는 붕소(B), W는 베릴륨(Be), X는 탄소(C), Y는 산소(O), Z는 질소(N)이다.

㉠ : 제1 이온화 에너지가 가장 작은 것은 붕소(B)이다.

~~ㄴ~~ : 원자가 전자의 유효 핵전하는 W가 X보다 작다.

~~ㄷ~~ : 이온 반지름은 Z^{3-}($_7N^{3-}$)이 Y^{2-}($_8O^{2-}$)보다 크다.

05

㉠ : 평균 원자량이 원자량 12에 가까우므로 자연에 존재하는 비율은 (가)가 (나)보다 크다.

㉡ : 중성자수는 (라)가 37−17=20, (다)가 35−17=18로 (라)가 (다)보다 크다.

~~ㄷ~~ : 원자량이 16인 산소(O)로 만들 수 있는 분자량이 다른 CO_2는 12+16×2=44, 13+16×2=45의 2가지이다.

06

X는 ^2_1H, Y는 ^3_1H, Z는 ^3_2He이다.

㉠ : X와 Y는 양성자수는 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다.

㉡ : 질량수는 Y와 Z가 모두 3으로 같다.

~~ㄷ~~ : 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 X와 Z 모두 1로 같다.

07

바닥상태 원자 W~Z의 전자 배치를 나타내면 다음과 같다.

- W: $1s^2\,2s^2\,2p^3$
- X: $1s^2\,2s^2\,2p^4$
- Y: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$
- Z: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$

따라서 W는 질소(N), X는 산소(O), Y는 나트륨(Na), Z는 염소(Cl)이다.

~~ㄱ~~ : W는 2주기 원소이다.

㉡ : $a=3$, $b=4$, $c=6$, $d=1$이므로 $a+b+c+d=14$이다.

~~ㄷ~~ : Y(Na)는 금속 원소, Z(Cl)는 비금속 원소이다.

08

원자 A~D의 바닥상태 전자 배치를 나타내면 다음과 같다.

- A: $1s^2\,2s^2\,2p^5$
- B: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$
- C: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$
- D: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$

따라서 A는 플루오린(F), B는 나트륨(Na), C는 마그네슘(Mg), D

는 염소(Cl)이다.

ㄱ : A와 D는 원자가 전자 수가 7인 17족 원소이다.

~~ㄴ~~ : 원자 번호는 B가 11, C가 12로 C>B이다.

~~ㄷ~~ : 질량수는 A가 9+9=18, B가 12+11=23, C가 12+12=24, D가 18+17=35로, D>C>B>A이다.

09

금속 원소는 원자 반지름이 양이온 반지름보다 크고, 비금속 원소는 원자 반지름이 음이온 반지름보다 작다. 따라서 A~C는 비금속, D~F는 금속이며, A는 질소(N), B는 산소(O), C는 플루오린(F)이고, D는 나트륨(Na), E는 마그네슘(Mg), F는 알루미늄(Al)이다.

ㄱ : 이온 반지름은 등전자 이온의 반지름이므로 원자 번호가 클수록 등전자 이온의 반지름은 작아진다. 따라서 •는 이온 반지름이다.

ㄴ : A~C는 2주기 원소이고, D~F는 3주기 원소이다.

~~ㄷ~~ : D와 E의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

• D: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$ • E: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$

홀전자 수는 D가 1, E가 0으로 D>E이다.

10

~~ㄱ~~ : 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 작아진다. 따라서 (가)는 2주기, (나)는 3주기 원소의 제1 이온화 에너지이다.

ㄴ : A는 베릴륨(Be), B는 산소(O), C는 규소(Si), D는 황(S), E는 염소(Cl)이며, 이들의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

• A: $1s^2\,2s^2$ • B: $1s^2\,2s^2\,2p^4$

• C: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^2$ • D: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$

• E: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$

따라서 바닥상태 전자 배치에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 A가 0, B가 4, C가 8, E가 11로 B+C>A+E이다.

~~ㄷ~~ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 B=C=D=2, E=1이므로 D+E<B+C이다.

11

금속 원소는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}<1$이고, 비금속 원소는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}>1$이다. 따라서 C는 원자 번호가 9인 F이다. 3주기 1족과 2족에서 원자 번호가 커질수록 이온 반지름이 작고, 원자가 전자의 유효 핵전하(Z^*)가 크므로 원자 번호가 커질수록 $\frac{\text{이온 반지름}}{Z^*}$이 작아진다. 따라서 A는 원자 번호가 12인 Mg, B는 원자 번호가 11인 Na이다.

ㄱ : A와 B는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}<1$이므로 모두 금속 원소이다.

~~ㄴ~~ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지는 대체로 커진다. 따라서 제1 이온화 에너지는 A>B이다.

~~ㄷ~~ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 A(Mg)가 0, B(Na)가 1, C(F)가 1로 A+B=C이다.

12

2주기 바닥상태 원자의 홀전자 수는 다음과 같다.

Li: 1, Be: 0, B: 1, C: 2, N: 3, O: 2, F: 1, Ne: 0

이온화 에너지의 경향성을 만족하면서 홀전자 수 합이 8인 연속적인 원자는 C, N, O, F이다. 따라서 A는 탄소(C), B는 질소(N), C는 산소(O), D는 플루오린(F)이다.

ㄱ : s 오비탈에 채워진 전자 수는 모두 4로 같다.

~~ㄴ~~ : 금속 원소는 1족과 2족 원소인데, A~D는 모두 14족~17족 원소이므로 비금속 원소이다.

~~ㄷ~~ : 같은 주기에서 원자가 전자의 유효 핵전하 크기는 원자 번호가 클수록 증가한다. 따라서 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 D>C>B>A이다.

13

W~Z는 모두 3주기 원소이며, 같은 주기에서 이온화 에너지는 원자 번호가 클수록 대체로 증가하지만, 15족과 16족은 그 반대이다. 따라서 W는 규소(Si), X는 황(S), Y는 인(P), Z는 염소(Cl)이다.

ㄱ : 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 감소한다. 따라서 원자 반지름은 W>Y>X>Z이다.

ㄴ : 원자가 전자의 유효 핵전하 크기는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 증가한다. 따라서 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 Z>X>Y>W이다.

~~ㄷ~~ : 바닥상태 전자 배치에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 W(Si)가 8, X(S)가 10, Y(P)가 9, Z(Cl)가 11이다. 따라서 Z(Cl)>X(S)>Y(P)>W(Si)이다.

14

주 양자수(n)는 오비탈의 크기와 관련이 있고, 부 양자수(l)(=방위 양자수)는 오비탈의 종류와 관련이 있다.

l	0	1	2	3
오비탈의 종류	s	p	d	f

ㄱ : (가)에 해당하는 오비탈은 $2s$, $3s$이고, (나)에 해당하는 오비탈은 $1s$이며, (다)에 해당하는 오비탈은 $2p$, $3p$이다. 따라서 (가)에는 2가지 오비탈이 해당된다.

~~ㄴ~~ : (나)에 해당하는 오비탈인 $1s$ 오비탈은 방향성이 없다.

~~ㄷ~~ : s 오비탈은 구형, p 오비탈은 아령형이다.

15

A는 Li, B는 N, C는 O, D는 Na, E는 Cl이다.

ㄱ : 같은 족 원소는 화학적 성질이 비슷하다. 단, 1족 원소 중 수소(H)는 비금속 원소이다. A와 D는 1족 알칼리 금속이므로 화학적 성질이 비슷하다.

~~ㄴ~~ : 같은 주기에서 원자가 전자의 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크므로 C가 B보다 크다.

ㄷ : 원자가 양이온이 될 때 이온 반지름은 작아지고, 원자가 음이온이 될 때 이온 반지름은 커진다. E는 비금속으로 −1가 음이온이 될 때 반지름이 커진다.

16

파울리 배타 원리는 전자는 한 오비탈에 최대 2개까지 들어갈 수 있으며, 한 오비탈에 들어간 두 전자의 스핀 방향은 서로 반대라는 것을 말한다. 훈트 규칙은 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 들어갈 때 가능한 한 쌍을 이루지 않고 홀전자 수가 많도록 배치하는 것을 말한다.

ㄱ : 바닥상태 전자 배치는 파울리 배타 원리와 훈트 규칙, 쌓음 원리를 모두 만족시키는 것이다. 따라서 바닥상태 전자 배치는 (나)와 (다) 2가지이다.

ㄴ : (가)는 홀전자 수가 최대가 되도록 배치되지 않았다. 따라서 훈트

규칙에 어긋난 전자 배치는 (가) 1가지이다.
ㄷ : 파울리 배타 원리에 어긋난 전자 배치는 없다.

17

ㄱ : 훈트 규칙은 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 들어갈 때 가능한 한 쌍을 이루지 않고 홀전자 수가 많도록 배치되는 것을 말한다. A는 홀전자 수가 많도록 배치했으므로 훈트 규칙을 만족한다.
ㄴ : B는 전자가 $2p_z$ 오비탈을 모두 채우지 않고 $3s$ 오비탈에 들어 있으므로 쌓음 원리를 만족하지 않는 들뜬상태 전자 배치이다.
ㄷ : C는 1족, D는 15족 원소이므로 화학적 성질이 다르다.

18

ㄱ : 에너지를 흡수하기 전 바닥상태 전자 배치를 갖는 수소 원자는 (가)와 (나) 2가지이다.
ㄴ : (나)에서 K 전자 껍질에서 M 전자 껍질로 전자가 전이할 때 필요한 에너지는 (E_3-E_1)이다.
ㄷ : 가장 많은 에너지를 흡수한 수소 원자는 (나)이다.

19

바닥상태 원자 X의 전자 배치에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 8이므로 X의 전자 배치는 $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^2$이며, X는 원자 번호가 14인 규소(Si)이다. "X의 양성자수－중성자수＝0이므로 질량수 a는 14＋14＝28이다.
ㄱ : $a=m=28$이므로 $a+m=56$이다.
ㄴ : X의 평균 원자량$=\dfrac{90\times28+5\times30+5\times32}{100}=28.3$이다.
ㄷ : 바닥상태 원자 X의 s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 6이다.

20

ㄱ : (가)는 구형이므로 $2s$ 오비탈, (나)는 아령형이므로 $2p$ 오비탈이다.
ㄴ : (나)는 방향에 따라 $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$의 3가지 오비탈이 존재한다.
ㄷ : 수소 원자에서는 주 양자수(n)가 같은 오비탈은 종류에 관계없이 에너지 준위가 같다.

21

A는 양성자수가 14－7＝7이므로 $^{14}_{7}N$, B는 양성자수가 13－7＝6이므로 $^{13}_{6}C$, C는 양성자수가 35－18＝17이므로 $^{35}_{17}Cl$이다.
ㄱ : A는 원자 번호 7번인 질소(N)이므로 2주기 원소이다.
ㄴ : A와 B는 양성자수가 다르므로 서로 다른 종류의 원소이다.
ㄷ : 중성 원자의 전자 수는 양성자수와 같고, 음이온의 전자 수는 원자의 전자 수와 얻은 전자 수의 합이다. 따라서 전자 수는 $A+B+C^-=7+6+18=31$이다.

22

이온 반지름이 원자 반지름보다 크면 비금속 원소이고, 이온 반지름이 원자 반지름보다 작으면 금속 원소이다. 따라서 A와 B는 비금속 원소이고, C와 D는 금속 원소이다.
ㄱ : A와 B는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크므로 비금속 원소이다.
ㄴ : 등전자 이온은 양성자수, 즉 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작다.
ㄷ : 같은 주기에서 비금속 원소가 금속 원소보다 제1 이온화 에너지가 크고, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 제1 이온화 에너지가 작아진다. 따라서 2주기 비금속 원소인 B가 3주기 금속 원소인 D보다 제1 이온화 에너지가 크다.

23

같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아지고, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커지므로 (가)는 원자 반지름이다. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 커지다가 주기가 바뀌면서 급격히 작아지므로 (나)는 원자가 전자가 받는 유효 핵전하이다. 등전자 이온의 경우 양성자수가 증가할수록 반지름이 감소하므로 (다)는 이온 반지름이다. U는 질소(N), V는 산소(O), W는 플루오린(F), X는 나트륨(Na), Y는 마그네슘(Mg), Z는 알루미늄(Al)이다.
ㄱ : 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커져 원자 반지름이 작아지고, 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 커져 원자 반지름은 커진다. 따라서 (가)는 원자 반지름이다.
ㄴ : 원자 번호(양성자수)는 U가 7, V가 8, W가 9, X가 11, Y가 12, Z가 13이다.
ㄷ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 U(N)가 3, V(O)가 2, W(F)가 1, X(Na)가 1, Y(Mg)가 0, Z(Al)가 1로 U(N)가 가장 크다.

24

A는 헬륨(He), B는 리튬(Li), C는 플루오린(F), D는 마그네슘(Mg), E는 인(P), F는 염소(Cl)이다.
① : 원자 번호는 A가 2, B가 3으로 B＞A이다.
② : B는 알칼리 금속, D는 알칼리 토금속이다.
③ : 제1 이온화 에너지는 D(Mg)＜E(P)이다.
④ : 같은 족 원소는 화학적 성질이 비슷하다. B(Li)와 C(F)는 같은 주기 원소이다.
⑤ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 E(P)가 3, F(Cl)가 1로 E＞F이다.

25

A는 $E_1 \ll E_2$이므로 1족 원소인 나트륨(Na), B는 $E_2 \ll E_3$이므로 2족 원소인 마그네슘(Mg), C는 $E_3 \ll E_4$이므로 13족 원소인 알루미늄(Al)이다.
ㄱ : A(Na)는 $E_1 \ll E_2$이므로 1족 원소인 나트륨(Na)이다.
ㄴ : 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하는 커지므로 B(Mg)＜C(Al)이다.
ㄷ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 A(Na)와 C(Al)가 1로 같다.

26

A^{2-}은 O^{2-}, B^-은 F^-, C^+은 Na^+, D^{2+}은 Mg^{2+}이다.
ㄱ : 등전자 이온의 경우 핵전하가 클수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하므로 원자 번호가 커질수록 이온 반지름이 작아진다. 따라서 이온 반지름은 $A^{2-}(_8O^{2-})>C^+(_{11}Na^+)$이다.
ㄴ : 원자 반지름은 C(Na)＞D(Mg)이다.
ㄷ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 A(O)가 2, B(F)가 1, C(Na)가 1, D(Mg)가 0으로 A＋B＞C＋D이다.

27

같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 받는 유효 핵전하가 커지고, 이온화 에너지는 대체로 커지며, 원자 반지름은 감소한다. 따라서 A는 플루오린(F), B는 산소(O), C는 질소(N), D는 탄소(C), E는 붕소(B), F는 베릴륨(Be), G는 리튬(Li)이다.

㉠ : 원자 번호는 A>B>C>D>E>F>G이다.
㉡ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 A가 1, B가 2, C가 3, D가 2, E가 1, F가 0, G가 1로 C가 가장 크다.
~~ㄷ~~ : F와 G는 금속 원소이다.

28

A는 $^{12}_{6}C$, B는 $^{13}_{6}C$, C는 $^{14}_{7}N$, D는 $^{16}_{8}O$, E는 $^{18}_{8}O$이다.
㉠ : A와 B, D와 E는 각각 양성자수는 같지만 중성자수가 달라 질량수가 다르므로 동위 원소이다.
~~ㄴ~~ : 질량수는 B가 13, C가 14로 서로 같지 않다.
㉢ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 C가 3으로 가장 크다.

29

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 대체로 커지며 예외적으로 13족 원소는 2족 원소보다, 16족 원소는 15족 원소보다 이온화 에너지가 작다. 따라서 A는 규소(Si), B는 인(P), C는 산소(O), D는 플루오린(F)이다.
㉠ : A와 B는 3주기 원소, C와 D는 2주기 원소이다.
~~ㄴ~~ : 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작으므로 원자 반지름은 C(O)>D(F)이다.
~~ㄷ~~ : 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 B(P)가 3, D(F)가 1로 B>D이다.

30

A는 질소(N), B는 산소(O), C는 플루오린(F), D는 나트륨(Na), E는 마그네슘(Mg)이다.
~~ㄱ~~ : A는 질소(N)이다.
㉡ : D(Na)와 E(Mg)는 3주기 원소이고, 나머지는 2주기 원소이다.
㉢ : 원자 반지름은 D(Na)>E(Mg)>A(N)>B(O)>C(F)이다.

Ⅲ. 화학 결합과 분자의 세계

08 이온 결합

핵심 개념 체크 본문 062~063쪽

1 (1) × (2) ○ (3) ×	**2** 염소 기체, 나트륨 금속	
3 전자	**4** 옥텟	**5** 이온 결합
6 인력, 반발력	**7** 0	**8** (1) > (2) > (3) <

출제 예상 문제 본문 064~066쪽

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

01

㉠ : (가)는 이온 결합 물질의 고체 상태로 이온이 이동할 수 없기 때문에 전기 전도성이 없다.
~~ㄴ~~ : 이온 결합 물질은 고체, 액체 상태 모두 양이온과 음이온이 존재한다.
㉢ : 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 양이온과 음이온의 전하량의 총합은 0이다. 따라서 (나)에서 전하량의 총합은 0이다.

02

㉠ : 용융액에 전류를 흘려 주면 양이온은 (−)극으로, 음이온은 (+)극으로 이동한다. ●는 (−)극으로 이동하므로 양이온인 Na^+이다.
~~ㄴ~~ : ●는 Cl^-이므로 아르곤과 전자 수가 같다.
~~ㄷ~~ : (다)에서 염화 나트륨 용융액을 전기 분해하면 (−)극에서는 Na이, (+)극에서는 Cl_2가 생성되며, 전체 반응식은 다음과 같다.

$$2NaCl \longrightarrow 2Na + Cl_2$$

따라서 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 (+)극 : (−)극=1 : 2이다.

03

물에 전해질(Na_2SO_4 등)을 소량 넣고 전류를 흘려 주면 (+)극에서는 산소 기체가, (−)극에서는 수소 기체가 발생한다.
㉠ : 전극 A에서는 수소 기체가 발생하므로 전극 A는 (−)극이다.
~~ㄴ~~ : 전극 B에서는 산소 기체가 발생하므로 전극 B는 (+)극이며, 물의 전기 분해에서 (+)극에서는 물이 전자를 잃는 산화 반응이 일어난다.
㉢ : 물은 수소 원자와 산소 원자가 공유 결합하여 생성된 화합물로 물의 성분 원소는 H와 O의 2가지이다.

04

이온 결합 물질은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 용융 상태에서는 전기 전도성이 있다. 금속과 흑연은 고체 상태에서 전기 전도성이 있다. 공유 결합 물질은 대부분 고체, 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.
⑤ : 염화 칼륨과 브로민화 나트륨은 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다.

05

~~ㄱ~~ : (−)극에서는 수소 기체가 생성된다.
㉡ : 전기 분해에서 (+)극에서는 산화 반응이, (−)극에서는 환원 반응이 일어난다.
㉢ : 생성되는 물질의 몰비는 (+)극 : (−)극=O_2 : H_2=1 : 2이다.

06

A는 산소(O), B는 나트륨(Na), C는 염소(Cl), D는 칼슘(Ca)이다.
㉠ : DA(CaO)는 BC(NaCl)보다 이온의 전하량이 크므로 녹는점이 높다.
㉡ : B(Na)와 C(Cl)는 모두 3주기 원소이다.
㉢ : BC(NaCl)는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전류가 흐른다.

07

실험은 물의 전기 분해 실험으로 전기 분해 과정에서 기체가 발생한다.
~~①~~ : 용액과 고체를 반응시켜 발생하는 기체를 확인하는 실험 장치이다.
~~②~~ : 수용액의 전기 전도성 여부를 확인하는 실험 장치이다.
~~③~~ : 이온 결합 물질을 용융 상태에서 전기 분해하는 실험 장치이다.
④ : 물을 전기 분해하여 각 전극에서 발생하는 기체를 포집하는 실험 장치이다.
~~⑤~~ : 고체 화합물을 열분해하여 발생하는 기체를 확인하는 실험 장치이다.

08

A는 나트륨(Na), B는 산소(O)이며, $A_2B(Na_2O)$는 Na^+과 O^{2-}이 정전기적 인력에 의해 결합된 이온 결합 물질이다.

㉠ : Na^+과 O^{2-}은 등전자 이온이므로 이온 반지름은 양성자수가 작은 B 이온(O^{2-})이 A 이온(Na^+)보다 크다.

㉡ : 원자의 양성자수는 A(Na)가 11, B(O)가 8로 A가 B보다 크다.

~~ㄷ~~ : A는 3주기 원소이고, B는 2주기 원소이다.

09

A는 나트륨(Na), B는 염소(Cl)이며, AB(NaCl)는 이온 결합 물질이다.

㉠ : NaCl이 형성될 때 Na은 전자를 잃고 Na^+이 된다.

㉡ : AB(NaCl)는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

㉢ : 원자 반지름은 3주기 1족 원소인 A가 3주기 17족 원소인 B보다 크다.

10

A는 나트륨(Na), B는 산소(O), C는 플루오린(F)이다.

~~ㄱ~~ : $BC_2(OF_2)$는 비금속 O와 비금속 F이 공유 결합하여 형성된 공유 결합 물질이다.

㉡ : AC(NaF)는 이온 결합 물질이므로 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다.

~~ㄷ~~ : B(O)는 비금속 원소이므로 Ne과 전자 배치가 같은 이온이 될 때 전자를 얻어 음이온이 된다.

11

이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 정전기적 인력이 크며, 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 이온 결합 물질의 녹는점은 높다.

㉠ : LiF과 MgO은 이온 사이의 거리는 비슷하지만, 이온의 전하량이 MgO이 LiF보다 크므로 정전기적 인력은 MgO이 LiF보다 크다. 따라서 (나)>(가)이다.

~~ㄴ~~ : 이온 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 이온 사이의 거리가 MgO<CaO이므로 $x>210$이다.

~~ㄷ~~ : LiF과 LiCl은 이온의 전하량이 같으므로 이온 사이의 거리에 따른 녹는점의 변화를 알아보기 위한 화합물로 적절하다.

12

MCl에 외부에서 힘을 가했을 때 쪼개지는 것은 이온의 층이 밀리면서 경계면에서 같은 전하를 띤 이온 사이에 반발력이 작용하기 때문이다.

㉠ : MCl은 양이온과 음이온으로 이루어진 이온 결합 물질이다.

~~ㄴ~~ : 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

~~ㄷ~~ : 3주기 금속 원소가 안정한 이온이 될 때는 Ne과 같은 전자 배치가 되고, 3주기 비금속 원소가 안정한 이온이 될 때는 Ar과 같은 전자 배치가 된다. 따라서 이온 반지름은 Cl^-이 $M^+(Na^+)$보다 크다.

13

E는 이온 결합이 형성될 때 방출하는 에너지로 E가 클수록 이온 결합 물질의 녹는점이 높다. r_0에서 이온 결합이 형성되며 안정한 상태가 된다.

~~ㄱ~~ : 이온 반지름은 K^+이 Na^+보다 크므로 r_0의 크기는 KCl이 NaCl보다 크다.

㉡ : MgO은 NaCl보다 이온의 전하량이 커서 정전기적 인력이 크고 녹는점이 높다. 따라서 E의 크기는 MgO이 NaCl보다 크다.

~~ㄷ~~ : 이온 간 거리가 r_0인 지점에서 에너지가 가장 낮으며, 이온 결합이 형성된다.

14

양이온과 음이온 간 거리가 적절할 때 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 이온 결합이 형성되며, 안정한 상태가 된다.

~~ㄱ~~ : (가)는 인력에 의한 에너지의 변화로 양이온과 음이온이 서로 접근하면 정전기적 인력에 의해 에너지가 낮아지고 안정해진다.

~~ㄴ~~ : a에서는 에너지가 최소인 r_0보다 이온 간 거리가 짧으므로 반발력이 인력보다 크게 작용한다.

㉢ : 양이온과 음이온 간 거리가 r_0일 때 에너지가 가장 낮으며 안정한 상태이므로 이온 결합이 형성된다.

서답형 문제

본문 067쪽

01 해설 참조 **02** A : (−)극, 수소, B : (+)극, 산소
03 해설 참조 **04** 해설 참조
05 (가) NaBr (나) NaF (다) MgO
06 (1) 이온 결합 (2) A : 1, B : 6 (3) 해설 참조

01

DA(CaO)는 +2가 양이온과 −2가 음이온으로 이루어진 화합물이고, CB(NaF)는 +1가 양이온과 −1가 음이온으로 이루어진 화합물이다.

모범답안 이온 사이의 거리가 비슷한 경우 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 높아진다. DA(CaO)가 CB(NaF)보다 이온의 전하량이 크므로 녹는점이 더 높다.

채점 기준	배점
녹는점을 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
녹는점 비교만 옳게 서술한 경우	50 %

02

물에 전해질(Na_2SO_4 등)을 소량 넣고 전류를 흘려 주면 (+)극에서는 산소 기체가, (−)극에서는 수소 기체가 발생하며, 이때 발생하는 기체의 부피비는 $O_2 : H_2 = 1 : 2$이다. 그림에서 전극 A에 연결된 시험관에서 더 많은 기체가 발생했으므로 A는 (−)극이고, B는 (+)극이다.

03

모범답안 이온 결합 물질인 염화 나트륨은 고체 상태에서는 양이온과 음이온이 단단히 결합하고 있어서 이동할 수 없기 때문에 전기 전도성이 없으며, 고체 상태의 염화 나트륨에 충격을 가하면 같은 전하를 띤 이온들 사이에 반발력이 작용하여 쉽게 부스러진다.

채점 기준	배점
전기 전도성의 여부와 충격을 가했을 때의 결과를 까닭과 함께 모두 옳게 서술한 경우	100 %
전기 전도성의 여부만 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	50 %
충격을 가했을 때의 결과만 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	50 %
전기 전도성의 여부와 충격을 가했을 때의 결과만 옳게 쓰고, 까닭은 서술하지 못한 경우	25 %

04

이온 간 거리가 NaY > NaX이므로 Y는 3주기 원소인 Cl, X는 2주기 원소인 F이다.

모범답안 1 NaX은 플루오린화 나트륨이고, NaY은 염화 나트륨이다. 그림에서 이온 결합이 형성되었을 때 에너지가 NaX이 NaY보다 낮으므로 녹는점은 NaX이 NaY보다 높다.

모범답안 2 NaX은 플루오린화 나트륨이고, NaY은 염화 나트륨이다. NaX과 NaY의 이온의 전하량 크기는 같고, 그림에서 이온 간 거리가 NaX이 NaY보다 짧으므로 녹는점은 NaX이 NaY보다 높다.

채점 기준	배점
화합물의 이름을 모두 옳게 쓰고, 녹는점을 까닭과 함께 옳게 비교하여 서술한 경우	100 %
화합물의 이름만 모두 옳게 쓴 경우	50 %
녹는점만을 까닭과 함께 옳게 비교하여 서술한 경우	50 %

05

MgO은 양이온과 음이온의 전하량이 NaF, NaBr보다 크므로 녹는점이 가장 높다. 따라서 (다)는 MgO이다. NaF과 NaBr은 이온의 전하량이 같으므로 이온 사이의 거리가 짧은 NaF이 NaBr보다 녹는점이 높다. 따라서 (가)는 NaBr, (나)는 NaF이다.

06

(1) A_2B는 Na_2S으로 양이온인 Na^+과 음이온인 S^{2-}이 이온 결합하여 형성된 화합물이다.

(2) A(Na)는 1족 원소이므로 원자가 전자 수가 1이고, B(S)는 16족 원소이므로 원자가 전자 수가 6이다.

(3) 모범답안 A_2B는 이온 결합 물질로 액체 상태에서 이온들이 자유롭게 이동할 수 있기 때문에 전기 전도성이 있다.

채점 기준	배점
전기 전도성의 여부를 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
전기 전도성의 여부만을 옳게 서술한 경우	50 %

09 공유 결합과 결합의 극성

핵심 개념 체크

본문 068~069쪽

1 공유 **2** 네온, 헬륨 **3** 극성, 무극성
4 자유 전자 **5** (1) ○ (2) × (3) ×
6 (1)-㉡ (2)-㉠ (3)-㉠ (4)-㉠

출제 예상 문제

본문 070~073쪽

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

01

A는 수소(H), B는 플루오린(F)이다. 극성 공유 결합은 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이고, 무극성 공유 결합은 같은 원자 사이의 공유 결합이다.

~~ㄱ~~ : (가)에는 무극성 공유 결합, (나)에는 극성 공유 결합이 존재한다.

㉡ : (가)와 (나) 모두 두 원자 사이에 1개의 전자쌍을 공유하여 형성된 단일 결합이 존재한다.

~~ㄷ~~ : A는 헬륨, B는 네온과 같은 전자 배치를 가진다.

02

~~ㄱ~~ : 수소 원자의 결합 길이는 a pm, 공유 결합 반지름은 $\frac{a}{2}$ pm이다.

㉡ : (가)에서는 원자핵 사이의 반발력과 전자 사이의 반발력 때문에 에너지가 급격히 높아져 불안정하며, 수소 원자 사이의 반발력이 인력보다 우세하게 작용한다.

㉢ : (나)에서는 인력과 반발력이 균형을 이루고 에너지가 가장 낮아져 수소 원자 사이에 공유 결합이 형성된다.

03

(가)는 드라이 아이스(CO_2), (나)는 흑연(C)이다.

㉠ : (가)와 (나)는 모두 공유 결합으로 형성된 공유 결합 물질이다.

㉡ : 이산화 탄소 분자에는 C 원자와 O 원자 사이에 2개의 2중 결합이 존재한다.

㉢ : 흑연(C)에는 공유 결합에 참여하지 않는 원자가 전자가 탄소 원자층 사이를 자유롭게 이동하므로 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.

04

(가)는 이산화 탄소(CO_2), (나)는 사이안화 수소(HCN)이다.

㉠ : (가)에서 구성 원자 C와 O는 전자쌍을 공유하면서 모두 네온의 전자 배치를 가지며 옥텟 규칙을 만족한다.

㉡ : (나)에서 C 원자와 N 원자 사이에는 3중 결합이 존재한다.

㉢ : (가)와 (나)에는 각각 전기 음성도가 다른 원자들이 공유 결합하고 있으므로 모두 극성 공유 결합이 존재한다.

05

구성 원자 수와 총 전자 수로 보아 (가)는 H_2O, (나)는 HCl, (다)는 H_2이며, A는 O, B는 Cl, C는 H이다.

㉠ : 원자에서 양성자수와 전자 수는 같다. H는 양성자수가 1이고, Cl는 양성자수가 17이므로 HCl에서 총 전자 수 $x=18$이다.

~~ㄴ~~ : 전기 음성도는 O가 H보다 크므로 H_2O에서 공유 전자쌍이 O 원자 쪽으로 치우친다. 따라서 (가)에서 A는 부분적인 음전하를 띤다.

㉢ : (가)는 2개의 전자쌍을 공유하고, (다)는 1개의 전자쌍을 공유한다.

06

A는 탄소(C), B는 산소(O), C는 나트륨(Na)이며, (가)는 이산화 탄소(CO_2), (나)는 산화 나트륨(Na_2O), (다)는 산소(O_2)이다.

㉠ : (가)에는 C 원자와 O 원자 사이에, (다)에는 O 원자 사이에 2중 결합이 존재한다.

~~ㄴ~~ : (나)는 이온 결합으로, (다)는 공유 결합으로 형성된 화합물이다.

㉢ : 녹는점은 이온 결합 물질인 (나)가 분자로 이루어진 공유 결합 물질인 (다)보다 높다. (나)는 실온에서 고체, (다)는 실온에서 기체 상태로 존재한다.

07

~~ㄱ~~ : AD(HF)는 공유 결합 물질이고, ED(NaF)는 이온 결합 물질이다.
ㄴ : 공유된 전자쌍 수는 $BC_2(CO_2)$와 $BD_4(CF_4)$ 모두 4로 같다.
~~ㄷ~~ : 전기 음성도는 플루오린(F)이 산소(O)보다 크므로 $CD_2(OF_2)$에서 전자쌍은 F 원자 쪽으로 치우쳐 C(O)는 부분적인 양전하를 띤다.

08

M은 금속이며 자유 전자가 자유롭게 움직이므로 고체와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄱ : A는 금속 양이온, B는 자유 전자이다.
ㄴ : (나)에서 자유 전자인 B는 음전하를 띠므로 (+)극 쪽으로 이동한다.
~~ㄷ~~ : 금속에 전류를 흘려 주면 자유 전자는 (+)극 쪽으로 이동하지만 금속 양이온은 이동하지 않는다.

09

A는 수소(H), B는 산소(O), C는 마그네슘(Mg)이므로 (가)는 H_2O, (나)는 MgO이다.
~~ㄱ~~ : (가)는 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.
~~ㄴ~~ : (나)가 생성될 때 전자는 C에서 B로 이동한다.
ㄷ : (나)가 형성될 때 B는 전자를 얻어 Ne과 같은 전자 배치를, C는 전자를 잃어 Ne과 같은 전자 배치를 가지므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

10

A와 B는 3주기 원소이고, AB에서 A는 +1가 양이온, B는 −1가 음이온이므로 A는 Na, B는 Cl이다. 따라서 AB는 NaCl, B_2는 Cl_2이다.
ㄱ : 같은 주기에서 원자 번호가 증가하면 원자 반지름이 감소하므로 원자 반지름은 3주기 1족 원소인 A가 3주기 17족 원소인 B보다 크다.
ㄴ : AB는 이온 결합 물질로 1기압, 실온에서 고체 상태이고, B_2는 공유 결합 물질로 1기압, 실온에서 기체 상태이므로 녹는점은 AB가 B_2보다 높다.
ㄷ : 할로젠 원소로 이루어진 B_2에는 단일 결합 1개가 존재한다.

11

고체 상태에서 흑연(C)은 전기 전도성이 있고 NaCl은 없으므로 ㉠은 흑연(C), ㉡은 NaCl이다.
~~ㄱ~~ : 흑연(C)은 공유 결합 물질이므로 (가)에는 '이온 결합 물질인가?'가 적절하지 않으며, '1기압, 실온에서 고체 상태인가?' 등이 적절하다.
ㄴ : 흑연(C)은 모든 원자가 공유 결합으로 이루어진 공유 결합 물질이다.
ㄷ : 흑연, 다이아몬드 등의 공유 결정은 녹는점이 매우 높아 1기압, 실온에서 고체 상태이고, 염화 나트륨 등의 이온 결합 물질도 녹는점이 높아 1기압, 실온에서 고체 상태이다.

12

전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커진다. 따라서 A는 플루오린(F), B는 염소(Cl), C는 질소(N), D는 나트륨(Na)이다.
ㄱ : $CB_3(NCl_3)$는 비금속 원소로 이루어진 분자이므로 공유 결합 물질이다.
ㄴ : 녹는점은 이온 결합 물질인 DA(NaF)가 분자로 이루어진 공유 결합 물질인 $CA_3(NF_3)$보다 높다.
~~ㄷ~~ : 원자가 전자 수는 B가 7, C가 5로 B가 C보다 크다.

13

ㄱ : AC에서보다 BC에서 전자쌍이 C 원자 쪽으로 더 치우쳤으므로 전기 음성도는 A가 B보다 크다.
ㄴ : (가)는 무극성 공유 결합, (나)는 극성 공유 결합, (다)는 이온 결합을 모형으로 나타낸 것이다.
ㄷ : 쌍극자 모멘트가 (가)는 0이고, (나)는 0이 아니다.

14

(가)는 CO_2, (나)는 H_2O이다.
~~ㄱ~~ : (가)는 전기 음성도가 다른 원자 A와 B 사이의 공유 결합이므로 극성 공유 결합으로 이루어진 분자이다.
ㄴ : 전기 음성도가 (가)에서는 A>B이고, (나)에서는 A>C이므로 A~C 중 전기 음성도는 A가 가장 크다.
ㄷ : (가)와 (나)에서 부분적인 음전하를 띠는 원자는 A로 같다.

15

A는 산소(O), B는 플루오린(F)이며, AB_2는 OF_2이다.
~~ㄱ~~ : 전기 음성도는 B가 A보다 크므로 AB_2에서 A는 부분적인 양전하를 띤다.
ㄴ : AB_2에서 A와 B는 전자쌍을 공유하면서 Ne과 같은 전자 배치를 가지므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다.
~~ㄷ~~ : AB_2는 공유 결합 물질로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

16

A는 탄소(C), B는 산소(O), C는 플루오린(F), D는 나트륨(Na)이다.
~~ㄱ~~ : 녹는점은 이온 결합 물질인 DC(NaF)가 공유 결합 물질인 $AC_4(CF_4)$보다 높다.
ㄴ : DC는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄷ : 전기 음성도는 C가 B보다 크므로 $BC_2(OF_2)$에서 B는 부분적인 양전하를, C는 부분적인 음전하를 띤다.

서답형 문제

본문 074쪽

01 (1) (나) (2) $\frac{r}{2}$ pm
02 (1) Z>Y>X (2) (가) Y (나) Z (3) (가) 4, (나) 2
03 (1) (가) 이온 결합 (나) 금속 결합 (2) (가) 음이온 (나) 자유 전자 (3) 해설 참조 (4) 해설 참조 **04** (1) X>Y (2) H

01

(1) (나) 지점에서 인력과 반발력이 균형을 이루며, 에너지가 가장 낮아져 안정한 공유 결합이 형성된다.
(2) r은 결합 길이이며, 결합 길이의 $\frac{1}{2}$이 공유 결합 반지름이다.

02

(1) (가)는 CO_2이고, (나)는 OF_2이므로 X는 C, Y는 O, Z는 F이다. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도는 증가하므로 전기 음성도는 Z(F)>Y(O)>X(C)이다.
(2) 분자에서 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하를, 작은 원자는 부분적인 양전하를 띤다.

(3) (가)에서는 X 원자 1개가 Y 원자 2개와 각각 2개의 전자쌍을 공유하여 XY_2 분자를 형성하므로 (가)에서 공유된 전자쌍 수는 4이다. (나)에서는 Y 원자 1개가 Z 원자 2개와 각각 1개의 전자쌍을 공유하여 YZ_2 분자를 형성하므로 (나)에서 공유된 전자쌍 수는 2이다.

03

(1), (2) (가)는 양이온과 음이온의 정전기적 인력에 의해 형성된 이온 결합 물질이고, (나)는 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된 금속 결합 물질이다.

(3) (가)는 이온 결합 물질이고, (나)는 금속 결합으로 이루어진 금속이므로 고체 상태에서 (가)는 전기 전도성이 없고, (나)는 전기 전도성이 있다.

모범답안 (가)는 고체 상태에서 이온들이 이동할 수 없기 때문에 전기 전도성이 없고, (나)는 고체 상태에서 자유 전자가 자유롭게 움직이므로 전기 전도성이 있다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 전기 전도성을 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
(가) 또는 (나) 한 가지의 전기 전도성만 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	50 %

(4) 이온 결합 물질은 외부에서 충격을 가하면 쉽게 부스러지고, 금속은 외부에서 충격을 가해도 자유 전자의 이동에 의해 금속 결합을 유지할 수 있으므로 뽑힘성(연성)과 펴짐성(전성)이 좋다.

모범답안 이온 결합 물질인 (가)는 외부에서 충격을 가할 때 이온의 층이 밀리면서 같은 전하를 띤 이온들끼리 반발하여 쉽게 부스러진다.

채점 기준	배점
(가)를 쓰고, 쉽게 부스러지는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)를 쓰고, 쉽게 부스러지는 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	50 %

04

(가)~(다)에서 2주기 원소 X, Y가 각각 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)~(다)는 각각 F_2, O_2, HF이다.

(1) 전기 음성도는 2주기 17족 원소인 X(F)가 2주기 16족 원소인 Y(O)보다 크다.

(2) 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하를, 작은 원자는 부분적인 양전하를 띤다. 전기 음성도가 F>H이므로 부분적인 양전하를 띠는 원자는 H이다.

10 분자의 구조

핵심 개념 체크

본문 075~076쪽

1 원자가 전자 **2** 2, 4 **3** 비공유 전자쌍

4 (1) ○ (2) ○ (3) ×

5 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×

6

분자식	BeF_2	BCl_3	CH_4	NH_3	H_2O
결합각	180°	120°	109.5°	107°	104.5°
분자 구조	선형	평면 삼각형	정사면체	삼각뿔	굽은 형

출제 예상 문제

본문 077~079쪽

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

01

X는 탄소(C), Y는 산소(O), Z는 플루오린(F)이다.

㉠ : $XZ_4(CF_4)$의 분자 구조는 정사면체이므로 입체 구조이다.

㉡ : 공유 전자쌍 수는 $Y_2(O_2)$가 2, $Z_2(F_2)$가 1로 Y_2가 Z_2보다 크다.

㉢ : $XY_2(CO_2)$에는 공유 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 4개가 있다.

02

(가)는 CO_2이고, (나)는 NF_3이다.

㉠ : (가)는 분자 구조가 선형이므로 결합각은 180°이다.

~~㉡~~ : (나)는 중심 원자 N가 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개를 가지므로 (나)의 분자 구조는 삼각뿔이다.

㉢ : 전기 음성도는 D(F)가 C(N)보다 크므로 (나)에서 D는 부분적인 음전하를 띤다.

03

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

~~㉠~~ : 원자가 전자 수는 B가 6, C가 5로 C가 B보다 작다.

㉡ : 같은 주기에서 전기 음성도는 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 전기 음성도는 D가 가장 크다.

㉢ : 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 증가할수록 감소하므로 원자 반지름은 A가 가장 크다.

04

㉠ : (가)의 결합각은 104.5°, (다)의 결합각은 107°로 결합각은 (다)가 (가)보다 크다.

~~㉡~~ : (나)와 (다)는 모두 분자 구조가 삼각뿔로 입체 구조이다.

㉢ : 중심 원자는 모두 Ne과 같은 전자 배치를 가져 옥텟 규칙을 만족한다.

05

X는 공유 전자쌍만 4개를 가지므로 탄소(C)이고, Y는 공유 전자쌍 3개, 비공유 전자쌍 1개를 가지므로 질소(N)이며, Z는 공유 전자쌍 2개, 비공유 전자쌍 2개를 가지므로 산소(O)이다.

㉠ : 결합각은 (가), (나), (다)가 각각 109.5°, 107°, 104.5°이므로 $\alpha>\beta>\gamma$이다.

㉡ : X와 Z는 서로 다른 원소이므로 XZ_2에는 극성 공유 결합이 존재한다.

㉢ : 원자가 전자 수는 Z가 6, Y가 5로 Z가 Y보다 크다.

06

중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자는 H_2O, NH_3이고, 입체 구조인 분자는 $CHCl_3$, NH_3이다. 따라서 ㉠은 NH_3, ㉡은 H_2O, ㉢은 BF_3이다.

㉠ : 결합각은 ㉠이 107°, ㉡이 104.5°로 ㉠이 ㉡보다 크다.

~~㉡~~ : 전기 음성도는 F이 B보다 크므로 ㉢에서 중심 원자 B는 부분적인 양전하를 띤다.

㉢ : BF_3는 평면 삼각형 구조로 모든 원자가 동일 평면에 존재하며, $CHCl_3$은 사면체 구조로 입체 구조이므로 (가)에는 '모든 원자가 동일 평면에 존재하는가?'를 적용할 수 있다.

07

X는 탄소(C), Y는 질소(N), Z는 플루오린(F)이다.

㉠ : 결합각은 정사면체 구조인 (가)가 삼각뿔 구조인 (나)보다 크므로 $\alpha > \beta$이다.

㉡ : (가)에서 X는 공유 전자쌍만 4개를 가지므로 (가)의 분자 구조는 정사면체이다.

~~ㄷ~~ : 비공유 전자쌍 수는 (가)가 12, (나)가 10으로 (나)가 (가)보다 작다.

08

㉠ : CH_3ONH_2에서 C 원자는 공유 전자쌍만 4개를 가지고, N 원자는 공유 전자쌍 3개, 비공유 전자쌍 1개를 가지므로 C 원자를 중심으로 4개의 원자가 사면체 형태로 배열되어 있고, N 원자를 중심으로 3개의 원자가 삼각뿔 형태로 배열되어 있다. 따라서 $\alpha > \beta$이다.

㉡ : 비공유 전자쌍이 O 원자에 2개, N 원자에 1개 있으므로 비공유 전자쌍 수는 3이다.

~~ㄷ~~ : 다중 결합은 존재하지 않고 모든 원자들이 단일 결합을 하고 있다.

09

(가)는 H_2O, (나)는 NH_3, (다)는 CH_4이다.

~~ㄱ~~ : (가)에서 중심 원자 O의 원자가 전자 수는 6, (나)에서 중심 원자 N의 원자가 전자 수는 5로 (나)가 (가)보다 작다.

㉡ : 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도가 증가하므로 중심 원자의 전기 음성도는 (나)가 (다)보다 크다.

~~ㄷ~~ : (나)의 분자 구조는 삼각뿔 형태로 입체 구조이다.

10

X는 탄소(C), Y는 질소(N)이며, (가)와 (나)의 루이스 구조식은 다음과 같다.

(가) (나)

㉠ : (가)에서 X에는 비공유 전자쌍이 없고 3개의 원자가 평면 삼각형의 형태로 배열되어 있다. (나)에서 Y에는 비공유 전자쌍이 1개 있어 3개의 원자가 삼각뿔 형태로 배열되어 있다. 따라서 결합각은 $\alpha > \beta$이다.

㉡ : 비공유 전자쌍이 (가)에는 없고, (나)에는 2개 있다.

~~ㄷ~~ : X는 14족 원소이므로 원자가 전자 수가 4이다.

11

㉠은 CO_2, ㉡은 H_2O, ㉢은 CH_4, ㉣은 NH_3이다.

~~ㄱ~~ : ㉢은 CH_4이므로 (가)는 '정사면체'이며, (나)가 '삼각뿔'이다.

㉡ : ㉠은 비공유 전자쌍이 4, 공유 전자쌍이 4이고, ㉡은 비공유 전자쌍이 2, 공유 전자쌍이 2이므로 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$는 ㉠과 ㉡이 1로 같다.

㉢ : 결합각은 ㉢이 109.5°, ㉣이 107°로 ㉢이 ㉣보다 크다.

12

분자 구조가 (가)는 평면 삼각형, (나)는 굽은 형, (다)는 평면 삼각형이다.

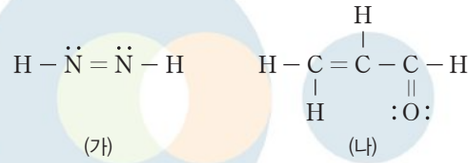
㉠ : 비공유 전자쌍이 (가)와 (나) 모두 O 원자에 2개씩 존재하므로 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나) 모두 2로 같다.

㉡ : 결합각은 평면 삼각형인 (다)가 굽은 형인 (나)보다 크다.

~~ㄷ~~ : (가)~(다) 모두 모든 원자가 동일 평면에 존재한다.

13

(가)와 (나)의 루이스 구조식은 다음과 같다.



(가) (나)

~~ㄱ~~ : 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나) 모두 2로 같다.

㉡ : (나)에서 C는 비공유 전자쌍을 가지지 않으므로 ㉠과 ㉡이 모두 2중 결합이어야 C 원자가 옥텟 규칙을 만족하게 된다.

~~ㄷ~~ : (가)에서 N 원자는 비공유 전자쌍을 1개 가지고 있으므로 N 원자를 중심으로 2개의 원자가 굽은 형 형태로 배열하고 있다. 따라서 구성 원자가 일직선상에 배치되지 않는다.

14

③ 3중 결합을 가진 분자는 HCN, C_2H_2으로 2가지이고, 분자 구조가 입체 구조인 분자는 CH_4, NH_3로 2가지이며, 비공유 전자쌍 수가 1인 분자는 HCN, NH_3로 2가지이다. 따라서 $x+y+z=6$이다.

15

(가)는 H_2O, (나)는 NH_3, (다)는 CH_4이다.

~~ㄱ~~ : 공유 전자쌍이 0인 수소 화합물은 존재하지 않으므로 ㉠은 공유 전자쌍, ㉡은 비공유 전자쌍이다.

~~ㄴ~~ : 결합각은 (가)가 104.5°, (다)가 109.5°로 (가)가 (다)보다 작다.

㉢ : (나)의 중심 원자 N에는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 (나)는 분자 구조가 삼각뿔 형태이며 입체 구조이다.

서답형 문제

본문 080쪽

01 (1) 해설 참조 (2) (가) 정사면체 (나) 삼각뿔

02 (가) CO_2 (나) H_2O (다) CH_2Cl_2 (라) NH_3 **03** CO_2, 180°

04 (1) XZ_3: 삼각뿔, YZ_2: 굽은 형 (2) 공유 전자쌍 수: 5, 비공유 전자쌍 수: 14

05 (1) HCN, CO_2, CH_4, CH_2Cl_2 (2) CH_4, NH_3, CH_2Cl_2 (3) HCN, CO_2 **06** 해설 참조

01

(1) 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.

모범답안 (가)의 중심 원자에는 공유 전자쌍만 4개, (나)의 중심 원자에는 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있다. 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 결합각은 β가 α보다 작다.

채점 기준	배점
결합각의 크기 비교를 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
결합각의 크기만 옳게 비교한 경우	50 %

(2) (가)는 중심 원자 C에 비공유 전자쌍은 없고, 4개의 H 원자가 결합하므로 분자 구조는 정사면체이고, (나)는 중심 원자 N에 비공유 전자쌍 1개와 3개의 H 원자가 결합하므로 분자 구조는 삼각뿔이다.

02

중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 H_2O이 2, CH_2Cl_2이 0, CO_2가 0, NH_3가 1이다. 또한 선형인 CO_2와 굽은 형인 H_2O은 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재하는 평면 구조이고, 사면체 구조인 CH_2Cl_2과 삼각뿔 구조인 NH_3는 입체 구조이다.

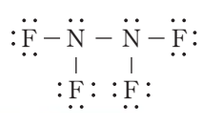
03

결합각은 선형인 CO_2가 180°로 가장 크다.

04

(1) XZ_3는 NF_3이며, 중심 원자 N가 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개를 가지고 있으므로 분자 구조는 삼각뿔이다. YZ_2는 OF_2이며, 중심 원자 O가 비공유 전자쌍 2개와 공유 전자쌍 2개를 가지고 있으므로 분자 구조는 굽은 형이다.

(2) X_2Z_4는 N_2F_4이며, 루이스 구조식은 다음과 같다.



05

(1) HCN에는 단일 결합 1개와 3중 결합 1개가 있고, CO_2에는 2중 결합 2개가 있고, CH_4과 CH_2Cl_2에는 단일 결합이 각각 4개씩 있으므로 이들 분자의 공유 전자쌍 수는 모두 4이다. NH_3에는 단일 결합이 3개 있으므로 공유 전자쌍 수가 3이다.

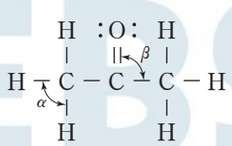
(2) CH_4은 정사면체, NH_3는 삼각뿔, CH_2Cl_2는 사면체 구조로 입체 구조이다.

(3) HCN와 CO_2는 선형으로 평면 구조이다.

06

(가)에서 C와 O 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 C 원자는 공유 전자쌍 4개를, O 원자는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개를 가진다.

모범답안 (가)에 다중 결합과 비공유 전자쌍을 모두 표시하면 다음과 같다.



α를 이루는 C 원자에는 4개의 원자가 사면체 모양으로 배열되고, β를 이루는 C 원자에는 3개의 원자가 평면 삼각형 모양으로 배열되므로 결합각은 β가 α보다 크다.

채점 기준	배점
(가)에 다중 결합과 비공유 전자쌍을 모두 옳게 표시하고, 결합각의 크기 비교를 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
(가)에 다중 결합과 비공유 전자쌍만 모두 옳게 표시한 경우	50 %
결합각의 크기 비교만 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	50 %

11 분자의 구조와 성질

핵심 개념 체크

본문 081~082쪽

1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×
2 굽은 형, 극성
3 평면 삼각형, 무극성
4 (1)-㉠ (2)-㉡ (3)-㉡
5 극성, 무극성
6 HCl, NaCl, NH_3
7 무극성
8 I_2
9 (1) > (2) > (3) <

출제 예상 문제

본문 083~085쪽

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

01

3가지 분자 중 극성 분자는 HCN, H_2S이며, 분자 구조가 선형인 분자는 HCN, CO_2이고, 입체 구조인 분자는 없다.

③ (가)가 '분자 구조가 선형인가?'이면 '아니요'에 해당하는 분자는 H_2S가 되며, (나)가 '극성 분자인가?'이면 '예'에 해당하는 분자는 HCN, '아니요'에 해당하는 분자는 CO_2가 된다.

02

X는 탄소(C), Y는 산소(O)이므로 (가)는 CO_2이며, Z는 H이므로 (나)는 H_2O이다.

㉠ : (가)는 대칭 구조로 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이므로 무극성 분자이다.

㉡ : 결합각은 선형인 (가)가 굽은 형인 (나)보다 크다.

~~ㄷ~~ : (나)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

03

(가)는 무극성 분자, (나)는 극성 분자이다.

㉠ : 물에 대한 용해도는 극성 분자인 (나)가 무극성 분자인 (가)보다 크다.

~~ㄴ~~ : 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)는 0이고, (나)는 0이 아니다.

㉢ : (가)와 (나)의 분자 구조는 모두 선형이다.

04

(가)는 CO_2, (나)는 CF_4, (다)는 NF_3이다.

~~ㄱ~~ : 극성 분자는 (다) 1가지이다.

㉡ : (가)와 (나)는 무극성 분자이고, (다)는 극성 분자이므로 물에 대한 용해도는 (다)가 가장 크다.

㉢ : (가)~(다) 모두 다른 원소의 원자들이 공유 결합하여 형성된 분자이므로 (가)~(다) 모두 극성 공유 결합을 갖는다.

05

~~ㄱ~~ : (가)와 (나)의 분자량은 같지만, (가)는 무극성 분자이고 (나)는 극성 분자이므로 끓는점은 (나)가 (가)보다 높다. 따라서 ㉡>㉠이다.

㉡ : (다)는 극성 분자, (가)는 무극성 분자이므로 물에 대한 용해도는

(다)가 (가)보다 크다.
ㄷ : 분자의 쌍극자 모멘트는 무극성 분자인 (가)는 0이고, 극성 분자인 (나)는 0이 아니다.

06

(가)와 (나)의 루이스 구조식은 다음과 같다.

(가) (나)

ㄱ : 분자의 쌍극자 모멘트는 무극성 분자인 (가)는 0이고, 극성 분자인 (나)는 0이 아니다.
ㄴ : 물은 극성 분자이므로 물에 대한 용해도는 극성 분자인 (나)가 무극성 분자인 (가)보다 크다.
ㄷ : 결합각은 선형 구조인 (가)는 180°이고, 삼각뿔 구조인 (나)는 180°보다 작다.

07

전기장 속에서 극성 분자는 일정한 방향으로 배열되고, 무극성 분자는 무질서하게 배열된다. 따라서 (가)는 극성 분자인 HCl이고, (나)는 무극성 분자인 CO_2이다.
~~ㄱ~~ : 비공유 전자쌍 수는 (가)가 3, (나)가 4로 (가)가 (나)보다 작다.
~~ㄴ~~ : 물에 대한 용해도는 극성 분자인 (가)가 무극성 분자인 (나)보다 크다.
ㄷ : 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)는 0이 아니고, (나)는 0이다.

08

(가)는 CH_4, (나)는 CH_3Cl, (다)는 HCl이다.
ㄱ : 극성 분자는 (나)와 (다) 2가지이다.
ㄴ : 물에 대한 용해도는 극성 분자인 (다)가 무극성 분자인 (가)보다 크다.
~~ㄷ~~ : (가)~(다)에는 모두 무극성 공유 결합이 존재하지 않는다.

09

ㄱ : 물 분자에서 수소 원자가 부분적인 양전하를 띠므로 (−)전하를 띤 대전체 쪽으로 배열된다.
~~ㄴ~~ : 물은 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.
~~ㄷ~~ : 물줄기에 (−)대전체를 가까이 가져가면 부분적인 양전하를 띠는 수소 원자가 대전체 쪽으로 배열되고, (+)대전체를 가까이 가져가면 부분적인 음전하를 띤 산소 원자가 대전체 쪽으로 배열되므로 (+)전하를 띤 대전체를 물줄기에 가까이 가져가도 물줄기는 끌려온다.

10

ㄱ : 극성 용매인 $A_2D(H_2O)$에 대한 용해도는 극성 분자인 $CA_3(NH_3)$가 무극성 분자인 $BA_4(CH_4)$보다 크다.
ㄴ : 끓는점은 극성 분자인 A_2D가 무극성 분자인 BA_4보다 높다.
~~ㄷ~~ : 분자 구조가 굽은 형인 $A_2D(H_2O)$에서 전기 음성도는 D(O)가 A(H)보다 크므로 중심 원자 D(O)는 부분적인 음전하를 띤다.

11

ㄱ : (가)는 무극성 분자이므로 X는 붕소(B)이고, (가)는 BCl_3이다. 따라서 ㉠은 '평면 삼각형'이다.
ㄴ : (나)의 분자 구조가 삼각뿔 구조이므로 (나)는 NCl_3이다. 따라서 ㉡은 '극성'이다.
~~ㄷ~~ : (다)는 무극성 분자이므로 (다)는 CCl_4이고, Z는 탄소(C)이다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 전기 음성도는 Y(N)>Z(C)>X(B)이다.

12

ㄱ : HCl에서 Cl는 부분적인 음전하를 띤다. 전기장에서 HCl의 Cl 원자가 전극 A 쪽으로 향했으므로 전극 A는 (+)극이다.
~~ㄴ~~ : HCl는 극성 분자이므로 전기장에서 일정한 방향으로 배열한다. 따라서 HCl의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.
~~ㄷ~~ : HCl 대신 무극성 분자인 CO_2를 전기장에 놓으면 무질서하게 배열한다.

13

(가)는 CH_4, (나)는 NH_3, (다)는 H_2O이다.
~~ㄱ~~ : (가)는 무극성 분자이므로 ㉠은 '0'이 적절하다.
~~ㄴ~~ : 극성 용매인 (다)에 대한 용해도는 극성 분자인 (나)가 무극성 분자인 (가)보다 크다.
ㄷ : 분자 구조는 (가)가 정사면체, (나)가 삼각뿔, (다)가 굽은 형으로 (가)~(다) 중 입체 구조는 (가)와 (나) 2가지이다.

서답형 문제

본문 086쪽

01 해설 참조 **02** 해설 참조
03 해설 참조
04 A: C, B: O, C: F, 전기 음성도: C(F)>B(O)>A(C)
05 (1) B>A>C (2) 해설 참조

01

이온 결합 물질인 $CuCl_2$는 물에는 잘 녹고 사염화 탄소에는 잘 녹지 않으며, 무극성 분자인 I_2은 물에는 잘 녹지 않고 사염화 탄소에는 잘 녹는다.
모범답안 물은 극성 용매이므로 시험관 Ⅰ에서 이온 결합 물질인 $CuCl_2$가 물에 잘 녹고, 사염화 탄소는 무극성 용매이므로 시험관 Ⅳ에서 무극성 분자인 I_2이 사염화 탄소에 잘 녹는다.

채점 기준	배점
넣어 준 물질이 잘 녹은 시험관 2개를 모두 옳게 찾고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
넣어 준 물질이 잘 녹은 시험관 1개만 옳게 찾고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %

02

H, C, O 중 2가지 원소로 이루어진 3원자 분자 중 무극성 분자는 CO_2이므로 (가)는 CO_2이다. 또한 전기 음성도가 Y>X이므로 X는 C, Y는 O이다. 따라서 Z는 H이다.
모범답안 (나)는 분자식이 H_2O이며, 분자의 구조가 굽은 형이므로 극성 분자이다.

채점 기준	배점
분자의 극성을 분자식과 분자 구조를 사용하여 옳게 서술한 경우	100 %
분자의 극성만 옳게 쓴 경우	50 %

03

제시된 결합 모형의 분자식은 각각 CO_2와 HF이며, 전기장 속에서 (가)는 무질서하게 배열하므로 무극성 분자인 CO_2이며, (나)는 일정한 방향으로 배열하므로 극성 분자인 HF이다.

모범답안 (가)의 분자식은 CO_2이며, (나)의 분자식은 HF이다. 물에 대한 용해도는 극성 분자인 (나)가 무극성 분자인 (가)보다 크다.

채점 기준	배점
분자식을 옳게 쓰고, 물에 대한 용해도를 까닭과 함께 옳게 비교 서술한 경우	100 %
분자식만 옳게 쓰거나, 물에 대한 용해도만 옳게 서술한 경우	50 %

04

AB_2와 HC가 각각 CO_2와 HF이므로 A는 탄소(C), B는 산소(O), C는 플루오린(F)이다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 C(F)>B(O)>A(C)이다.

05

(1) 분자에서 전기 음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하를, 전기 음성도가 작은 원자가 부분적인 양전하를 띤다. (가)에서는 B가 A보다 전기 음성도가 크며, (나)에서는 A가 C보다 전기 음성도가 크다. 따라서 전기 음성도는 B>A>C이다.

(2) 전기 음성도가 F>O>H이므로 A는 산소(O), B는 플루오린(F), C는 수소(H)이다.

모범답안 (나)는 극성 분자인 H_2O이다. 따라서 (나)에 대한 용해도는 극성 분자인 CB(HF)가 무극성 분자인 $A_2(O_2)$보다 크다.

채점 기준	배점
두 물질의 (나)에 대한 용해도 비교를 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
두 물질의 (나)에 대한 용해도 비교만 옳게 서술한 경우	50 %

본문 087~093쪽

대단원 종합 문제 Ⅲ. 화학 결합과 분자의 세계

01 ④	02 ①	03 ⑤	04 ④	05 ①
06 ⑤	07 ③	08 ④	09 ②	10 ⑤
11 ⑤	12 ③	13 ④	14 ③	15 ②
16 ⑤	17 ④	18 ③	19 ⑤	20 ①
21 ④	22 ④			
고난도 문제				
23 ④	24 ②	25 ②	26 ⑤	27 ①
28 ④	29 ②	30 ③		

01

(가)의 (+)극에서는 염화 이온(Cl^-)이 전자를 잃어 염소(Cl_2) 기체가 생성되고, (−)극에서는 나트륨 이온(Na^+)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성된다. (나)의 (+)극에서는 물이 전자를 잃어 산소(O_2) 기체가 생성되고, (−)극에서는 물이 전자를 얻어 수소(H_2) 기체가 생성된다.

④ (가)의 전극 A에서 금속이 석출되므로 A는 (−)극, B는 (+)극이다. 따라서 (나)의 전극 A에서는 H_2 기체, 전극 B에서는 O_2 기체가 생성된다.

02

~~ㄱ~~ : 전극 A는 (−)극이며, 전기 분해가 일어날 때 (−)극에서는 환원 반응이 일어난다.

ㄴ : 전극 B는 (+)극이므로 (가)에서는 염소(Cl_2) 기체가, (나)에서는 산소(O_2) 기체가 생성된다.

~~ㄷ~~ : (가)와 (나)의 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 모두 전극 A : 전극 B=2 : 1이다.

03

(가)는 HCl이고, (나)는 LiCl이다.

ㄱ : C는 (가)와 (나)에서 모두 Ar과 같은 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ : A는 H, B는 Li이며, 전기 음성도는 비금속 원소인 H가 금속 원소인 Li보다 크다.

ㄷ : (나)는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

04

양이온과 음이온의 전하량 크기가 같은 경우 이온 간 거리가 짧을수록 녹는점이 높다. 이온 간 거리가 NaI>NaBr>NaCl이므로 녹는점은 NaCl>NaBr>NaI이다. 따라서 (가)는 NaI, (나)는 NaBr, (다)는 NaCl이다.

ㄱ : 이온 간 거리가 NaI>NaBr이므로 r_0는 (가)가 (나)보다 크다.

~~ㄴ~~ : 이온 반지름이 $K^+>Na^+$, $Br^->Cl^-$이므로 이온 간 거리는 KBr>NaCl이다. 따라서 KBr은 NaCl인 (다)보다 녹는점이 낮다.

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

05

~~ㄱ~~ : (가)에서는 전기 전도성이 없고, (나)와 (다)에서는 전기 전도성이 있다.

ㄴ : 이온 결합 물질은 고체 상태, 액체 상태, 수용액 상태에서 모두 양이온과 음이온이 존재한다.

~~ㄷ~~ : (나)와 (다)에서는 전류를 흘려 주면 이온들이 자유롭게 이동할 수 있지만, (가)에서는 양이온과 음이온이 단단히 결합하고 있어서 이온들이 이동할 수 없다.

06

(나)는 금속 결합을 이루는 금속으로 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 A이다. 따라서 (가)는 B이고, 이온 결합 물질로 고체 상태에서는 전기 전도성이 없다.

~~ㄱ~~ : (가)는 B이다.

ㄴ : B는 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서 전기 전도성이 없다. 따라서 ㉠에는 '없음'이 적절하다.

ㄷ : 이온 결합 물질인 (가)에 힘을 가하면 같은 전하를 띤 이온끼리 반발하므로 쉽게 부스러진다.

07

ㄱ : X^+과 Y^-의 전자 수가 같으므로 X는 3주기 금속 원소이며, Y는 2주기 비금속 원소이다.

~~ㄴ~~ : 액체 상태의 XY를 전기 분해하면 (−)극에서 금속 X가 석출되고, (+)극에서는 Y_2 기체가 생성된다.

㉢ : XY는 NaF이다. NaF은 KCl과 전하량의 크기는 같지만 이온 사이의 거리가 짧으므로 KCl보다 녹는점이 높다.

08

A는 산소(O), B는 마그네슘(Mg), C는 염소(Cl)이다.
㉠ : 공유 전자쌍 수는 A_2가 2, C_2가 1로 A_2가 C_2보다 크다.
~~㉡~~ : BC_2는 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.
㉢ : 녹는점은 이온 결합 물질인 BA가 무극성 분자인 C_2보다 높다.

09

A_2B는 H_2O이고, C_2B는 Na_2O이며, A는 수소(H), B는 산소(O), C는 나트륨(Na)이다.
~~㉠~~ : 녹는점은 이온 결합 물질인 C_2B가 공유 결합 물질이면서 분자인 A_2B보다 높다.
~~㉡~~ : 전기 음성도는 B(O)가 A(H)보다 크므로 A_2B에서 B는 부분적인 음전하를 띤다.
㉢ : A_2B와 C_2B에서 B는 모두 Ne과 같은 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

10

분자 구조가 (가)는 삼각뿔, (나)는 평면 삼각형, (다)는 정사면체 구조이다.
㉠ : 결합각이 (나)는 120°, (다)는 109.5°이므로 $\alpha > \beta$이다.
㉡ : (가)는 극성 분자이고 (나)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
㉢ : (가)~(다) 중 입체 구조는 (가)와 (다) 2가지이다.

11

화합물 ABC는 NaOH이며, 전기 음성도가 B>C>A이므로 A는 나트륨(Na), B는 산소(O), C는 수소(H)이다. 따라서 물질 (가)는 H_2O, (나)는 Na_2O, (다)는 O_2이다.
~~㉠~~ : 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 (나) Na_2O 1가지이다.
㉡ : (가)와 (다)는 모두 공유 결합으로 형성된 물질이다.
㉢ : (가)와 (나)에서 B는 모두 Ne과 같은 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

12

A는 질소(N), B는 산소(O), C는 나트륨(Na)이다.
㉠ : 공유 전자쌍이 A_2에는 3개, B_2에는 2개 있으므로 공유 전자쌍 수는 A_2가 B_2보다 크다.
㉡ : $AH_3(NH_3)$는 삼각뿔 구조의 극성 분자이므로 굽은 형의 극성 분자인 $H_2B(H_2O)$에 잘 녹는다.
~~㉢~~ : B는 비금속, C는 금속이므로 C_2B는 이온 결합 물질이다.

13

A는 C(탄소), B는 O(산소), C는 F(플루오린)이다.
㉠ : (가)에서 전기 음성도는 B>A이고, (나)에서 전기 음성도는 C>B이다. 따라서 전기 음성도는 C>B>A이다.
~~㉡~~ : (나)에는 극성 공유 결합만 있다.
㉢ : (가)는 무극성 분자, (나)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (나)가 (가)보다 크다.

14

X~Z가 옥텟 규칙을 만족하며 (가)와 (나)는 결합각이 같으므로 두 분자는 모두 선형 구조이다. 따라서 (가)는 CO_2이고, (나)는 HCN이다.
㉠ : (가)는 무극성 분자이고, (나)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (나)가 (가)보다 크다.
㉡ : 물에 대한 용해도는 극성 분자인 (나)가 무극성 분자인 (가)보다 크다.
~~㉢~~ : 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 모두 4로 같다.

15

무극성 분자인 아이오딘이 물에는 녹지 않고 벤젠과 사염화 탄소에는 녹는 것은 물은 극성 분자, 벤젠과 사염화 탄소는 무극성 분자이기 때문이다.
~~㉠~~ : 벤젠과 사염화 탄소는 무극성 분자, 물은 극성 분자이므로 (가)의 시험관 속 물질 중 극성 분자는 1가지이다.
~~㉡~~ : 분자의 쌍극자 모멘트는 극성 분자인 물이 무극성 분자인 사염화 탄소보다 크다.
㉢ : 벤젠과 사염화 탄소는 모두 무극성 물질이므로 서로 잘 섞인다.

16

(가)는 H_2O, (나)는 NH_3, (다)는 CH_4이다.
㉠ : 분자 구조가 굽은 형인 (가)는 극성 분자이므로 ㉠은 '극성'이 적절하다.
㉡ : 극성 용매인 (가)에 대한 용해도는 극성 분자인 (나)가 무극성 분자인 (다)보다 크다.
㉢ : (가)~(다) 중 입체 구조는 삼각뿔 구조인 (나)와 정사면체 구조인 (다)의 2가지이다.

17

(가)는 NF_3, (나)는 CF_4이며, 분자 구조는 (가)는 삼각뿔, (나)는 정사면체 구조이다.
~~㉠~~ : ㉠은 3, ㉡은 4로 ㉠<㉡이다.
㉡ : 물에 대한 용해도는 극성 분자인 (가)가 무극성 분자인 (나)보다 크다.
㉢ : (가)는 극성 분자이므로 기체 상태의 (가)를 전기장에 놓아두면 HCl 기체와 같이 일정한 방향으로 배열된다.

18

(가)는 이온 결합 물질인 염화 나트륨, (나)와 (다)는 각각 공유 결합 물질인 다이아몬드와 흑연이다.
㉠ : 공유 결합 물질은 (나)와 (다) 2가지이다.
㉡ : 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 (다) 1가지이다.
~~㉢~~ : (다)는 흑연으로, 모든 원자가 공유 결합하여 형성된 공유 결정으로 분자로 존재하지 않는다.

19

(가)에 해당하는 분자는 HCN, H_2O, BCl_3, CO_2이다.
(나)에 해당하는 분자는 HCN, CO_2이다.
(다)에 해당하는 분자는 BCl_3, CO_2, CH_4이다.
따라서 A는 H_2O, B는 HCN, C는 CO_2, D는 BCl_3, E는 CH_4이다.
㉠ : 결합각은 A가 104.5°, D가 120°로 D가 A보다 크다.
㉡ : 물에 대한 용해도는 극성 분자인 B가 무극성 분자인 C보다 크다.
㉢ : 공유 전자쌍 수는 A가 2, E가 4로 E가 A의 2배이다.

20

~~ㄱ~~ : NH_3에서 중심 원자 N에는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 배열되어 있으므로 분자 구조가 삼각뿔이다. 따라서 NH_3에서 N 주위의 전자쌍 배열은 평면 구조인 (나)와는 다르다.

ㄴ : BeF_2에서 중심 원자 Be은 공유 전자쌍만 2개 가지므로 Be 주위의 전자쌍 배열은 (가)와 같다.

~~ㄷ~~ : 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 (다)에서 비공유 전자쌍이 2개일 때 결합각은 109.5°보다 작아진다. 따라서 (다)에서 비공유 전자쌍이 2개일 때 결합각은 BCl_3의 결합각인 120°보다 작다.

21

(가)는 CH_4, (나)는 NH_3, (다)는 H_2O이며, X는 탄소(C), Y는 질소(N), Z는 산소(O)이다.

~~ㄱ~~ : 전기 음성도는 Z(O)가 X(C)보다 크다.

ㄴ : 분자의 쌍극자 모멘트는 극성 분자인 (나)가 무극성 분자인 (가)보다 크다.

ㄷ : (가)~(다) 중 입체 구조는 정사면체인 (가)와 삼각뿔인 (나) 2가지이다.

22

$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 NF_3가 $\frac{10}{3}$, CO_2가 1, HCN가 $\frac{1}{4}$이므로 (가)는 HCN, (나)는 CO_2, (다)는 NF_3이다.

~~ㄱ~~ : $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$가 (가) : (나)$=1:4$이므로 $x=\frac{3}{4}$이다.

ㄴ : 물에 대한 용해도는 극성 분자인 (가)가 무극성 분자인 (나)보다 크다.

ㄷ : 분자의 쌍극자 모멘트는 극성 분자인 (다)가 무극성 분자인 (나)보다 크다.

23

XY는 NaF이므로 X는 나트륨(Na)이고, Y는 플루오린(F)이다. F은 전자가 9개인데, ZY_4에서 총 전자 수가 42개이므로 Z의 전자 수는 6개이다. 따라서 Z는 C이며, ZY_4는 CF_4이다.

ㄱ : 양성자수는 X가 11, Z가 6으로 X가 Z보다 크다.

~~ㄴ~~ : 전기 음성도는 Y(F)가 Z(C)보다 크므로 ZY_4에서 중심 원자 Z는 부분적인 양전하를 띤다.

ㄷ : 녹는점은 이온 결합 물질인 XY(NaF)가 공유 결합 물질인 $ZY_4(CF_4)$보다 높다.

24

이온 결합 물질은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만, 액체와 수용액 상태에서는 전기 전도성이 있다.

~~ㄱ~~ : (가)~(라) 중 전기 전도성이 있는 것은 (가), (다), (라) 3가지이다.

ㄴ : 염화 나트륨 용융액을 전기 분해하면 (−)극에서는 금속 나트륨이, (+)극에서는 염소 기체가 발생한다. 따라서 나트륨이 석출되는 전극 A는 (−)극이다.

~~ㄷ~~ : NaCl은 이온 결합 물질이므로 양이온과 음이온으로 구성되어 있으며, 고체 상태인 (나)에서도 양이온과 음이온이 존재한다.

25

X는 탄소(C), Y는 질소(N), Z는 산소(O)이므로 (가)는 HCN, (나)는 CH_2O, (다)는 NH_3이다.

~~ㄱ~~ : 선형인 (가)와 평면 삼각형인 (나)는 평면 구조이고, 삼각뿔 구조인 (다)는 입체 구조이다.

~~ㄴ~~ : 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 증가하면 커지므로 Z(O)>Y(N)>X(C)이다.

ㄷ : 비공유 전자쌍이 (나)에서는 Z(O)에 2개 있고, (다)에서는 Y에 1개 있으므로 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (다)의 2배이다.

26

(가)는 HCN, (나)는 CH_2O이므로 A는 수소(H), B는 탄소(C), C는 질소(N), D는 산소(O)이다.

ㄱ : 극성 용매인 $A_2D(H_2O)$에 대한 용해도는 극성 분자인 $CA_3(NH_3)$가 무극성 분자인 $BD_2(CO_2)$보다 크다.

ㄴ : 공유 전자쌍 수는 $C_2(N_2)$가 3, $D_2(O_2)$가 2로 C_2가 D_2보다 크다.

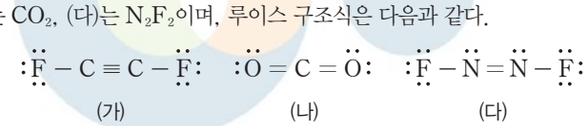
ㄷ : 선형 구조인 (가)는 결합각이 180°이므로 결합각은 (가)가 평면 삼각형 구조인 (나)보다 크다.

27

18족 원소를 제외한 2주기 원자의 바닥상태에서 홀전자 수는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1

(나)의 구성 원소는 X와 Y이며, 바닥상태 원자에서 X와 Y의 홀전자 수는 같은데, X와 Y의 홀전자 수가 1인 경우 분자식 YX_2를 만족하는 원자가 존재하지 않는다. 따라서 X와 Y는 각각 산소(O)와 탄소(C)이고, (나)는 CO_2이다. Z는 홀전자 수가 3이므로 질소(N)이고, 이온화 에너지가 W>Z이므로 W는 플루오린(F)이다. 따라서 (가)는 C_2F_2, (나)는 CO_2, (다)는 N_2F_2이며, 루이스 구조식은 다음과 같다.



(가) (나) (다)

ㄱ : (다)에는 공유 전자쌍이 4개 있으므로 $x=4$이다.

~~ㄴ~~ : 비공유 전자쌍 수는 (가)가 6, (다)가 8로 (다)가 (가)의 2배가 아니다.

~~ㄷ~~ : (가)~(다) 중 2중 결합을 가진 분자는 (나)와 (다) 2가지이다.

28

㉠은 CH_2O, ㉡은 CO_2, ㉢은 HCN, ㉣은 CCl_4이다.

~~ㄱ~~ : 물에 대한 용해도는 무극성 분자인 ㉡이 극성 분자인 ㉢보다 작다.

ㄴ : 분자의 쌍극자 모멘트는 극성 분자인 ㉠이 무극성 분자인 ㉡보다 크다.

ㄷ : ㉣의 분자 구조는 정사면체로 입체 구조이다.

29

(가)~(다)는 각각 OF_2, NF_3, CF_4이다.

~~ㄱ~~ : $a=2$, $b=3$으로 $a+b=5$이다.

~~ㄴ~~ : (나)는 분자 구조가 삼각뿔이므로 입체 구조이다.

ㄷ : (가)는 굽은 형 구조로 극성 분자이고, (다)는 정사면체 구조로 무극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 극성 분자인 (가)가 무극성 분자인 (다)보다 크다.

30

(가)~(다)는 각각 CO_2, NH_3, H_2O 중 하나이며, 이들 중 입체 구조는 NH_3뿐이므로 (가)는 NH_3이다. 분자의 쌍극자 모멘트가 (나)>(다)이므로 (나)는 H_2O, (다)는 CO_2이다. 따라서 X는 탄소(C), W는 산소(O), Z는 질소(N), Y는 수소(H)이다.

㉠ : 극성 용매인 (나)에 대한 용해도는 극성 분자인 (가)가 무극성 분자인 (다)보다 크다.
㉡ : 결합각은 (나)가 104.5°, (다)가 180°로 (다)가 (나)보다 크다.
~~ㄷ~~ : 공유 전자쌍 수는 $Z_2Y_2(N_2H_2)$와 $YXZ(HCN)$가 4로 같다.

Ⅳ. 역동적인 화학 반응

12 동적 평형

핵심 개념 체크 본문 094~095쪽

1 (1) ○ (2) ○ (3) ×
2 포화
3 증발, 응축, 동적 평형(상평형)
4 (1) ○ (2) ○ (3) ○
5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×
6 자동 이온화
7 이온화 상수
8 pH=3, pOH=11
9 0.01 M, 0.0001 M

출제 예상 문제 본문 096~098쪽

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

01
㉠ : 가역 반응은 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응이다.
㉡ : 가역 반응이 일어날 때 충분한 시간이 지나면 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아져 동적 평형에 도달한다.
~~ㄷ~~ : 동적 평형에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 진행되므로 겉으로 보기에는 반응이 멈춘 것처럼 보이지만, 실제로는 정반응과 역반응이 끊임없이 일어나고 있다.

02
비가역 반응은 한쪽 방향으로만 진행되는 반응으로, 역반응이 정반응에 비해 무시할 수 있을 만큼 거의 일어나지 않는다.
㉠ : 연소 반응은 생성물이 매우 안정하여 역반응이 진행되기 어렵다. 따라서 뷰테인의 연소 반응은 비가역 반응이다.
~~ㄴ~~ : 석회암 지대에서 이산화 탄소가 포함된 지하수가 흐르면 석회 동굴이 생성되고, 다시 이산화 탄소가 빠져나가면 종유석과 석순 등이 생성된다. 따라서 석회 동굴의 생성 반응은 가역 반응이다.
㉢ : 중화 반응이 일어날 때 큰 중화열이 발생하므로 생성물이 매우 안정하여 역반응이 일어나기 어렵다. 따라서 수산화 나트륨 수용액에 묽은 염산을 넣어 중화시키는 중화 반응은 비가역 반응이다.
㉣ : 묽은 염산에 마그네슘을 넣으면 수소 기체가 발생하는데, 이 반응은 역반응이 일어나기 어려우므로 비가역 반응이다.

03
t ℃, 1기압에서 밀폐 용기에 $Br_2(l)$을 넣은 후 동적 평형 상태에 도달하였으므로 이 상태에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있다.
㉠ : 동적 평형 상태이므로 브로민의 증발 속도와 응축 속도는 같다.
~~ㄴ~~ : 동적 평형 상태이므로 반응물과 생성물의 질량이 일정하게 유지된다.
~~ㄷ~~ : 동적 평형 상태에서는 Br_2의 증발과 응축이 같은 속도로 계속 일어난다.

04
~~①~~ : 동적 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 모두 일어나므로 반응물과 생성물이 모두 존재한다.
~~②~~ : 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나므로 정반응의 속도는 0이 아니다.
~~③~~ : 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나 겉으로 보기에는 반응이 멈춘 것처럼 보이지만, 정반응과 역반응은 계속 일어나고 있다.
~~④~~ : 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되지만 항상 농도가 서로 같은 것은 아니다.
⑤ : 동적 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.

05
수면이 일정하게 유지되므로 동적 평형 상태에 도달한 것이다.
~~ㄱ~~ : 동적 평형 상태에서는 겉으로 보기에는 반응이 멈춘 것처럼 보이지만 물의 증발과 수증기의 응축이 같은 속도로 계속 일어나고 있다.
㉡ : 동적 평형 상태에서는 정반응과 역반응의 속도가 같다. 즉, 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같다.
~~ㄷ~~ : 동적 평형 상태에서는 증발과 응축이 같은 속도로 일어나므로 물의 질량은 변하지 않는다.

06
㉠ : 용액이 포화 용액이므로 용해 평형 상태이다.
㉡ : 용해 평형을 이루고 있으므로 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같다.
~~ㄷ~~ : 용해 평형 상태 이후 설탕의 용해 속도는 일정하게 유지된다.

07
(가)는 에탄올이 담긴 비커를 열린 용기에서 공기 중에 놓아두었으므로 증발이 응축보다 빨리 일어나 비커 속 에탄올의 질량이 계속 감소한다. 반면, (나)는 에탄올이 담긴 비커를 밀폐 용기 속에 놓아두었으므로 충분한 시간이 지나면 동적 평형을 이루어 비커 속 에탄올의 질량이 일정하게 유지된다.
㉠ : (가)에서는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르므로 계속 증발이 일어난다.
㉡ : (나)에서는 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 증발되는 분자 수와 응축되는 분자 수가 같다.
~~ㄷ~~ : (가)에서는 증발이 계속 일어나고 응축은 거의 일어나지 않는다. (나)에서는 증발과 응축이 같은 속도로 일어나 동적 평형에 도달하므로 충분한 시간이 지난 후 비커 속 에탄올의 양은 (나)가 (가)보다 많다.

08
~~ㄱ~~ : 온도가 일정하므로 (가)~(다)에서 증발 속도는 모두 같다.
㉡ : (가)에서 (다)로 갈수록 수증기의 분자 수가 점점 증가하므로 응축 속도가 점점 빨라진다. 따라서 물의 응축 속도는 (다)에서가 (나)에서보다 빠르다.

ㄴ : (다)는 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태이다. 따라서 (다) 이후에는 수증기의 분자 수가 일정하게 유지된다.

09

① : 물의 자동 이온화는 물이 스스로 이온화하여 하이드로늄 이온(H_3O^+)과 수산화 이온(OH^-)을 생성하는 반응으로 가역 반응이다.
② : 물이 자동 이온화될 때 물 분자끼리 H^+을 주고받아 이온화한다. 즉, H_2O 분자가 H^+을 다른 분자에게 주면서 OH^-이 되고, H^+을 받은 분자는 H_3O^+이 된다.
③ : 순수한 물에서도 아주 적은 양의 물이 자동 이온화하므로 H_3O^+과 OH^-이 존재한다.
④ : 순수한 물에서 물이 자동 이온화될 때 같은 수의 H_3O^+과 OH^-이 생성되므로 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 같다.
⑤ : $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱인 물의 이온화 상수는 온도에 따라 달라지므로 일정한 온도의 수용액에서 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱은 일정하다.

10

ㄱ : 25 ℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1.0\times10^{-14}$이고 순수한 물에서는 $[H_3O^+]=[OH^-]$이므로 $[OH^-]=1.0\times10^{-7}$ M이다.
ㄴ : 물이 이온화될 때 같은 수의 H_3O^+과 OH^-이 생성되므로 온도와 관계없이 순수한 물에서 $[H_3O^+]=[OH^-]$이다.
ㄷ : 50 ℃일 때는 물의 이온화 상수가 1.0×10^{-14}보다 크므로 $[H_3O^+]$가 1.0×10^{-7} M보다 크다. 따라서 pH는 7보다 작다.

11

ㄱ : (나)에서 $[OH^-]=0.01$ M이므로 $pOH=-\log[OH^-]=-\log0.01=2$이다. 25 ℃에서 $pH+pOH=14$이므로 (나)의 pH는 $14-2=12$이다.
ㄴ : (가)에서 $pH=-\log[H_3O^+]=3$이므로 $[H_3O^+]=0.001$ M이다. (다)에서 $[OH^-]=1.0\times10^{-12}$ M이며 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=[H_3O^+]\times(1.0\times10^{-12})=1.0\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=0.01$ M이다. 따라서 $[H_3O^+]$는 (다)가 (가)의 10배이다.
ㄷ : (나)에서 $[OH^-]=0.01$ M이며 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=[H_3O^+]\times0.01=1.0\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=1.0\times10^{-12}$ M이다. 따라서 (나)의 $[H_3O^+]$는 (다)의 $[OH^-]$와 같다.

12

(가)는 중성 용액, (나)는 염기성 용액, (다)는 산성 용액이다.
ㄱ : (가)는 중성, (나)는 염기성 용액이므로 pH는 (나)가 (가)보다 크다.
ㄴ : (가)는 중성, (다)는 산성 용액이므로 $[H_3O^+]$는 (다)가 (가)보다 크다.
ㄷ : $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱인 물의 이온화 상수는 온도에 따라 달라지며, 온도가 같으면 물의 이온화 상수도 같다. (가)~(다)의 온도가 같으므로 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱은 (가)~(다)에서 모두 같다.

13

ㄱ : $HCl(aq)$의 농도가 0.01 M이므로 $[H_3O^+]=0.01$ M이다. 따라서 $pH=-\log[H_3O^+]=-\log0.01=2$이다.
ㄴ : $K_w=[H_3O^+][OH^-]=0.01\times[OH^-]=1.0\times10^{-14}$이므로 $[OH^-]=1.0\times10^{-12}$ M이다.
ㄷ : 물을 더 넣으면 $HCl(aq)$의 몰 농도가 작아져 $[H_3O^+]$도 작아진다.

14

ㄱ : (가)와 (나)는 모두 산 수용액이므로 공통적으로 수소 이온이 들어 있다. 따라서 (가)와 (나)에 공통으로 들어 있는 A는 수소 이온이다.
ㄴ : (나)에서는 산의 일부만 이온화되지만 H^+이 존재하므로 산성 용액이다. 산성 용액에서는 $[H_3O^+]>1.0\times10^{-7}$ M이다.
ㄷ : 부피가 같은 수용액에 들어 있는 H_3O^+ 수가 (가)가 (나)보다 많으므로 pH는 (가)가 (나)보다 작다. 25 ℃에서 $pH+pOH=14$이므로 pH가 작을수록 pOH가 크다. 따라서 수용액의 pOH는 (가)가 (나)보다 크다.

15

ㄱ : pH가 7보다 큰 수용액은 염기성이므로 제산제와 비누는 모두 염기성 물질이다.
ㄴ : $[H_3O^+]$는 pH가 작을수록 크다. pH는 레몬 수용액이 제산제 수용액보다 작으므로 $[H_3O^+]$는 레몬 수용액이 제산제 수용액보다 크다.
ㄷ : pH가 1 커질 때 $[OH^-]$는 10배 증가한다. 비누 수용액은 제산제 수용액보다 pH가 1.9 크므로 $[OH^-]$는 10배 이상 크다.

16

ㄱ : (가)에서 $HCl(aq)$의 $[H_3O^+]=0.1$ M이므로 $pH=-\log[H_3O^+]=1$이다.
ㄴ : (가)의 용액을 묽혀도 (나)는 산성이므로 $[H_3O^+]>[OH^-]$이다.
ㄷ : 용액에 물을 가해 묽혀도 용질의 양은 변하지 않는다.

서답형 문제

본문 099쪽

01 (나)>(다)>(가) (2) (가)>(다)>(나)
02 해설 참조
03 해설 참조
04 레몬>우유>증류수>비누
05 해설 참조

01

밀폐 용기 속에 물을 넣으면 처음에는 증발이 응축보다 활발히 일어나다가 점점 응축 속도가 빨라지면서 증발 속도와 응축 속도가 같아지는 동적 평형 상태에 도달하게 되므로 시간 순서대로 나열하면 응축 속도가 커지는 순서인 (가) → (다) → (나)가 된다. 따라서 응축 속도는 (나)>(다)>(가)이고, $H_2O(l)$의 분자 수는 (가)>(다)>(나)이다.

02

액체 A를 밀폐 용기 속에 넣으면 처음에는 기체의 분자 수가 적어 증발이 응축보다 더 활발히 일어나지만, 시간이 지날수록 응축 속도가 빨라지다가 t_2 이후 증발 속도와 응축 속도가 같아져 동적 평형에 도달하게 된다.
(1) 모범답안 t_2 이후 증발 속도와 응축 속도가 같아져 동적 평형에 도달했기 때문이다.

채점 기준	배점
증발 속도와 응축 속도가 같아진 동적 평형 상태이기 때문이라고 서술한 경우	100 %
동적 평형 상태이기 때문이라고 서술한 경우	70 %

(2) 모범답안 물의 증발 속도는 t_1일 때와 t_2일 때가 같다.

03

(1) 용액을 묽혀도 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 묽히기 전 용액의 몰 농도와 부피를 이용하여 용질의 양(mol)을 구한다.

모범답안 (가)에서 HCl의 양(mol)=몰 농도×용액의 부피=0.1 M×0.1 L=0.01몰이다. 용액을 묽혀도 용질의 양은 같으므로 (가)와 (나)에서 HCl의 양은 같다. 따라서 (나)에서 수용액의 몰 농도(x)는 0.01 M이므로 $[H_3O^+]$=0.01 M이다.

채점 기준	배점
$[H_3O^+]$를 옳게 구하고, 용액을 묽혀도 용질의 양(mol)은 같다는 내용을 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
$[H_3O^+]$를 옳게 구했으나, 용액을 묽혀도 용질의 양(mol)은 같다는 내용은 언급하지 않고 서술한 경우	50 %
$[H_3O^+]$를 옳게 구했으나, 과정을 서술하지 않은 경우	30 %

(2) 모범답안 일정한 온도에서 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱(물의 이온화 상수)은 같은 값을 가지므로 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱은 (가)와 (나)에서 같다.

채점 기준	배점
물의 이온화 상수와 온도의 관계를 옳게 서술한 경우	100 %
물의 이온화 상수와 온도의 관계를 서술하지 않고, (가)와 (나)에서 같다라고만 서술한 경우	30 %

04

pH=$-\log[H_3O^+]$이므로 pH가 작을수록 $[H_3O^+]$는 크다.

05

(1) 묽은 염산에 마그네슘을 넣으면 수소 기체가 생성된다.

모범답안 $2HCl(aq)+Mg(s) \longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$

(2) 화학 반응식에서 계수비는 반응 몰비와 같으므로 계수비를 통해 몰비를 구하여 H^+의 몰 농도를 구한다.

모범답안 반응한 Mg의 질량은 0.6 g(=0.025몰)이고, 반응 계수비는 Mg : HCl=1 : 2이므로 반응 전 묽은 염산에 들어 있는 H^+의 양은 0.05몰이다. 반응 전 묽은 염산 속 $[H_3O^+]=\frac{H^+\text{의 양(몰)}}{\text{용액의 부피(L)}}=\frac{0.05\text{몰}}{0.5\text{ L}}=$ 0.1 M이므로 pH=1이다.

채점 기준	배점
반응 계수비를 이용하여 H^+의 양(mol)을 구하고, H^+의 몰 농도를 구한 후 pH를 구하는 과정을 순차적으로 옳게 서술한 경우	100 %
pH를 옳게 구했으나, H^+의 양(mol)과 H^+의 몰 농도를 구하는 과정이 빠져 있는 경우	50 %

13 산 염기와 중화 반응

핵심 개념 체크

본문 100~101쪽

1 (1) ○ (2) ○ (3) × **2** H^+ **3** 받
4 (1) H_2O, F^- (2) NH_4^+ (3) H_2O
5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **6** OH^-, 염기성
7 표준 용액, 중화 적정 **8** 뷰렛 **9** 0.2

출제 예상 문제

본문 102~105쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ③	05 ③
06 ③	07 ③	08 ④	09 ④	10 ⑤
11 ⑤	12 ③	13 ④	14 ③	15 ③
16 ①	17 ③	18 ④	19 ②	20 ②

01

㉠ : 염기는 이온화되어 수산화 이온(OH^-)을 내놓으므로 수용액에 이온이 존재한다. 따라서 수용액에서 전류가 흐른다.
㉡ : 염기는 물에 녹아 공통적으로 수산화 이온, 즉 같은 종류의 음이온을 내놓는다.
~~ㄷ~~ : 염기는 대부분의 금속과 반응하지 않는다. 마그네슘과 반응하면 수소 기체가 발생하는 것은 산의 공통적인 성질이다.

02

~~ㄱ~~ : 수용액 속에 수소 이온(H^+)이 존재하므로 수용액은 산성이다. 따라서 수용액의 pH는 7보다 작다.
㉡ : 산 수용액에 탄산 칼슘을 넣으면 이산화 탄소 기체가 발생한다.
㉢ : 산 수용액에 마그네슘 조각을 넣으면 수소 이온과 반응하여 수소 기체가 발생한다.

03

㉠ : 염산과 아세트산 수용액에는 공통적으로 수소 이온이 존재한다. 따라서 마그네슘 조각을 넣으면 모두 수소 기체가 발생한다.
㉡ : 염산에서 수소 기체의 발생 속도가 더 빠르므로 염산이 아세트산에 비해 강산이다. 강산은 약산보다 수소 이온이 더 많이 존재하므로 반응 전 $[H_3O^+]$는 (가)>(나)이다.
~~ㄷ~~ : pH는 수소 이온 농도가 작을수록 커진다. 반응이 진행될수록 (가)와 (나)에서 수소 이온의 농도가 감소하므로 pH는 모두 증가한다.

04

(가)는 수소 이온(H^+)이 있으므로 산성 용액, (나)는 수산화 이온(OH^-)이 있으므로 염기성 용액이다.
㉠ : 산성 용액은 pH가 7보다 작고 염기성 용액은 pH가 7보다 크므로 수용액의 pH를 측정하면 두 수용액을 구별할 수 있다.
㉡ : 산성 용액에 달걀 껍데기를 넣으면 탄산 칼슘 성분과 수소 이온이 반응하여 이산화 탄소가 생성되지만, 염기성 용액은 달걀 껍데기와 반응하지 않는다. 따라서 달걀 껍데기를 넣어서 반응 여부를 확인하면 두 수용액을 구별할 수 있다.
~~ㄷ~~ : (가)와 (나)에 모두 이온이 존재하므로 2가지 수용액 모두 전류가 흐른다.

05

$AgNO_3(aq)$과 반응하여 앙금이 생성되는 수용액은 Cl^-을 포함하는 수용액이므로 $HCl(aq)$과 $KCl(aq)$이다. Mg을 넣으면 기체가 발생하는 수용액은 산이므로 $HCl(aq)$이다. 따라서 A는 HCl, B는 KCl, C는 NaOH이다.
㉠ : HCl는 물에 녹아 수소 이온을 내놓는 물질이므로 A(HCl)는 아레니우스 산이다.

ㄴ : A는 산, C는 염기이므로 수용액의 pH는 C가 A보다 크다.
~~ㄷ~~ : C는 염기이므로 수용액에 페놀프탈레인 용액을 넣으면 붉은색으로 변하지만, B는 중성이므로 페놀프탈레인 용액을 넣어도 수용액의 색이 변하지 않는다.

06

ㄱ : HCl는 물에 녹아 수소 이온을 내놓는 물질이므로 아레니우스 산이다.
ㄴ : H_2O은 HCl로부터 H^+를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.
~~ㄷ~~ : 짝산과 짝염기는 H^+의 이동에 의해 산과 염기로 되는 한 쌍의 물질이므로 HCl의 짝염기는 Cl^-이다.

07

ㄱ : 진한 염산에서 HCl 기체가 발생하므로 암모니아수를 묻힌 유리 막대를 가까이하면 HCl와 NH_3가 반응하여 NH_4Cl이 생성된다. 따라서 흰색 연기는 NH_4Cl이다.
ㄴ : NH_3는 HCl로부터 H^+를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.
~~ㄷ~~ : 산은 붉은색 리트머스 종이의 색을 변화시키지 않으므로 집기병 입구에 물에 적신 붉은색 리트머스 종이를 가까이 대도 색깔 변화가 없다.

08

(가)에서 HBr가 내놓은 H^+를 H_2O이 받으므로 HBr는 브뢴스테드·로리 산, H_2O은 브뢴스테드·로리 염기이다.
(나)에서 HCl가 내놓은 H^+를 NH_3가 받으므로 HCl는 브뢴스테드·로리 산, NH_3는 브뢴스테드·로리 염기이다.
(다)에서 CH_3COOH이 내놓은 H^+를 H_2O이 받으므로 CH_3COOH은 브뢴스테드·로리 산, H_2O은 브뢴스테드·로리 염기이다.

09

ㄱ : 페놀프탈레인 용액은 염기성에서 붉은색을 나타낸다. NaOH(aq)은 염기성이므로 페놀프탈레인 용액을 넣으면 붉은색을 띤다. 따라서 ㉠은 'NaOH(aq)'이다.
~~ㄴ~~ : 산에 마그네슘을 넣으면 수소 이온과 마그네슘이 반응하므로 수소 기체가 발생한다. 따라서 ㉡은 '수소'이다.
ㄷ : (가)의 HCl(aq)에서 H_2O은 HCl로부터 H^+를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

10

ㄱ : NaOH은 물에 녹아 수산화 이온을 내놓는 물질이므로 아레니우스 염기이다.
ㄴ : (다)에서 NH_3가 H^+를 받아 NH_4^+이 되고, NH_4^+이 H^+를 내놓아 NH_3가 된다. 따라서 NH_3의 짝산은 NH_4^+이다.
ㄷ : (가)와 (다)에서 HCl는 모두 H^+를 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.

11

ㄱ : 산인 HCl(aq)과 염기인 NaOH(aq)의 반응은 중화 반응이므로 물이 생성된다. 따라서 ㉠은 H_2O이다.
ㄴ : H^+의 전하는 +1, OH^-의 전하는 −1이므로 H^+과 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응한다.
ㄷ : 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$이다. 따라서 반응한 H^+ 수는 생성된 ㉠(H_2O) 분자의 수와 같다.

12

(가)에 수소 이온이 2개, (나)에 수산화 이온이 2개 들어 있으므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액은 중성이다.
ㄱ : 중성 용액에서는 $[H_3O^+]=[OH^-]$이다.
~~ㄴ~~ : 반응 후에도 Na^+과 Cl^-이 존재하므로 전류가 흐른다.
ㄷ : 혼합 용액 속에는 Cl^-이 2개 있고, 중화 반응이 일어나면 2개의 물 분자가 생성되므로 생성된 물의 양(몰)은 Cl^-의 양(몰)과 같다.

13

0.01 M NaOH(aq) 20 mL에 x M HCl(aq)을 조금씩 가할 때 감소한 OH^- 수만큼 Cl^- 수가 증가하므로 수용액 속 총 이온 수는 일정하게 유지되다가, 중화점 이후에는 더 이상 중화 반응이 일어나지 않으므로 넣어 준 H^+과 Cl^- 수만큼 총 이온 수가 증가하게 된다. 따라서 HCl(aq) 40 mL를 넣었을 때가 중화점이다.
ㄱ : 산과 염기가 완전히 중화되려면 $nMV=n'M'V'$를 만족해야 한다. 따라서 $1\times0.01\ M\times0.02\ L=1\times x\ M\times0.04\ L$, $x=0.005$이다.
~~ㄴ~~ : (가)는 완전히 중화되기 이전이므로 염기성이고, (나)는 완전히 중화된 이후 HCl(aq)이 더 추가된 상태이므로 산성이다. 따라서 혼합 용액의 pH는 (가)>(나)이다.
ㄷ : 구경꾼 이온인 Na^+의 수는 일정하지만 수용액의 부피는 계속 증가하므로 $[Na^+]$는 감소한다. 따라서 $[Na^+]$는 (가)>(나)이다.

14

① : 속이 쓰린 까닭은 위산이 과다 분비되었기 때문이다. 따라서 염기성인 제산제를 복용하면 위산을 중화시키므로 속쓰림이 사라진다.
② : 꿀벌의 독은 산성이므로 꿀벌에 쏘였을 때 암모니아수를 바르면 염기성인 암모니아가 산성인 독을 중화시켜 통증을 줄여 준다.
~~③~~ : 물을 소독하는 데 염소 기체를 사용하는 것은 중화 반응이 아니라 산화 환원 반응을 이용한 예이다.
④ : 생선 비린내는 염기성이므로 산성인 레몬즙을 뿌려 주면 비린내를 중화시켜 비린내가 사라진다.
⑤ : 산성화된 호수에 생석회나 탄산 칼슘을 뿌려 주면 산성을 중화시키므로 호수의 산성화를 막을 수 있다.

15

ㄱ : 용액에서 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량은 같으므로 A의 전하는 +2이다.
ㄴ : 몰 농도는 $\frac{\text{용질의 양(몰)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이다. (가)와 (다)에서 Cl^-의 양(몰)은 같지만 용액의 부피는 (다)>(가)이므로 $[Cl^-]$는 (가)가 (다)보다 크다.
~~ㄷ~~ : (나)는 염기성, (다)는 중성이므로 수용액의 pH는 (나)>(다)이다.

16

(나)에서 BTB 용액을 넣었을 때 초록색으로 변하였으므로 (나)는 중성이며, (나)에서 반응한 수소 이온의 양(몰)과 수산화 이온의 양(몰)이 서로 같다. 즉, HCl(aq)과 NaOH(aq)은 2 : 3의 부피비로 반응한다.
ㄱ : (다)와 (라)에서는 반응 부피비에 비해 혼합한 HCl(aq)의 부피가 NaOH(aq)보다 많으므로 모두 산성을 띤다. 따라서 (다)와 (라)는 $[H_3O^+]>[OH^-]$이다.
~~ㄴ~~ : (나)에서 반응한 H^+ 수를 30N, OH^- 수를 30N이라고 하면 각 용액에서의 양적 관계는 다음과 같다.

혼합 용액		(가)	(다)
HCl(aq)	부피(mL)	5	15
	이온 수	H^+ 15N Cl^- 15N	H^+ 45N Cl^- 45N
NaOH(aq)	부피(mL)	20	10
	이온 수	Na^+ 40N OH^- 40N	Na^+ 20N OH^- 20N
혼합 후	이온 수	Cl^- 15N Na^+ 40N OH^- 25N	H^+ 25N Cl^- 45N Na^+ 20N

이온의 총 수는 (가)가 80N, (다)가 90N이므로 (다)가 (가)보다 많다.

ㄷ : 혼합 전 수용액의 몰 농도의 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) $=\frac{30}{10}:\frac{30}{15}=3:2$이다.

17

(가)는 수소 이온이나 수산화 이온이 없으므로 중성, (나)는 수산화 이온이 있으므로 염기성이다.

㉠ : 중성 용액은 $[H_3O^+]=[OH^-]$이고 염기성 용액은 $[H_3O^+]<[OH^-]$이므로 $[H_3O^+]$는 (가)>(나)이다.

ㄴ : (가)와 (나)에서 같은 부피의 염기 용액에 같은 농도, 같은 부피의 묽은 염산을 넣었을 때, 중화 반응이 일어난 후 혼합 용액의 총 부피가 같으므로 생성된 물의 양(몰)도 (가)와 (나)가 같다.

㉢ : (가)에는 Na^+이 2개, (나)에는 K^+이 4개 들어 있다. NaOH(aq)과 KOH(aq)의 부피는 같지만 용질의 양(mol)은 KOH(aq)이 NaOH(aq)의 2배이므로, 혼합 전 염기 수용액의 몰 농도는 KOH(aq)이 NaOH(aq)의 2배이다.

18

ㄱ : 0.1 M NaOH(aq) 50 mL에 HCl(aq) 100 mL를 넣었을 때 완전히 중화되었으므로 $0.1\ M\times0.05\ L=x\ M\times0.1\ L$, $x=0.05$이다.

㉡ : (가)에서 NaOH(aq)의 몰 농도가 0.1 M이므로 $[OH^-]=0.1$ M이고, $[H_3O^+]=1.0\times10^{-13}$ M이다.

㉢ : (다)에서 Cl^-의 양(몰)은 (나)의 2배이며, (나) 혼합 용액의 부피는 100 mL, (다) 혼합 용액의 부피는 150 mL이다. 따라서 Cl^-의 몰 농도 비는 (나) : (다)$=\frac{1}{100}:\frac{2}{150}=3:4$이다.

19

ㄱ : 중화 적정에서 표준 용액을 가할 때 사용하는 실험 기구는 뷰렛이다.

ㄴ : 중화점까지 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 20 mL이므로 관계식 $nMV=n'M'V'$에서 $1\times x\ M\times0.015\ L=1\times0.1\ M\times0.02\ L$, $x=\frac{2}{15}$이다. 따라서 HCl(aq)의 몰 농도는 0.1 M이 아니다.

㉢ : NaOH(aq) 20 mL를 넣을 때까지 생성된 물의 양(몰)은 반응한 OH^-의 양(몰)과 같으므로 $0.1\ M\times0.02\ L=0.002$몰이다.

20

ㄱ : 용액의 부피를 취할 때 쓰는 실험 기구는 피펫이고, 적정을 할 때 쓰는 실험 기구는 뷰렛이다. 따라서 ㉠은 피펫, ㉡은 뷰렛이다.

㉡ : 지시약으로 페놀프탈레인 용액을 사용하였으므로 ㉢은 붉은색이다.

ㄷ : 산과 염기가 완전히 중화되려면 $nMV=n'M'V'$이어야 하므로 $1\times x\ M\times0.01\ L=1\times0.1\ M\times0.005\ L$, $x=0.05$이다. 따라서 HA(aq)의 몰 농도는 0.05 M이다.

서답형 문제 본문 106쪽

01 해설 참조 **02** 해설 참조
03 (1) 1 : 4 (2) 해설 참조 **04** 해설 참조
05 (1) 뷰렛 (2) 해설 참조

01

(가)에 의해 산인 HCl, CH_3COOH과 염기인 NaOH, NH_3로 구분하였으므로 (가)는 산의 성질을 나타내는 것이어야 한다.

모범답안 마그네슘과 반응하여 수소 기체가 발생하는가?
BTB 용액을 넣으면 노란색을 나타내는가?
푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시키는가?

채점 기준	배점
(가)로 산만이 가지는 성질 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)로 산만이 가지는 성질 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

02

모범답안 꼬마전구의 밝기가 더 밝은 HA 수용액이 HB 수용액보다 산성이 더 강하므로 HA가 HB보다 이온화가 잘 일어나 수용액에 존재하는 H_3O^+의 양이 더 많다. 따라서 $[H_3O^+]$는 HA 수용액>HB 수용액이다.

채점 기준	배점
HA가 HB보다 이온화가 더 잘 된다는 것을 제시하여 서술한 경우	100 %
HA가 HB보다 더 강한 산이기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

03

(1) Cl^-과 Na^+은 구경꾼 이온으로 반응 전후 이온 수가 변하지 않으므로 혼합 전 수용액의 몰 농도는 혼합 용액 속 Cl^-과 Na^+의 수와 혼합 전 수용액의 부피를 이용하여 구한다. Cl^-의 수 : Na^+의 수$=1:2$이고, HCl(aq)의 부피 : NaOH(aq)의 부피$=2:1$이므로 HCl(aq)의 몰 농도 : NaOH(aq)의 몰 농도$=1:4$이다. 따라서 $x:y=1:4$이다.

(2) 모범답안 혼합 용액이 염기성이므로 중화 반응에 의해 생성된 물의 양(몰)은 반응한 수소 이온의 양(몰)과 같다. 따라서 생성된 물의 양(몰)$=x\ M\times0.01\ L=\frac{x}{100}$몰이다.

채점 기준	배점
계산 과정과 함께 생성된 물의 양(몰)을 옳게 구한 경우	100 %
계산 과정은 서술하지 않고, 생성된 물의 양(몰)만 구한 경우	30 %

04

(1) (가)와 (나)에는 공통적으로 Cl^-이 들어 있으므로 ●이 Cl^-이다. 또한 혼합 용액에 들어 있는 양이온 수와 음이온 수가 같으므로 (가)에서는 ■이 K^+, ☆이 OH^-이고, (나)에서는 ▲이 Na^+이다.

모범답안 혼합 전 두 염기 수용액의 부피가 같으므로 몰 농도의 비는 K^+과 Na^+ 수의 비와 같다. 이온 수는 ■(K^+) : ▲(Na^+)$=5:3$이므로 혼합 전 염기 수용액의 몰 농도의 비는 KOH(aq) : NaOH(aq)$=5:3$이다.

채점 기준	배점
몰 농도의 비를 옳게 구하고, 계산 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
계산 과정은 서술하지 않고, 몰 농도의 비만 옳게 구한 경우	30 %

(2) 모범답안 (가)는 염기성, (나)는 중성이므로 생성된 물의 양(몰)은 넣어 준 Cl^-의 양(몰)과 같다. 따라서 생성된 물의 몰비는 (가) : (나)= 1 : 1이다.

채점 기준	배점
생성된 물의 몰비를 옳게 구하고, 계산 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
계산 과정은 서술하지 않고, 몰비만 옳게 구한 경우	30 %

05

(2) NaOH(aq)을 조금씩 넣으면 붉은색으로 갑자기 변하면서 용액 전체가 붉은색이 되는데, 이때가 중화점이며 이 순간까지 넣어 준 NaOH(aq)의 부피를 이용하여 CH_3COOH(aq)의 몰 농도를 구한다.
모범답안 CH_3COOH(aq)의 몰 농도를 x M이라고 할 때, 중화점까지 반응한 수소 이온의 양(몰)과 수산화 이온의 양(몰)이 같으므로 $1\times x\ M\times 20\ mL=1\times 0.1\ M\times 40\ mL$, $x=0.2$이다. 따라서 CH_3COOH(aq)의 몰 농도는 0.2 M이다.

채점 기준	배점
CH_3COOH(aq)의 몰 농도를 옳게 구하고, 중화점에서 반응한 수소 이온과 수산화 이온의 양이 같다는 것을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
CH_3COOH(aq)의 몰 농도를 옳게 구했으나, $1\times x\ M\times 20\ mL=1\times 0.1\ M\times 40\ mL$ 식만 옳게 나타낸 경우	60 %
계산 과정은 서술하지 않고, CH_3COOH(aq)의 몰 농도만 옳게 구한 경우	30 %

14 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

핵심 개념 체크 본문 107~108쪽

1 (1) × (2) × (3) ○ **2** 환원, 산화 **3** +1, −2
4 산화, 환원 **5** 환원제, 산화제
6 HCl **7** $a=5$, $b=1$, $c=5$, $d=1$, $e=4$
8 (1) ○ (2) ○ (3) ×

출제 예상 문제 본문 109~112쪽

01 ④	02 ②	03 ③	04 ⑤	05 ③
06 ⑤	07 ②	08 ①	09 ⑤	10 ⑤
11 ③	12 ⑤	13 ①	14 ④	15 ⑤
16 ③	17 ⑤	18 ③		

01

ㄱ : (가)에서 Mg의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 산화된다.
~~ㄴ~~ : (가)에서 O_2는 Mg을 산화시키므로 산화제이다.
ㄷ : (나)의 CuO에서 Cu의 산화수는 +2이므로 Cu의 산화수는 +2에서 0으로 감소한다.

02

(가)에서 Mg은 산화수가 0에서 +2로 증가하므로 산화되고, H는 산화수가 +1에서 0으로 감소하므로 환원된다.
(나)에서 Cu는 산화수가 +2에서 0으로 감소하므로 환원되고, C는 산화수가 0에서 +4로 증가하므로 산화된다.
(다)에서 C는 산화수가 +2에서 +4로 증가하므로 산화되고, O는 산화수가 0에서 −2로 감소하므로 환원된다.
따라서 (가)~(다)에서 산화되는 물질은 Mg, C, CO이다.

03

ㄱ : 화학 반응식에서 반응 전후 원자의 종류와 수는 같다. (가)에서 생성물에 있는 O의 원자 수가 4이므로 ㉠은 O_2이다.
ㄴ : (가)에서 C는 산화수가 −4에서 +4로 증가하므로 산화되고, O는 산화수가 0에서 −2로 감소하므로 환원된다. 따라서 CH_4은 자신은 산화되면서 O_2를 환원시키는 환원제이다.
~~ㄷ~~ : (가)와 (나)에서 H의 산화수는 모두 변하지 않는다.

04

~~ㄱ~~ : 화학 반응식에서 반응 전후 원자의 종류와 수는 같으므로 ㉠은 MgO, ㉡은 C이다. 따라서 ㉠은 화합물, ㉡은 원소이다.
ㄴ : (가)에서 Mg은 산화수가 0에서 +2로 증가하여 산화되고, C는 산화수가 +4에서 0으로 감소하여 환원된다. 따라서 CO_2는 산화제이다.
ㄷ : (나)에서 Cu의 산화수는 +2에서 0으로 감소한다.

05

ㄱ : (가)에서 Fe은 전자를 잃고 산화되고 O_2는 전자를 얻어 환원되므로 O_2는 산화제이다.
~~ㄴ~~ : (가)에서 O의 산화수는 0에서 −2로 감소하지만, (나)에서 O의 산화수는 변하지 않는다.
ㄷ : (나)에서 Fe의 산화수는 +3에서 0으로 감소하므로 산화수의 변화량은 3이고, (나)에서 C의 산화수는 0에서 +4로 증가하므로 산화수의 변화량은 4이다. 따라서 원자 1개의 산화수 변화량은 C가 Fe보다 크다.

06

H는 1개의 공유 전자쌍을 형성하고, X, Y는 화합물에서 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 14족, Y는 15족 원소이다.
ㄱ : 전기 음성도는 H<X<Y<F이므로 YH_3에서 Y의 산화수는 −3이고, YF_3에서 Y의 산화수는 +3이다. 따라서 $x+y=0$이다.
ㄴ : XF_4에서 X는 공유 전자쌍을 모두 F에게 준다고 가정하면 X의 산화수는 +4이다.
ㄷ : HXY의 구조식은 H−X≡Y:이다. HXY에서 Y는 X로부터 3개의 공유 전자쌍을 모두 가져온다고 가정하면 Y의 산화수는 −3이다.

07

~~ㄱ~~ : 화학 반응식에서 반응 전후 원자의 종류와 수는 같다. 따라서 X는 C이다.
ㄴ : (가)에서 Mg은 산화수가 0에서 +2로 증가하여 산화되고, C는 산화수가 +4에서 0으로 감소하여 환원된다. 따라서 Mg은 환원제이다.
~~ㄷ~~ : (가)에서 C의 산화수는 감소하지만, (나)에서 C의 산화수는 변하지 않는다.

08

㉠ : Fe과 $AgNO_3$ 수용액의 반응에서 Fe은 Fe^{2+}으로 산화되므로 Fe의 산화수는 0에서 +2로 증가한다.

~~ㄴ~~ : NO_3^-은 반응에 참여하지 않으므로 산화되지 않는다.

~~ㄷ~~ : 수용액 속 이온의 총 수는 감소하지만, 이온의 총 전하량은 변하지 않는다.

09

(가)에서 B는 4개의 공유 전자쌍이 있으므로 14족 원소, C는 3개의 공유 전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있으므로 15족 원소, A는 1개의 공유 전자쌍만 있으므로 1족 원소이다. (다)에서 D는 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 있으므로 16족 원소, E는 1개의 공유 전자쌍과 3개의 비공유 전자쌍이 있으므로 17족 원소이다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 A<B<C<D<E이다.

㉠ : (가)와 (나)에서 C가 3개의 공유 전자쌍을 모두 가져간다고 가정하면 C의 산화수는 모두 −3이다.

㉡ : (가)에서 B는 1개의 공유 전자쌍을 A로부터 가져오고 3개의 공유 전자쌍을 C에게 준다고 가정하면 B는 +2의 산화수를 갖는다. (다)에서 D는 2개의 공유 전자쌍을 E에게 준다고 가정하면 +2의 산화수를 갖는다. 따라서 (가)와 (다)에서 B와 D의 산화수는 같다.

㉢ : BD_2에서 B 원자 1개는 D 원자 2개와 각각 2중 결합을 형성한다. 전기 음성도는 D>B이므로 B가 4개의 공유 전자쌍을 D에게 모두 준다고 가정하면 B의 산화수는 +4이다.

10

~~ㄱ~~ : 수용액 속 양이온의 총 전하량은 같으므로 반응하는 이온의 산화수는 반응한 이온의 수에 반비례한다. 따라서 이온의 산화수의 비는 ■ : △ $=\frac{1}{2}:\frac{1}{3}=3:2$이다.

㉡ : (가)에서 ●은 환원되고 Y는 산화되므로 ●은 산화제이다.

㉢ : 산화되는 정도는 Z>Y>X이므로 금속 Z를 ●이 들어 있는 수용액에 넣으면 ●은 환원되고 Z는 산화된다.

11

㉠ : C의 산화수는 −2에서 0으로 증가하고 Cu의 산화수는 +2에서 0으로 감소하므로 CH_3OH은 산화되고 CuO는 환원된다. 따라서 CuO는 산화제이다.

㉡ : C의 산화수는 CH_3OH에서 −2이고 HCHO에서 0이므로 산화수 차이는 2이다.

~~ㄷ~~ : O의 산화수는 변하지 않는다.

12

㉠ : X 이온이 들어 있는 (가)에 Y를 넣었을 때 X 이온은 환원되고 Y는 산화되었으므로 Y는 X보다 산화되기 쉽다.

㉡ : 수용액에서 양이온의 전하량과 음이온의 전하량은 같다. (가)에서 Cl^- 수를 3N이라고 할 때, H^+과 X^{a+} 수는 모두 N이라고 할 수 있다. (가)와 (나)에서 음이온의 전하량은 서로 같으므로 (나)에서 Cl^- 수는 3N으로 같고 Y^{b+} 수는 1.5N이다. 따라서 (가)와 (나) 속에 들어 있는 금속 이온 수의 비는 (가) : (나)=2 : 3이다.

㉢ : (가)에서 반응 전 H^+의 양(몰)은 Cl^-의 양(몰)과 같다. (가)에 X를 넣어 주었을 때 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$2H^+ + X \longrightarrow X^{2+} + H_2$$

H^+이 2N 감소할 때 X^{2+}은 N이 생성되었으므로 생성된 H_2의 양(몰)은 반응 후 남아 있는 H^+의 양(몰)과 같다. 따라서 생성된 H_2의 양은 $\frac{1}{3}\times 0.1\ M\times 0.1\ L=\frac{1}{300}$몰이다.

13

Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가하고, N의 산화수는 +5에서 +2로 감소한다. 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합은 같아야 하므로, Cu의 계수 a는 3, NO_3^-의 계수 c는 2로 하여 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

$$3Cu + 8H^+ + 2NO_3^- \longrightarrow 3Cu^{2+} + 2NO + 4H_2O$$

㉠ : $a=3$, $b=8$, $c=2$이므로 $b>a+c$이다.

~~ㄴ~~ : Cu는 자신은 산화되면서 NO_3^-의 N를 환원시켰으므로 환원제이다.

~~ㄷ~~ : 환원제는 Cu이며, Cu와 NO의 몰비는 3 : 2이므로 NO 1몰이 생성될 때 반응한 환원제 Cu의 양은 1.5몰이다.

14

염산에 마그네슘을 넣으면 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$2HCl(aq) + Mg(s) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$$

~~ㄱ~~ : Cl^-은 반응에 관여하지 않으므로 산화제가 아니다.

㉡ : Mg의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 Mg 1몰이 반응할 때 이동한 전자의 양은 2몰이다.

㉢ : 수소 이온 2개가 반응할 때 마그네슘 이온 1개가 생성되므로 반응이 일어나면 수용액 속 이온 수는 감소한다. 따라서 수용액 속 이온 수는 반응 전이 반응 후보다 크다.

15

두 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

- Mg의 연소 반응: $2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$
- Mg과 산의 반응: $Mg + 2H^+ \longrightarrow Mg^{2+} + H_2$

㉠ : 마그네슘이 연소될 때 열을 방출하고, 마그네슘과 산이 반응할 때에도 열을 방출하므로 두 반응 모두 발열 반응이다.

㉡ : 두 반응에서 모두 마그네슘이 산화되므로 산화 환원 반응이다.

㉢ : 반응이 일어날 때 열을 방출하므로 주위의 온도가 올라간다.

16

㉠ : 수산화 바륨 수화물과 염화 암모늄을 혼합하여 섞었을 때 나무판 위의 물이 얼었으므로 이 반응은 흡열 반응이다. 따라서 삼각 플라스크 내부에서 일어나는 반응은 흡열 반응이다.

㉡ : (다)에서 나무판 위의 물이 얼었으므로 삼각 플라스크 주위의 온도는 낮아진다.

~~ㄷ~~ : 나무판 위의 물이 얼음으로 변할 때 열을 방출한다.

17

㉠ : 연료가 연소할 때 열을 방출하므로 ㉠은 발열 반응이다.

㉡ : ㉡의 광합성은 빛에너지를 이용하여 포도당을 합성하는 것이므로 ㉡이 일어날 때 빛에너지를 흡수한다.

㉢ : ㉠에서 연료는 산소와 반응하여 산화되고, ㉡에서 CO_2는 환원되어 포도당을 생성하므로 ㉠과 ㉡은 모두 산화 환원 반응이다.

18

㉠ : 에탄올을 연소시켰을 때 물의 온도가 높아지므로 물은 에너지를 흡수한다.

ㄴ : 에탄올의 연소 과정은 발열 반응이므로 반응물이 생성물로 변할 때 주위의 온도는 높아진다.
~~ㄷ~~ : 이 실험은 에탄올에서 발생한 열량을 물이 모두 흡수한다고 가정하여 발생한 열량을 측정하는 실험이다. 따라서 물이 흡수한 열량을 구하려면 물의 질량, 물의 온도 변화, 물의 비열을 알아야 한다.

서답형 문제 본문 113쪽

01 (1) CO_2 (2) (가) CO (나) Fe
02 해설 참조
03 A<B<C<E<D
(2) 1 : 4 : 8 : 6 : 4 (3) 1몰
04 (1) +5 → +4
05 (1) (나) (2) 해설 참조

01

(1) (가)에서 화학 반응 전후 원자의 종류와 수는 같으므로 A는 CO_2이다.
(2) (가)에서 Fe의 산화수는 +3에서 0으로 감소하여 환원되고, C의 산화수는 +2에서 +4로 증가하여 산화된다. 따라서 환원제는 CO이다. (나)에서 Fe의 산화수는 0에서 +3으로 증가하여 산화되고, O의 산화수는 0에서 −2로 감소하여 환원된다. 따라서 환원제는 Fe이다.

02

모범답안 (가)에서 전체 이온 수가 감소하였으므로 A^+이 A로 환원되고 C는 C^{2+}으로 산화된다. 따라서 산화되는 정도는 C>A이며, (나)에서 금속 B와 C^{2+}의 반응이 일어나므로 금속 B가 산화된다.

채점 기준	배점
A~C의 산화되는 정도를 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
B가 산화된다고만 서술한 경우	30 %

03

A는 1개의 공유 결합을 형성하므로 1족 또는 17족 원소, B는 4개의 공유 결합을 형성하므로 14족 원소, C는 3개의 공유 결합을 형성하므로 15족 원소이다. E는 2개의 공유 결합을 형성하므로 16족 원소, D는 1개의 공유 결합을 형성하므로 1족 또는 17족 원소이다.
같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 크므로 전기 음성도는 B<C<E이다. 만일 A가 17족 원소이면 전기 음성도는 B보다 A가 크므로 (가)에서 B의 산화수는 +4이어야 한다. 그러나 (가)에서 B의 산화수는 +2이므로 A는 17족 원소가 아니라 1족 원소이고, D가 17족 원소임을 알 수 있다. 따라서 전기 음성도는 A<B<C<E<D이다.

04

(1), (2) Sn의 산화수는 0에서 +4로 증가하고, N의 산화수는 +5에서 +4로 감소한다. 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합이 같게 하기 위해 NO_3^-의 계수에 4를 곱하여 나머지 원자 수를 맞추면 다음과 같이 산화 환원 반응식이 완성된다.

$$Sn+4NO_3^-+8H^++6Cl^- \longrightarrow SnCl_6^{2-}+4NO_2+4H_2O$$

따라서 $a:b:c:d:e=1:4:8:6:4$이다.
(3) 산화제는 NO_3^-이고 N의 산화수는 +5에서 +4로 1 감소하므로 NO_3^- 1몰이 반응할 때 이동한 전자는 1몰이다.

05

(1) A와 B를 물에 용해시켰을 때 A는 온도가 높아지고 B는 온도가 낮아지므로 A의 용해 반응은 발열 반응, B의 용해 반응은 흡열 반응이다. 이때 수용액이 흡수하거나 방출한 열량을 계산하면 A와 B가 용해될 때 흡수하거나 발생하는 열량을 구하여 비교할 수 있다.
(2) 모범답안 A와 B가 용해될 때 발생하거나 흡수하는 열량은 수용액이 흡수하거나 방출하는 열량으로 계산할 수 있다.
열량(Q)=수용액의 비열×수용액의 질량×온도 변화
$Q_A : Q_B=4\times100\times4 : 3\times100\times2=8:3$이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)에서 출입한 열량의 비를 옳게 구하고, 계산 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
계산 과정을 서술하지 않고, (가)와 (나)에서 출입한 열량의 비만 옳게 구한 경우	30 %

본문 114~120쪽

대단원 종합 문제 Ⅳ. 역동적인 화학 반응

01 ⑤	02 ④	03 ③	04 ③	05 ⑤
06 ③	07 ④	08 ⑤	09 ⑤	10 ④
11 ④	12 ①	13 ①	14 ②	15 ①
16 ③	17 ⑤	18 ②	19 ①	20 ①
21 ①	22 ③	23 ⑤		

고난도 문제

24 ⑤	25 ③	26 ⑤	27 ①	28 ③
29 ①	30 ③	31 ④		

01

ㄱ : 염화 코발트 종이는 물을 흡수하면 붉은색으로 변하고, 열을 가하여 물을 증발시키면 다시 푸른색으로 변하므로 염화 코발트 종이의 색 변화는 가역 반응이다.
ㄴ : 무수 염화 코발트를 물에 녹이면 물을 흡수하여 붉은색을 띤다.
ㄷ : 무수 염화 코발트 종이가 물을 흡수하면 붉은색으로 변하는 성질을 이용하면 물을 검출할 수 있다.

02

(나)는 충분한 시간이 흘러 액체의 높이가 더 이상 변하지 않을 때이므로 동적 평형 상태이다.
~~ㄱ~~ : 밀폐 용기 속에 브로민 액체를 넣으면 기화가 일어나 브로민 기체가 생성된다. 따라서 기체 브로민의 양은 동적 평형 상태인 (나)가 (가)보다 많다.
ㄴ : 기화가 일어나면 브로민 기체가 많아져 브로민 기체의 응축 속도가 빨라진다. 따라서 브로민 기체의 응축 속도는 (나)가 (가)보다 빠르다.
ㄷ : (나)에서 브로민의 기화와 액화가 같은 속도로 일어나는 동적 평형에 도달하였으므로 (나)에서 증발하는 분자 수와 응축되는 분자 수가 같다.

03

ㄱ : 용질 X를 물에 용해시켰을 때 X의 일부가 녹지 않고 남았으므로 (가)는 용해 속도와 석출 속도가 같은 용해 평형 상태이다.

ㄴ : (가)에서 용해 속도와 석출 속도가 같아 겉으로 보기에는 반응이 멈춘 것처럼 보이지만, 실제로 같은 속도로 용해와 석출이 일어나고 있다.
ㄷ : 석출 속도는 물에 용해된 X의 양에 비례한다. 따라서 (가)에서 석출 속도는 X를 물에 넣은 직후보다 빠르다.

04

(가)와 (다)는 Cl^-이 들어 있으므로 $HCl(aq)$과 $NaCl(aq)$ 중 하나이고, (나)는 $NaOH(aq)$이다. (다)에 BTB 용액을 넣었을 때 노란색으로 변하였으므로 (다)는 $HCl(aq)$이다. 따라서 (가)는 $NaCl(aq)$이다.
ㄱ : (나)는 염기성, (다)는 산성이므로 수용액의 pH는 (나)>(다)이다.
ㄴ : (가)는 중성, (다)는 산성이다. 물의 이온화 상수는 (가)~(다)에서 같은데, $[H_3O^+]$는 (다)가 (가)보다 크므로 $[OH^-]$는 (가)가 (다)보다 크다.
ㄷ : (가)와 (나) 수용액에서 양이온과 음이온의 수는 같으므로 (가)와 (나)에 들어 있는 양이온의 양(몰)은 같다.

05

진한 황산에 염화 나트륨을 넣고 가열하면 염화 수소(HCl) 기체가 발생한다. 염화 수소에 암모니아수를 묻힌 유리 막대를 대어 보면 염화 암모늄의 흰색 연기가 생성된다.
ㄱ : X를 집기병에 넣어서 모으므로 X는 공기보다 밀도가 크다는 것을 알 수 있다.
ㄴ : X는 물에 녹아 수소 이온을 내놓으므로 X 수용액은 산성이다. 따라서 X 수용액에 BTB 용액을 넣으면 노란색으로 변한다.
ㄷ : 흰 연기는 NH_4Cl이며, HCl는 산, NH_3는 염기이므로 NH_4Cl의 생성 반응은 중화 반응이다.

06

ㄱ : $HA(aq)$의 몰 농도는 $\frac{\text{HA의 양(몰)}}{\text{HA}(aq)\text{의 부피(L)}}=0.1\ \text{M}$이다.
ㄴ : $B(aq)$에는 OH^-이 존재하므로 $B(aq)$은 염기성이다. 염기성 용액에서 $[H_3O^+]<[OH^-]$이다.
ㄷ : HA와 B가 반응할 때 HA는 H^+를 B에게 주므로 HA는 브뢴스테드·로리 산으로, B는 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

07

ㄱ : (가)는 $[H_3O^+]>[OH^-]$이므로 산성 용액이고, (나)는 $[H_3O^+]=[OH^-]$이므로 중성 용액이다. 따라서 수용액의 pH는 (나)>(가)이다.
ㄴ : (나)는 중성이며 25 ℃에서 중성 용액의 pH는 7이므로 $[H_3O^+]=1.0\times10^{-7}$ M이다.
ㄷ : 물의 이온화 상수(K_w)는 온도에 따라 변하므로 온도가 같은 (가)~(다)에서 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱은 모두 같다.

08

화학 반응 전후 원자의 종류와 수가 같으므로 ㉠은 HCl, ㉡은 NH_3이다.
ㄱ : ㉠은 HCl, ㉡은 NH_3이므로 분자당 H 원자 수는 ㉡이 ㉠보다 많다.
ㄴ : ㉠을 물과 반응시키면 양성자(H^+)는 ㉠에서 물로 이동한다.
ㄷ : ㉡을 물과 반응시키면 ㉡인 NH_3는 H_2O로부터 H^+를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

09

ㄱ : (가)에서 H_2O은 H_2SO_4으로부터 H^+를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용하고, (나)에서 H_2O은 HCO_3^-에게 H^+를 주므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다. 따라서 H_2O은 산으로도, 염기로도 작용하는 양쪽성 물질이다.
ㄴ : (나)에서 HCO_3^-은 H^+를 받아 H_2CO_3이 되므로 HCO_3^-의 짝산은 H_2CO_3이다.
ㄷ : (다)에서 $(CH_3)_3N$은 H_3O^+으로부터 H^+를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

10

Cl^-과 Na^+은 구경꾼 이온으로 반응 전후 이온 수는 변하지 않는다.
ㄱ : 혼합 용액에 Na^+ 3개, Cl^- 1개가 있고, 혼합 전 수용액의 부피는 같으므로 반응 전 용액의 몰 농도는 $NaOH(aq)$이 $HCl(aq)$의 3배이다.
ㄴ : 반응 전 $HCl(aq)$에는 H^+ 1개와 Cl^- 1개, $NaOH(aq)$에는 Na^+ 3개와 OH^- 3개가 들어 있었으므로 두 용액을 혼합하면 H_2O 분자 1개가 생성된다. 따라서 중화 반응에 의해 생성된 물 분자 수는 혼합 용액 속 Cl^- 수와 같다.
ㄷ : $HCl(aq)$ 5 mL에는 H^+ 1개가 들어 있으므로 $HCl(aq)$ 10 mL를 혼합 용액에 추가로 넣으면, H^+ 2개가 OH^- 2개와 반응하여 물이 되며, 혼합 용액은 중성이 된다.

11

같은 부피 속에 들어 있는 H^+과 OH^-의 몰비는 $0.1\ \text{M}\ H_2SO_4(aq)$: $0.1\ \text{M}\ NaOH(aq)=2:1$이다. 따라서 $0.1\ \text{M}\ H_2SO_4(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 수를 20N이라고 가정하면, $0.1\ \text{M}\ NaOH(aq)$ 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 10N이라고 할 수 있다.
ㄱ : (가)는 부피비가 $H_2SO_4(aq)$: $NaOH(aq)=1:2$이므로 혼합한 H^+의 양과 OH^-의 양이 같다. 따라서 (가)는 중성으로 $[OH^-]=[H_3O^+]$이다.
ㄴ : 혼합 용액 (나)와 (다)에 들어 있는 이온 수는 다음과 같다.

혼합 용액		(나)	(다)
혼합 전 용액의 부피와 이온 수	$H_2SO_4(aq)$(mL)	30	40
	이온 수	H^+ 60N	H^+ 80N
	$NaOH(aq)$(mL)	30	20
	이온 수	OH^- 30N	OH^- 20N
혼합 후	이온 수	H^+ 30N	H^+ 60N

(나)와 (다)의 전체 부피는 같지만 혼합 용액의 H^+ 수가 (다)가 (나)의 2배이므로 혼합 용액의 pH는 (나)>(다)이다.
ㄷ : $0.1\ \text{M}\ NaOH(aq)$ 60 mL에는 OH^- 60N이 들어 있고, (다)에는 H^+ 60N이 들어 있으므로 (다)에 추가로 $0.1\ \text{M}\ NaOH(aq)$ 60 mL를 넣은 용액은 중성이다.

12

몰 농도(M)$=\frac{\text{용질의 양(몰)}}{\text{용액의 부피(L)}}$이므로 용질의 양(몰), 즉 H^+이나 OH^-의 양(몰)은 몰 농도×부피와 같다. 따라서 $0.1\ \text{M}\ NaOH(aq)$ 40 mL에는 OH^-이 $0.1\ \text{M}\times0.04\ \text{L}=0.004$몰 들어 있다. 각 산 수용액 20 mL에 들어 있는 H^+의 양(몰)을 구하면 다음과 같다.

산 수용액	H^+의 양(몰)
$0.05\ \text{M}\ HCl(aq)$	0.001
$0.1\ \text{M}\ H_2SO_4(aq)$	0.004
$0.1\ \text{M}\ H_3PO_4(aq)$	0.006
$0.2\ \text{M}\ HNO_3(aq)$	0.004
$0.4\ \text{M}\ CH_3COOH(aq)$	0.008

각 산 수용액을 0.1 M NaOH(aq) 40 mL로 적정했을 때 0.05 M HCl(aq)에서 OH^-이 0.003몰로 가장 많이 남아 있으므로 수용액의 pH가 가장 크다.

13

(가)와 (나)에는 공통으로 ●이 들어 있으므로 ●은 Na^+이다. 용액에 들어 있는 양이온 수와 음이온 수가 같은데, (가)에서 4개인 ●이 Na^+이므로 ▲와 □은 각각 A^- 또는 OH^-이다. (나)에는 ●인 Na^+이 2개 있으므로 ★은 B^-, ■은 H^+이다.

ㄱ : ■은 H^+이다.

~~ㄴ~~ : 혼합 전 HA(aq) 100 mL에는 A^-(▲ 또는 □) 2개, HB(aq) 200 mL에는 B^-(★) 4개가 들어 있으므로 몰 농도는 HA(aq)과 HB(aq)이 같다.

~~ㄷ~~ : (가)에는 OH^- 2개, (나)에는 H^+ 2개가 들어 있으므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액은 중성이며 pH=7이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합한 용액의 $[H_3O^+]=10^{-7}$ M이다.

14

~~ㄱ~~ : HA(aq) 20 mL에 BOH(aq) 20 mL를 넣은 (다)에 ★ 1개, ▲ 4개, ● 3개가 들어 있으므로 ★은 OH^-, ▲은 B^+, ●은 A^-이다. 따라서 혼합 전 용액의 몰 농도의 비는 HA(aq) : BOH(aq)=3 : 4이다.

ㄴ : BOH(aq) 10 mL에는 ★ 2개, ▲ 2개가 있으므로 (나)에는 H^+이 남아 있다. 즉, (나)는 산성 용액이므로 (나)에 Mg을 넣으면 수소 기체가 발생한다.

~~ㄷ~~ : 단위 부피당 ▲ 수의 비는 (나) : (다)$=\frac{2}{30}:\frac{4}{40}=2:3$이다.

15

$AgNO_3(aq)$과 $Cu(s)$의 반응은 다음과 같다.

$$2AgNO_3(aq)+Cu(s) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq)+2Ag(s)$$

따라서 구리줄 표면에 은이 석출된다.

ㄱ : Cu는 전자를 잃고 Cu^{2+}으로 산화되므로 구리의 산화수는 증가한다.

~~ㄴ~~ : 알짜 이온 반응식은 $2Ag^++Cu \longrightarrow Cu^{2+}+2Ag$이므로 질산 이온($NO_3^-$)은 반응에 참여하지 않는다. 따라서 N의 산화수는 변하지 않는다.

~~ㄷ~~ : Ag^+ 2개가 전자를 얻어 환원될 때 Cu 1개가 전자를 잃고 Cu^{2+}으로 산화되므로 수용액에 들어 있는 이온의 양(몰)은 감소한다.

16

화학 반응 전후 원자의 종류와 수가 같으므로 ㉠은 O_2, ㉡은 CO_2이다.

ㄱ : 일정한 온도와 압력에서 기체의 밀도는 기체의 분자량에 비례하므로 기체의 밀도는 ㉡>㉠이다.

~~ㄴ~~ : (가)에서 Cu는 산화되고 O_2는 환원되므로 Cu는 환원제이다.

ㄷ : (나)의 CO_2에서 C의 산화수는 +4이므로 C의 산화수는 0에서 +4로 증가한다. 따라서 C의 산화수 증가량은 4이다.

17

ㄱ : 염산에 마그네슘을 넣으면 수소 이온과 마그네슘이 반응하여 수소 기체가 발생한다. 따라서 A는 H_2이다.

ㄴ : (가)에서 Mg은 전자를 잃고 산화되고 O_2는 전자를 얻어 환원된다. 따라서 O의 산화수는 0에서 −2로 감소한다.

ㄷ : Mg이 산화될 때 1개당 전자 2개를 잃으므로 (가)와 (나)에서 Mg 1몰이 산화될 때 이동한 전자의 양(몰)은 모두 2몰이다.

18

산화 구리(Ⅱ)와 탄소 가루의 반응은 다음과 같다.

$$2CuO+C \longrightarrow 2Cu+CO_2$$

이산화 탄소와 석회수의 반응은 다음과 같다.

$$Ca(OH)_2+CO_2 \longrightarrow CaCO_3+H_2O$$

~~ㄱ~~ : CuO와 C가 반응할 때 CuO는 Cu로 환원되고 C는 CO_2로 산화되므로 탄소 가루는 환원제이다.

ㄴ : CuO는 산소를 잃고 환원된다.

~~ㄷ~~ : 석회수가 뿌옇게 흐려지는 반응에서는 원자의 산화수가 변하지 않으므로 산화 환원 반응이 아니다.

19

$CuCl_2(aq)$을 떨어뜨린 곳에서는 금속이 석출되었고 $ZnCl_2(aq)$을 떨어뜨린 곳에서는 반응이 일어나지 않았으므로 금속의 반응성은 Zn>M>Cu임을 알 수 있다.

ㄱ : Ⅰ에서 금속이 석출되었으므로 금속 M은 산화되어 이온이 되고 Cu^{2+}은 환원되어 Cu가 되었다.

~~ㄴ~~ : Ⅱ에서 아무런 변화가 없었으므로 반응이 일어나지 않았다. 따라서 Cl^-은 산화되지 않는다.

~~ㄷ~~ : Ⅱ에서 반응이 일어나지 않았으므로 금속 M은 Zn^{2+}을 환원시키지 못한다. 따라서 금속 M은 Zn보다 산화되기 어렵다.

20

금속 A와 B가 모두 반응했을 때 $\frac{양이온\ 수}{음이온\ 수}$가 모두 0.5이므로 A 이온과 B 이온의 산화수는 모두 +2이다.

ㄱ : 금속 A와 B를 농도와 부피가 같은 HCl(aq)에 넣었고, A 이온과 B 이온의 산화수가 같으므로 반응한 금속 원자 수는 A와 B가 같다. 그런데 같은 수의 금속 원자가 반응했을 때 금속의 질량은 A가 B보다 크므로 금속의 원자량은 A가 B보다 크다.

~~ㄴ~~ : (가)와 (나)에서 $\frac{양이온\ 수}{음이온\ 수}$가 같으므로 같은 수의 H^+이 반응했음을 알 수 있다. 따라서 생성된 기체의 분자 수는 (가)와 (나)에서 같다.

~~ㄷ~~ : $\frac{양이온\ 수}{음이온\ 수}$는 (나)가 (다)보다 크므로 반응한 H^+ 수는 (다)가 (나)보다 크다. 따라서 남아 있는 H^+ 수는 (나)가 (다)보다 크므로 수용액의 pH는 (다)에서가 (나)에서보다 크다.

21

ㄱ : (가)의 NO_2에서 N의 산화수는 +4이고, NH_3에서 N의 산화수는 −3이므로 N의 산화수는 감소한다.

~~ㄴ~~ : (나)의 NO_2와 N_2O_4에서 N의 산화수는 +4로 같으므로 산화수 변화가 일어나지 않았다. 따라서 (나)는 산화 환원 반응이 아니다.

~~ㄷ~~ : (다)에서 H와 O의 산화수는 변하지 않았으므로 H_2O은 산화제가 아니다.

22

(가)에서는 온도가 높아졌으므로 NaOH(s)의 용해 반응은 발열 반응, (나)에서는 온도가 낮아졌으므로 NaCl(s)의 용해 반응은 흡열 반응이다.

ㄱ : (가)에서는 발열 반응이 일어난다.

~~ㄴ~~ : (나)에서 NaCl이 용해될 때 열을 흡수하므로 물은 열을 빼앗긴다.

ㄷ : 용해될 때 온도 변화는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 NaOH이

용해되면서 방출하는 열량이 NaCl이 용해되면서 흡수하는 열량보다 크다. 따라서 방출하거나 흡수하는 열량은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

23

㉠ : HCl(aq)에 NaOH(aq)을 넣으면 중화 반응이 일어나면서 중화열이 발생하므로 수용액의 온도는 높아진다.

㉡ : HCl 1 M × 0.2 L = 0.2몰과 NaOH 1 M × 0.1 L = 0.1몰을 혼합했으므로 0.1몰의 H_2O이 생성된다.

㉢ : 발생한 열량을 구하려면 수용액의 비열과 수용액의 질량, 온도 변화를 알아야 한다. 실험에서 수용액의 부피는 300 mL이고, 온도 변화는 측정하면 알 수 있으므로 수용액의 밀도와 비열을 알면 열량을 구할 수 있다.

24

㉠ : Ⅰ에서 충분한 시간이 흐르면 에탄올의 증발 속도와 응축 속도가 같아져 동적 평형 상태에 도달한다.

㉡ : Ⅱ에서는 응축이 거의 일어나지 않고 증발이 활발하게 일어나므로 에탄올의 질량 감소량이 크다. 따라서 에탄올의 질량은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다.

㉢ : 온도가 같을 때 에탄올의 증발 속도는 같으므로 Ⅰ에서와 Ⅱ에서의 증발 속도는 서로 같다.

25

㉠ : HA(aq)의 몰 농도 $=\frac{0.1\text{몰}}{1\text{ L}}=0.1$ M이다. HA는 물에서 완전히 이온화되므로 $[H_3O^+]=0.1$ M이다. 따라서 수용액의 pH는 1이다.

㉡ : 25 ℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1.0\times10^{-14}$이다. HA($aq$)에서 $[H_3O^+]=0.1$ M이므로 $[OH^-]=1.0\times10^{-13}$ M이고, HB(aq)에서 $[H_3O^+]=0.02$ M이므로 $[OH^-]=\frac{1}{2}\times10^{-12}$ M이다. 따라서 $[OH^-]$는 HB(aq)이 HA(aq)의 5배이다.

~~ㄷ~~ : $[H_3O^+][OH^-]$ 값은 물의 이온화 상수로 일정한 온도에서 같은 값을 가지므로 $[H_3O^+][OH^-]$는 HA(aq)과 HB(aa)에서 서로 같다.

26

㉠ : Y(aq)에 Mg을 넣었을 때 기체가 발생하였으므로 Y(aq)은 산성이다. 따라서 산성 용액인 Y(aq)에 BTB 용액을 넣으면 노란색으로 변하므로 ㉠은 '노란색'이다.

㉡ : X(aq)에 BTB 용액을 넣었을 때 푸른색을 띠므로 X(aq)은 염기성이다. 따라서 (가)에서 X를 물에 용해시킬 때 X는 H_2O로부터 H^+를 받으므로 (가)의 X(aq)에서 H_2O은 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다.

㉢ : X는 염기, Y는 산이므로 X와 Y를 반응시키면 H^+는 Y에서 X로 이동한다.

27

㉠ : (가)는 용질의 질량이 20 g이고 용액의 질량이 200 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{20\text{ g}}{200\text{ g}}\times100=10$ %이다.

~~ㄴ~~ : (가) 용액 20 g에는 2 g의 NaOH이 들어 있다. NaOH의 화학식량이 40이므로 NaOH 2 g은 0.05몰이다. (가) 20 g을 취하여 물을 넣어도 NaOH의 양은 변하지 않으므로 (나)의 몰 농도는 $\frac{0.05\text{몰}}{1\text{ L}}=0.05$ M이다. $[OH^-]=0.1$ M일 때 pH는 13인데 (나)의 몰 농도는 0.05 M로 0.1 M보다 작으므로 (나)의 pH는 13보다 작다.

~~ㄷ~~ : (나) 1 L에 0.05몰의 NaOH이 들어 있으므로 (나) 100 mL에는 0.005몰의 NaOH이 들어 있다. 0.1 M HCl(aq) 500 mL에는 H^+ 0.05몰이 들어 있으므로 두 용액을 혼합한 용액은 산성이다.

28

0.2 M HCl(aq) 30 mL에 NaOH(aq)을 조금씩 넣었을 때 Cl^-의 수는 일정하게 유지되고, Na^+의 수는 넣어 주는 NaOH(aq)의 양만큼 계속 증가한다. 따라서 ㉠은 Na^+, ㉡은 Cl^-이며, 중화점에서 두 이온 수가 같으므로 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 60 mL일 때가 중화점이다.

㉠ : 중화점에서는 혼합한 H^+과 OH^-의 양(몰)이 같으므로 0.2 M HCl(aq) 30 mL의 양(몰)과 NaOH(aq) 60 mL의 양(몰)이 같아야 한다. 따라서 NaOH(aq)의 몰 농도는 0.1 M이며, $[OH^-]=0.1$ M이므로 수용액의 pH는 13이다.

~~ㄴ~~ : $[Cl^-]$는 $a : b=\frac{N}{50} : \frac{N}{70}$이므로 a에서가 b에서의 $\frac{7}{5}$배이다.

㉢ : b까지 생성된 물의 양은 넣어 준 NaOH의 양과 같다. NaOH의 양(몰) = 0.1 M × 0.04 L = 0.004몰이므로 b까지 생성된 물의 양은 0.004몰이다.

29

㉠ : (가)에서는 X^+ 6N이 반응하고 Y 이온 2N이 생성되었으므로 Y 이온의 산화수는 +3이다. 또한 금속 Z를 넣었을 때 Y 이온 2N이 반응하고 Z 이온 3N이 생성되었으므로 Z 이온의 산화수는 +2이다. 따라서 금속 이온의 산화수의 비는 Y : Z = 3 : 2이다.

~~ㄴ~~ : (가)에서는 Y가 Y^{3+}으로 산화되며 산화수의 총 증가량은 3 × 2N이다. (나)에서는 Z가 Z^{2+}으로 산화되며 산화수의 총 증가량은 2 × 3N이다. 따라서 (가)와 (나)에서 산화수의 총 증가량은 같다.

~~ㄷ~~ : 금속 Z가 X보다 산화가 잘 되므로 Z 이온이 들어 있는 수용액에 금속 X를 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

30

MnO_2와 HCl이 반응할 때 Mn의 산화수는 +4에서 +2로 감소하고, Cl의 산화수는 −1에서 0으로 증가한다. 산화수의 총 증가량과 총 감소량은 같으므로 반응 전후 원자의 수를 맞추면 다음과 같다.

$$MnO_2+4HCl \longrightarrow MnCl_2+2H_2O+Cl_2$$

따라서 $a=4$, $b=2$, $c=1$이다.

㉠ : 화학 반응식에서 계수비는 반응 몰비와 같으므로 반응 몰비는 HCl : $MnCl_2$ = 4 : 1이다. 따라서 HCl 2몰이 반응하면 $MnCl_2$ 0.5몰이 생성되므로 $x=0.5$이다.

㉡ : Mn의 산화수는 +4에서 +2로 감소하므로 Mn의 산화수 변화량은 2이다.

~~ㄷ~~ : 0.1 M HCl(aq) 200 mL에는 HCl 0.02몰이 있다. 반응 몰비는 HCl : Cl_2 = 4 : 1이므로 충분한 양의 MnO_2를 넣어 반응시키면 0.005몰의 Cl_2가 생성된다.

31

㉠ : 에탄올이 연소하여 물의 온도가 올라갔으므로 에탄올의 연소는 열을 방출하는 발열 반응임을 알 수 있다.

~~ㄴ~~ : 에탄올의 연소 반응에서 열을 방출하므로 이 반응은 물질의 에너지가 낮아지는 반응이다. 즉, 반응물이 생성물보다 에너지가 높다.

㉢ : 물이 흡수한 열량 = 물의 비열 × 물의 질량 × 온도 변화 = 4 J/g·℃ × 100 g × (35.2 − 23.8) ℃ = 4560 J이다.