

解^해牛

우공비
화학 I

채움해설서

본(本) 개념비법서

Ⅰ 화학의 언어

- 01. 화학, 물질의 과학 2
- 02. 화합물의 조성 및 구조 7

Ⅱ 개성 있는 원소

- 03. 원자의 구조 17
- 04. 원자 모형과 전자 배치 23
- 05. 주기율표 31

Ⅲ 아름다운 분자 세계

- 06. 분자 구조의 다양성 42
- 07. 화학 결합 46
- 08. 분자의 구조 51
- 09. 탄소 화합물 57

Ⅳ 값은꼴 화학 반응

- 11. 산화-환원 반응 67
- 12. 산과 염기 73
- 13. 중화 반응 78

별(別) 시험대비서 91



01 화학, 물질의 과학

01 ② 인류 문명과 화학

개념 확인 문제

● 본책 9쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 (1) 질소 순환 (2) 암모니아 (3)
 ⑦ 수소(H)(탄소(C)) ⑨ 탄소(C)(수소(H)) 3 지구 온난화

1

(2) 철은 대부분 자연 상태에서 산화 철의 형태로 존재하므로 철의 제련 과정을 거쳐 순수한 철을 얻을 수 있다.

3

이산화 탄소에 의해 지구 표면의 평균 온도가 상승하는 현상을 지구 온난화라고 한다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 10~11쪽

- 기/본/문/제 01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ③ 05 ③
 06 ⑤
 실/력/문/제 07 ④ 08 ① 09 해설 참조 10 ②

01

알짜풀이 ● ④ 공기 중의 질소를 연소시킨 생성물은 질소 산화물이며, 질소 비료의 주성분은 암모니아이다. 암모니아의 합성으로 질소 비료를 대량 생산할 수 있게 되어 농작물 생산량이 크게 증가하였다.

오답넘기 ● ② 불을 사용하여 토기를 만들어 곡물을 저장함으로써 생활 방식에 변화가 생겼다.

③ 인류가 불을 사용할 수 있게 되어 음식을 익혀 먹음으로써 단백질 섭취 효율이 높아져 뇌 기능이 발달하였고, 전염병의 위험에서 벗어나게 되었다.

⑤ 광석으로부터 구리, 철 등의 금속을 얻을 수 있게 되어 청동기와 철기 문명이 시작되는 계기가 되었다. ㉮ ④

02

알짜풀이 ● ③ 철의 제련 과정에서 코크스가 불완전 연소하여 생성된 일산화 탄소에 의해 산화 철이 철로 환원되고, 이때 이산화 탄소가 발생한다. 또한 석회석의 열분해에 의해서도 이산화 탄소가 발생하므로 용광로 가스에는 이산화 탄소가 포함되어 있다.

오답넘기 ● ① 코크스는 철광석인 산화 철을 환원시킨다.

② 석회석은 철광석 속 불순물인 이산화 규소를 제거하는 역할을 한다.

④ 자연 상태에서 철은 대부분 산화물의 형태인 산화 철로 존재한다.

⑤ 철의 제련 과정을 통해 철광석은 대부분 철의 형태가 된다. ㉮ ③

용어 알기

촉매

반응에 참여하지 않으면서 반응 속도를 조절해주는 물질이에요. 암모니아 합성 반응에서는 산화 철, 산화 알루미늄 등이 촉매로 사용돼요.

● 보충 설명 ●

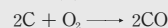
대체 에너지

대체 에너지로는 석탄 액화, 가스화 에너지, 수소 에너지, 연료 전지 등의 신에너지와 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 해양, 지열, 수력 등의 재생 에너지가 있어요.

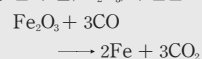
● 보충 설명 ●

철의 제련

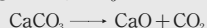
① 코크스(C)의 불완전 연소 :



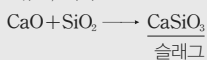
② 산화 철(Fe_2O_3)의 환원 :



③ 석회석($CaCO_3$)의 열분해 :



④ 철광석 속 불순물(이산화 규소) 제거 :



03

알짜풀이 ● ㄱ. 낫, 호미, 쟁기 등의 철제 농기구의 발달로 농업 생산성이 증대되었다.

ㄴ. 강철 바퀴의 생산으로 교통수단이 발달하였다.

오답넘기 ● ㄷ. 화석 연료가 에너지원으로 이용되어 산업 혁명과 교통 혁명을 가져왔다. ㉮ ③

04 | 자료 ② 분석하기 |

- 질소 고정 : 대기 중의 질소는 번개나 콩과식물의 뿌리혹박테리아에 의해 암모늄 이온(NH_4^+)이나 질산 이온(NO_3^-)으로 전환된다.
- 식물 : 암모늄 이온이나 질산 이온으로 단백질을 합성한다.
- 동물 : 식물이 합성한 단백질을 섭취하고, 암모니아나 요소의 형태로 배출한다.
- 질소 배출 : 탈질소 박테리아가 동물의 배설물이나 사체를 분해하여 질소 성분을 대기 중으로 돌려보낸다.

알짜풀이 ● ㄱ. 식물은 대기 중의 질소를 직접 이용할 수 없기 때문에 질소 고정을 통하여 단백질을 합성한다.

ㄴ. 질소는 식물의 단백질, 동물의 단백질, 대기 중의 질소 기체, 땅속의 질산 이온이나 암모늄 이온 등의 형태로 생태계 내에서 순환하며 이동한다.

오답넘기 ● ㄷ. 대기 중의 질소는 뿌리혹박테리아에 의해 질산 이온이나 암모늄 이온의 형태로 전환된다. ㉮ ③

05

알짜풀이 ● 대기 중의 질소를 고온, 고압, 촉매 조건에서 수소와 반응시켜 암모니아를 합성한다. 암모니아는 대표적인 화학 비료인 요소나 질산 암모늄의 원료로 사용된다. ㉮ ③

06

알짜풀이 ● ⑤ 화석 연료의 연소로 발생하는 이산화 탄소는 지구 온난화를 일으키므로 화석 연료의 사용량을 줄이거나 환경오염을 일으키지 않는 대체 에너지를 개발하여 사용해야 한다.

오답넘기 ● ①, ② 화석 연료의 주성분은 탄소(C)와 수소(H)로서 대부분 혼합물의 형태이다.

③ 화석 연료인 석탄과 석유가 연소하면 온실 기체인 이산화 탄소가 방출되어 지구 온난화가 발생한다.

④ 화석 연료는 에너지원으로 이용되어 산업 혁명과 교통 혁명을 가져왔고, 인류의 삶의 질을 개선시켰다. ㉮ ⑤

07

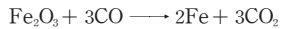
알짜풀이 ● ㄴ. 암모니아의 합성을 통해 질소 비료를 대량 생산함으로써 식량 증산에 크게 기여하였다.

ㄷ. 철의 제련을 통해 얻어진 철은 농기구뿐만 아니라 각종 생활용품, 운송 수단, 건축물 등을 비롯해 우주 산업에 이르기까지 다양한 분야에 이용되어 인류 문명 발전에 크게 기여하였다.

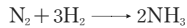
오답넘기 ● ㄱ. 석탄, 석유, 천연가스 등의 주요 구성 원소는 탄소(C)와 수소(H)이다. ㉮ ④

08 | 자료 분석하기 |

(가) 철의 제련 반응식: 철광석은 산화 철의 형태이므로 코크스에 의해 생성된 일산화 탄소와 반응하여 철로 환원된다.



(나) 암모니아 합성 반응식: 공기 중의 질소는 식물이 직접 이용할 수 없으므로 촉매 하에 수소와 반응시켜 암모니아를 합성한다.



(다) 천연가스인 메테인(CH_4)의 연소 반응식: 가장 간단한 탄화수소인 메테인의 연소 반응에 의해 이산화 탄소와 물이 생성되면서 열이 발생한다.



알짜풀이 ● ㄱ. ㉠과 ㉡은 이산화 탄소로 같은 물질이다.

오답نب기 ● ㄴ. 식물은 질소 성분을 암모늄 이온(NH_4^+)이나 질산 이온(NO_3^-)의 형태로 흡수하여 단백질을 합성한다.

ㄷ. 운송 수단의 제작 과정에서 철이 이용되고, 그 에너지원으로 화석 연료가 이용되므로 교통 발달에 크게 기여한 주된 화학 반응은 (가)와 (다)이다. **답 ①**

09

모범답안 ● 화석 연료의 과다 사용으로 발생하는 지구 온난화와 관련 깊은 환경 문제로서, 화석 연료의 사용량을 줄이거나 대체 에너지를 개발하여 사용해야 한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 지구 온난화만 설명하거나 대책만 설명한 경우	50 %

10

알짜풀이 ● ㄴ. (나)는 질산 이온이나 암모늄 이온으로 식물이 이를 흡수하여 단백질을 합성한다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)는 공기 중의 질소 형태로서 반응성이 매우 작아 식물이 그대로 이용할 수 없다.

ㄷ. (다)는 탈질소 박테리아가 동물의 배설물이나 사체를 분해시켜 질소 성분을 공기 중으로 되돌려보내는 과정이다. **답 ②**

02 Ⅱ 화학의 언어

개념 확인 문제

● 본책 14쪽

1 (1) × (2) × (3) × (4) ○ 2 원자량 3 (1) 17.0
(2) 36.5 (3) 111.0 (4) 48.0

1

질소(N_2)는 한 가지 원소로 이루어진 홑원소 물질이고, 물 분자는 H_2O 로, 수소와 산소 두 가지 원소로 이루어져 있다.

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

암모니아의 합성

대기 중 질소를 500~600℃, 200기압에서 수소와 함께 반응시키면 암모니아를 공업적으로 대량 합성할 수 있어요. 이렇게 암모니아를 대량 합성하는 방법을 하버-보슈법이라고 해요.

용어 알기

1원자 분자

비활성 기체인 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 등은 원자 상태로 안정하기 때문에 결합을 형성하지 않고 원자 1개로 존재해요.

{ 문제 다지기 }

● 본책 15~17쪽

기/본/문/제 01 ④ 02 ②, ④ 03 ㉠ 탄소(C), 수소(H), 산소(O) ㉡ 24개 04 ③ 05 ⑤ 06 36
실/력/문/제 07 ⑤ 08 ① 09 ① 10 ③, ⑤ 11 ④
12 ⑤ 13 ④ 14 ① 15 ②

01

알짜풀이 ● ④ 이산화 질소(NO_2)를 이루는 원소는 질소(N)와 산소(O) 두 가지이다.

오답نب기 ● ① 물(H_2O)은 수소(H)와 산소(O)로 이루어진 화합물이다.

② 헬륨(He)은 원자 1개로 이루어진 1원자 분자이다.

③ 원소는 물질을 구성하는 기본적인 성분으로 더 이상 다른 성분으로 분해되지 않는다.

⑤ 이산화 탄소(CO_2)는 탄소(C) 원자 1개와 산소(O) 원자 2개로 이루어져 있다. **답 ④**

02

알짜풀이 ● ②, ④ 일산화 질소(NO) 분자는 질소(N) 원자 1개와 산소(O) 원자 1개로 이루어져 있고, 이산화 질소(NO_2) 분자는 질소(N) 원자 1개와 산소(O) 원자 2개로 이루어져 있으므로 질소 원자의 개수가 1개씩으로 같고, 구성하는 원소의 종류가 질소와 산소로 같다.

오답نب기 ● ① 두 물질은 두 종류 이상의 성분으로 이루어졌다.

③ 산소 원자는 이산화 질소 분자가 1개 더 많다.

⑤ 일산화 질소 분자는 2개의 원자로 이루어져 있고, 이산화 질소 분자는 3개의 원자로 이루어져 있다. **답 ②, ④**

03

알짜풀이 ● 포도당을 구성하는 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)이고, 분자 1개를 이루는 원자 수는 탄소(C) 6개, 수소(H) 12개, 산소(O) 6개로 총 24개이다.

답 ㉠ 탄소(C), 수소(H), 산소(O) ㉡ 24개

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에 들어 있는 1개의 분자는 2개의 X와 1개의 Y로 구성되어 있으므로 이 물질의 분자식은 X_2Y 이다.

ㄷ. (가)에는 X_2Y 분자 4개가 존재하므로 구성하는 원자는 X와 Y이고 총 원자 수는 12이다. (다)에는 X_2 분자 4개와 Y_2 분자 2개가 존재하므로 이를 구성하는 원자는 X와 Y이고, 총 원자 수는 12이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)에 들어 있는 물질은 X_2 이므로 홑원소 물질이다. **답 ③**

05

알짜풀이 ● ⑤ N_2O 의 분자량은 44이고, NO_2 의 분자량은 46이다.

오답نب기 ● ① NH_3 의 분자량은 17이다.

② NaCl 의 화학식량은 58.5이다.

③ CO_2 와 C_3H_8 의 분자량은 44로 서로 같다.

④ NH_3 의 분자량은 17이고, CH_4 의 분자량은 16이므로 분자량은 NH_3 가 CH_4 보다 크다. **답 ⑤**


06

알짜풀이 ● X의 평균 원자량이 35.5이므로 원자량 35인 X는 75%, 원자량 37인 X는 25%임을 알 수 있다. Y의 평균 원자량은 1.008이므로 대부분이 원자량 1인 Y로 존재함을 알 수 있다. 따라서 가장 많이 생성되는 XY의 분자량은 36이다. **답 36**

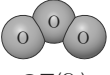
07

알짜풀이 ● ㄱ. 홑원소 물질은 산소(O_2) 한 가지이다.
 ㄴ. 메테인을 이루는 원소의 종류는 탄소(C)와 수소(H)로 두 가지이다.
 ㄷ. 1분자당 물은 수소(H) 원자 2개와 산소(O) 원자 1개로 이루어져 있고, 이산화 탄소는 탄소(C) 원자 1개와 산소(O) 원자 2개로 이루어져 있으므로 이들을 구성하는 원자 수는 서로 같다. **답 ⑤**


08 | 자료 분석하기 |



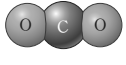
헬륨(He)




오존(O_3)




물(H_2O)



이산화 탄소(CO_2)



암모니아(NH_3)



메테인(CH_4)

- 1원자 분자 : 헬륨(He)
- 홑원소 물질 : 헬륨(He), 오존(O_3)
- 화합물 : 물(H_2O), 이산화 탄소(CO_2), 암모니아(NH_3), 메테인(CH_4)

알짜풀이 ● ㄱ. 화합물은 네 가지이다.

오답نب기 ● ㄴ. 산소 원자가 포함된 화합물은 물(H_2O), 이산화 탄소(CO_2)로 두 가지이다.

ㄷ. 물질을 구성하는 원소의 종류는 물(H_2O), 이산화 탄소(CO_2), 암모니아(NH_3), 메테인(CH_4) 모두 두 가지로 같다. **답 ①**

09

알짜풀이 ● 암모니아(NH_3)의 분해 반응에서 생성된 X는 질소(N_2)이고, 물(H_2O)의 분해 반응에서 생성된 Y는 산소(O_2)이다.

ㄱ. X와 Y는 홑원소 물질이다.

오답نب기 ● ㄴ. X는 N_2 , Y는 O_2 로 서로 다른 종류의 분자이다.

ㄷ. 암모니아와 물은 화합물이다. **답 ①**

10

알짜풀이 ● H_2O 은 두 종류의 원소로 이루어진 화합물이고, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 는 세 종류의 원소로 이루어진 화합물로 분자로 존재한다.

우공비 BOX

쉽게쉽게

분자량이 다른 XY 분자는 $^{35}\text{X}^{17}\text{Y}$ (분자량 36) $^{35}\text{X}^{18}\text{Y}$ (분자량 37), $^{35}\text{X}^{19}\text{Y}$ (분자량 38), $^{37}\text{X}^{17}\text{Y}$ (분자량 38), $^{37}\text{X}^{18}\text{Y}$ (분자량 39), $^{37}\text{X}^{19}\text{Y}$ (분자량 40)이 있어요. 그런데 ^{35}X 와 ^{17}Y 의 비율이 가장 크므로 가장 많이 생성되는 것은 분자량이 36인 $^{35}\text{X}^{17}\text{Y}$ 예요.

오답نب기 ● O_3 는 홑원소 물질이며, Fe_2O_3 , NaCl 은 이온 결합 물질이므로 분자로 존재하지 않는다. **답 ③, ⑤**

11

알짜풀이 ● ㄱ. 반응 전의 분자 수는 4개, 반응 후의 분자 수는 2개로 반응 후 총 분자 수는 감소한다.

ㄴ. 반응 전후 총 원자 수는 같다.

오답نب기 ● ㄴ. 반응물은 홑원소 물질이고, 생성물은 화합물이다. **답 ④**

12

알짜풀이 ● X, Y, Z의 원자량을 각각 x , y , z 라고 하면 $3x=y$ 이고, $4y=3z$ 이므로 원자량비는 다음과 같다.

$$x : y : z = \frac{1}{3} : 1 : \frac{4}{3} = 1 : 3 : 4$$

ㄱ. 원자량이 가장 작은 원소는 X이다.

ㄴ. Z의 원자량은 X의 4배이다.

ㄷ. Y의 원자량이 12라면, 화합물 YZ_2 의 분자량은 44이고, X 원자량은 4이므로 YZ_2 의 분자량은 X의 원자량의 11배이다. **답 ⑤**

13

알짜풀이 ● A와 B의 원자량을 각각 a , b 라고 하면 화합물 AB의 분자량인 $a+b$ 가 30이고, 화합물 AB_2 의 분자량인 $a+2b$ 가 46이다. 따라서 각 원자량 $a=14$, $b=16$ 이다.

ㄴ. A와 B의 원자량비(A : B)는 14 : 16 = 7 : 8이다.

ㄷ. A_2B 의 분자량은 $(14 \times 2) + 16 = 44$ 이다.

오답نب기 ● ㄱ. B₂의 분자량은 $16 \times 2 = 32$ 이다. **답 ④**

14

알짜풀이 ● ㄴ. XY_2 분자 중 분자량이 가장 큰 것은 상대 원자량이 큰 동위 원소의 조합으로 이루어진 분자이므로 $^{15}\text{X}^{17}\text{Y}^{17}\text{Y}$ 이다. 따라서 분자량은 $15 + 17 + 17 = 49$ 이다.

오답نب기 ● ㄱ. Y의 평균 원자량은 $\frac{16 \times 40 + 17 \times 60}{100} = 16.6$ 이다. 따라서 평균 분자량은 $16.6 \times 2 = 33.2$ 이다.

ㄷ. X는 ^{14}X , ^{15}X 가 있고, Y₂는 $^{16}\text{Y}^{16}\text{Y}$, $^{16}\text{Y}^{17}\text{Y}$, $^{17}\text{Y}^{17}\text{Y}$ 가 가능하므로 XY_2 분자의 종류는 여섯 가지이다. **답 ①**

15

알짜풀이 ● ㄷ. 이산화 탄소(CO_2) 분자 1개의 질량은 원자량의 기준이 바뀌어도 변하지 않는다.

오답نب기 ● ㄱ, ㄴ. 원자량, 분자량, 화학식량은 상대적 질량이므로 원자량의 기준이 바뀌면 변하게 된다. 따라서 물(H_2O)의 분자량, 염화 나트륨(NaCl)의 화학식량은 변한다. **답 ②**

용어 알기

평균 원자량
 자연계에 존재하는 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 원자량이에요.

조심조심

분자량이 다른 XY_2 분자는 네 가지이나 분자의 종류는 여섯 가지예요.

조심조심

분자 1개의 실제 질량 또는 밀도는 그 물질 고유의 값에 해당하는 절대값이므로 원자량과 같은 상대적 질량과는 무관해요.

보충 설명

홑원소 물질과 화합물
 홑원소 물질은 한 종류의 원소만으로 이루어진 순수한 물질이고, 화합물은 두 가지 이상의 원소들이 일정한 비율로 결합하여 만들어진 순수한 물질이에요.

우공비

비법 특강

● 본책 18~19쪽

1 ⑤ 2 ④ 3 ② 4 ① 5 ③

1

알짜풀이 ● ㄱ. 홑원소 물질은 N_2 , H_2 , O_2 로 세 가지이다.
 ㄴ. 다원자 분자는 NH_3 , CH_4 , CO_2 , H_2O 로 네 가지이다.
 ㄷ. 1분자당 구성하는 원자 수가 가장 많은 화합물은 CH_4 으로 총 원자 수는 5개이다. [답] ⑤

2

알짜풀이 ● 분자식은 C_3H_8 (프로페인), C_4H_{10} (뷰테인), O_2 (산소), H_2O (물), CO_2 (이산화 탄소)이다.
 ㄴ. 화합물은 C_3H_8 , C_4H_{10} , H_2O , CO_2 이다.
 ㄷ. 화석 연료가 완전 연소할 때 생성된 이산화 탄소가 지구 온난화 등의 문제를 일으킨다.

오답정기 ● ㄱ. 프로페인과 뷰테인의 성분 원소는 탄소(C)와 수소(H)로 같다. [답] ④

3

알짜풀이 ● 이산화 탄소(CO_2)와 염화 나트륨($NaCl$)은 두 가지 성분으로 이루어진 순물질로 화합물이다. 이들 중 이산화 탄소는 분자이고, 염화 나트륨은 이온 결합 물질로 분자로 존재하지 않는다. [답] ②

4

알짜풀이 ● ㄱ. (가)와 (나)의 분자 수는 각각 4개로 같다.
오답정기 ● ㄴ. (가)의 분자를 구성하는 원소는 수소(H), (나)의 분자를 구성하는 원소는 염소(Cl), (다)의 분자를 구성하는 원소는 수소(H)와 염소(Cl)이다.
 ㄷ. (가)의 분자 1개를 구성하는 원자 수는 2개, (다)의 분자 1개를 구성하는 원자 수도 2개로 서로 같다. [답] ①

5

알짜풀이 ● ㄱ. X는 원자량이 1인 동위 원소가 거의 대부분을 차지하므로 (가)는 1에 가깝다.
 ㄴ. ^{35}Y 의 존재 비율을 x 라 하면, ^{37}Y 의 존재 비율은 $100-x$ 이다. 따라서 Y의 평균 원자량은 $\frac{35.0 \times x + 37.0 \times (100-x)}{100}$
 $= 35.5$, $x=75$ 이다. 그러므로 (나) : (다) = $75 : 25 = 3 : 1$ 이다.

오답정기 ● ㄷ. XY의 분자식을 가진 화합물은 $^1X^{35}Y$, $^1X^{37}Y$, $^2X^{35}Y$, $^2X^{37}Y$ 로 분자량이 서로 다른 네 가지가 존재한다. [답] ③

수능 문제

실력 굳히기

● 본책 20~23쪽

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

01

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 철로 만든 도구를 사용하여 철기 문명이 시작되어 인류 문명 발전에 크게 기여하였고, 암모니아를 합성하여 질소 비료를 대량 생산함으로써 식량 증산에 기여하여 인류 문명을 발전시켰다.

● 보충 설명 ●

이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 연속적으로 결합하여 결정을 이루므로 분자로 존재하지 않아요.

● 보충 설명 ●

원소를 홑원소 물질과 같은 뜻으로 사용하기도 해요.

용어 알기

탄소 화합물

탄소(C)에 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 결합되어 있는 화합물을 말해요.

오답정기 ● ㄷ. 화석 연료를 사용하면 온실 기체인 이산화 탄소의 배출량이 많아져 지구 온난화를 일으킨다. 이것은 인류 문명의 발전에 따른 문제점이다. [답] ③

02

알짜풀이 ● ㄷ. 화합물 A는 암모니아이다. 암모니아의 합성으로 비료의 대량 생산이 가능해지고, 철제 농기구의 발달로 농업 생산량이 크게 증가하였다.

오답정기 ● ㄱ. 식물은 질소 성분을 암모늄 이온(NH_4^+)과 질산 이온(NO_3^-)의 형태로 흡수한다.

ㄴ. 하버-보슈가 개발한 암모니아의 합성 방법은 높은 온도와 압력에서 공기 중의 질소와 수소를 반응시키는 것이다. 암모니아를 합성하기 이전에는 번개나 질소 고정 세균(뿌리혹 박테리아)에 의해 질소 고정이 일어나 식물이 질소 성분을 사용할 수 있었다. [답] ②

03

알짜풀이 ● 원소(홑원소 물질)에 해당하는 것은 N_2 , H_2 , O_2 이고, 화합물에 해당하는 것은 NH_3 , CH_4 , CO_2 , H_2O 이다. [답] ④

04

알짜풀이 ● ㄱ. 코크스를 이용하여 철광석에서 철을 얻는 과정은 화학적 변화이다.

ㄴ. 공기 중의 질소는 N_2 의 형태로서 2원자 분자이다.
 ㄷ. 암모니아의 화학식은 NH_3 로 화합물이다. [답] ⑤

05

알짜풀이 ● 분자식은 H_2O (물), CO_2 (이산화 탄소), $C_6H_{12}O_6$ (포도당), O_2 (산소), N_2 (질소), H_2 (수소), NH_3 (암모니아)이다.
 ㄱ. 홑원소 물질은 산소(O_2), 질소(N_2), 수소(H_2)로 세 가지이다.

ㄴ. 성분 원소의 종류가 두 가지인 물질은 물(H_2O), 이산화 탄소(CO_2), 암모니아(NH_3)이다.
 ㄷ. 1분자당 가장 많은 수의 원자를 포함하는 물질은 포도당($C_6H_{12}O_6$)으로 총 24개의 원자로 이루어져 있다. [답] ⑤

06

알짜풀이 ● 원소(홑원소 물질)인 구리와 화합물인 포도당은 모두 순물질이며, 석유는 여러 가지 탄소 화합물이 섞여 있는 혼합물이다. [답] ②

07

알짜풀이 ● (가)는 BeF_2 , (나)는 BF_3 , (다)는 CH_4 , (라)는 NH_3 이다.

ㄱ. BeF_2 과 BF_3 에 공통으로 들어 있는 원소는 플루오린(F)이다.

ㄷ. (가)~(라)는 화합물이다.

오답정기 ● ㄴ. BF_3 는 붕소(B) 원자 1개와 플루오린(F) 원자 3개로 이루어져 있고, CH_4 은 탄소(C) 원자 1개와 수소(H) 원자 4개로 이루어져 있으므로 (나)와 (다)의 구성 원자의 수는 서로 다르다. [답] ③

08

알짜풀이 ● 나. (나)에서 수소 분자는 3개이다.

오답넘기 ● 가. (가)에서 질소는 분자 상태로 존재한다.

다. (다)는 암모니아 분자로서 화합물이고, (라)는 질소 기체와 수소 기체가 섞인 혼합물이다. 암모니아는 질소나 수소와는 화학적 성질이 다르다. ㉔ ②

09 | 자료 분석하기 |

구분	반응 전		반응 후
분자식	A ₂	B ₂	AB ₂
분자 수	2	4	4
1분자당 원자 수	2	2	3
총 원자 수	4	8	12

알짜풀이 나. 반응 후 물질은 1분자당 원자 3개로 구성되어 있다.

오답넘기 가. 반응 전 두 물질의 분자 수는 서로 다르다.

다. 반응 전 물질은 한 가지 원소로만 이루어진 홑원소 물질이고, 반응 후 물질은 화합물이다. ㉔ ②

10

알짜풀이 ● 나. ³⁵Cl의 존재 비율을 x 라고 할 때 평균 원자량은 다음과 같다.

$$\frac{35 \times x + 37 \times (100 - x)}{100} = 35.5 \text{이고, (나)는 } 75\%, \text{ (다)는}$$

25%이다. 따라서 (나)는 (다)의 3배이다.

다. 평균 원자량은 염소보다 산소가 작으므로 1g에 포함된 원자 수는 산소가 염소보다 많다.

오답넘기 ● 가. (가)는 $\frac{16 \times 99.76 + 17 \times 0.04 + 18 \times 0.2}{100} \approx$

16.0이다. ㉔ ④

11

알짜풀이 ● 가, 나. 원자의 질량비는 $X : Y : Z = 2 : \frac{8}{3} :$

$\frac{1}{6} = 12 : 16 : 1$ 이다. 따라서 원자량이 가장 작은 것은 Z이고, X와 Y의 질량비는 3 : 4이다.

오답넘기 ● 다. Z의 원자량을 1이라고 가정하면 X의 원자량은 12, Y의 원자량은 16이므로 YZ_2 , XY_2 , XZ_4 의 분자량은 18, 44, 16이므로 분자량은 $XY_2 > YZ_2 > XZ_4$ 이다. ㉔ ③

12

알짜풀이 ● (나)의 분자량이 (가)의 분자량의 2배보다 작고, A의 원자량이 B보다 크므로 분자당 구성 원자 수를 고려할 때 (가)의 분자식은 AB, (나)의 분자식은 AB₃임을 알 수 있다.

가. (나)는 AB₃이므로 구성하는 원자의 수는 A가 1개, B가 3개이다.

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

만약 원자량이 80인 동위 원소가 존재한다면 분자량이 159와 161인 Br₂ 분자도 존재해야 하므로 원자량이 80인 동위 원소는 존재하지 않음을 알 수 있어요.

● 쉽게 쉽게

질량이 작을수록 같은 질량 속에 많은 원자를 포함해요.

● 보충 설명 ●

(나)는 분자당 구성 원자의 수가 4이므로 AB₃, A₂B₂, A₃B가 가능하지만 A₂B₃는 AB의 분자량의 2배가 되므로 될 수 없어요. 원자량이 A가 B보다 더 크므로 A₃B 또한 분자량이 17보다 크므로 될 수 없어요.

● 쉽게 쉽게

원자량의 비가 주어진 문제에서 원자량을 몰아볼 경우 원자량의 비가 1인 원소의 원자량을 1이라고 가정하고 문제를 풀면 쉬워요.

다. A의 원자량을 a , B의 원자량을 b 라고 하면 $a + b = 10$, $a + 3b = 17$ 이 성립한다. 따라서 $a = 6.5$, $b = 3.5$ 이므로 AB₃의 분자량은 24이다. 따라서 (가)의 2.4배이다.

오답넘기 ● 나. 1g당 B 원자의 수는 (가) : (나) = $\frac{1}{10} \times 1 : \frac{1}{17} \times 3$ 이므로 (나)가 (가)의 3배가 아니다. ㉔ ③

13

알짜풀이 ● 나. 밀도는 부피당 질량이다. (가)~(다)의 기체의 부피가 같으므로 밀도비는 분자량비와 같다. 따라서 (가) : (나) : (다) = 1 : 16 : 22이다.

오답넘기 ● 가. 수소와 산소는 원소(홑원소 물질)이며, 이산화 탄소는 화합물이다.

다. (나)의 원자 수는 8개, (다)의 원자 수는 12개이다. ㉔ ②

14

알짜풀이 ● 나, 다. 분자량이 다른 HBr 분자에는 분자량 80인 ¹H⁷⁹Br, 분자량 81인 ²H⁷⁹Br, 분자량 82인 ³H⁷⁹Br, ¹H⁸¹Br, 분자량 83인 ²H⁸¹Br, 분자량 84인 ³H⁸¹Br가 있다.

오답넘기 ● 가. 분자량이 158인 Br₂은 Br의 동위 원소 중 원자량이 가장 작은 Br 2개가 결합한 것으로 원자량이 79이다. 분자량이 162인 Br₂은 Br의 동위 원소 중 원자량이 가장 큰 Br 2개가 결합한 것으로 원자량이 81이다. 분자량이 160인 Br₂은 원자량이 79인 Br과 81인 Br이 결합한 것이다. 따라서 Br의 동위 원소는 원자량이 79와 81인 것 두 가지이다. ㉔ ④

15

알짜풀이 ● XY와 XY₂의 분자량의 차이가 Y의 원자량이다. 따라서 Y는 16이고, X는 12, Z는 1이다.

나. Y의 원자량은 16이고, XZ₄의 분자량도 16이다.

오답넘기 ● 가. 원자량은 $Y > X > Z$ 이다.

다. 1분자 속에 들어 있는 전체 원자 수는 X₂Z₄가 가장 많다.

㉔ ①

16 | 자료 분석하기 |

• X, Y, Z의 원자량을 각각 x, y, z 라고 하면 $3x = y$, $2y = 3z$ 이다.
 $\Rightarrow x = \frac{1}{3}y$, $z = \frac{2}{3}y$ 이다.
 • 원자량비 $x : y : z = 1 : 3 : 2$ 이다.

알짜풀이 ● 나. 원자량이 작을수록 같은 질량 속에 많은 원자를 포함하므로 X가 가장 많다.

다. X의 원자량을 1이라고 가정하면 X₂Y의 분자량은 5, XZ₂의 분자량도 5로 같다.

오답넘기 ● 가. X의 원자량을 1이라 하면 X와 Y의 원자량의 합은 4이고, Z의 원자량은 2이므로 서로 다르다. ㉔ ④

02

화합물의 조성 및 구조

03 강 물

개념 확인 문제

● 본책 25쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 (1) 6 (2) $2 \times 6.02 \times 10^{23}$
 (3) ㉠ 44.8 ㉡ 88

1

0°C, 1기압에서 메테인 기체 22.4 L의 물 수는 1몰이다. 메테인 1몰에 포함되어 있는 수소 원자는 4몰이다.

2

물(H₂O) 분자 2몰에 포함된 산소 원자는 2몰이다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 26~27쪽

- 기/본/문/제 01 ② 02 ③ 03 (가)>(다)>(나) 04 ③
 05 ⑤ 06 ③
 실/력/문/제 07 ④ 08 ③ 09 ⑤ 10 ②

01

알짜풀이 ● ② 물(H₂O) 분자 2몰에는 수소(H) 원자 4몰과 산소(O) 원자 2몰이 포함되어 있다.

오답넘기 ● ④ 분자량에 g을 붙인 값은 분자 1몰의 질량이므로 분자 1개의 질량은 분자량을 아보가드로수로 나눈 값이다.

⑤ 염화 나트륨(NaCl) 1몰에는 나트륨 이온 1몰과 염화 이온 1몰이 포함되어 있다. ㉢ ②

02

알짜풀이 ● ③ 입자 1몰의 개수는 아보가드로수인 6.02×10^{23} 에 해당하므로 물(H₂O) 2몰에는 산소 원자 12.04×10^{23} 개가 포함되어 있다.

오답넘기 ● ① 헬륨(He)의 원자량은 4이므로 3몰의 질량은 12 g이다.

② 산소(O₂)의 분자량은 32이므로 32 g은 산소 1몰의 질량에 해당한다. 따라서 32 g에는 산소 분자 6.02×10^{23} 개가 포함되어 있다.

④ 이산화 탄소(CO₂) 44 g은 이산화 탄소 분자 1몰의 질량이므로 포함된 산소 원자의 몰 수는 2몰이다.

⑤ 1몰의 암모니아(NH₃)에 포함되어 있는 질소 원자는 1몰이므로 질소 원자의 질량은 14 g이다. ㉢ ③

03

알짜풀이 ● (가) 메테인(CH₄)의 화학식량은 16이므로 메테인 32 g은 메테인 2몰에 해당한다. 따라서 포함된 수소 원자 수는 8몰이다.

우공비 BOX

용어 알기

1몰

물질의 종류에 관계없이 물질 1몰 중에는 물질을 구성하는 입자 6.02×10^{23} 개가 들어 있어요. 1몰의 질량은 화학식량에 g을 붙인 값에 해당하고, 0°C, 1기압에서 1몰의 기체가 차지하는 부피는 22.4 L예요.

필수 자료

1몰의 질량

입자	질량
원자 1몰	원자량에 g을 붙인 값
분자 1몰	분자량에 g을 붙인 값
이온 1몰	이온식량에 g을 붙인 값

쉽게쉽게

몰 수 = $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ 이므로,

분자량 = $\frac{\text{질량}}{\text{몰 수}}$ (입자 수당 질량)에 해당해요.

(나) 분자 1몰에는 6.02×10^{23} 개의 분자가 포함되어 있으므로 질소(N₂) 분자 3.01×10^{23} 개는 질소 분자 0.5몰이다. 따라서 질소 분자 0.5몰에 포함된 질소 원자 수는 1몰이다.

(다) 염화 칼륨(KCl) 1몰에는 염화 이온 1몰과 칼륨 이온 1몰이 포함되어 있으므로 염화 칼륨 2몰에는 염화 이온 2몰이 포함되어 있다. ㉢ (가)>(다)>(나)

04 | 자료 분석하기 |

물과 입자 수, 질량, 부피와의 관계

$$\text{몰 수} = \frac{\text{입자 수}}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{\text{질량}}{\text{화학식량}} = \frac{\text{기체의 부피}}{22.4} \quad (0^\circ\text{C}, 1\text{기압})$$

기체	분자량	질량(g)	부피(L)	몰 수(몰)
질소(N ₂)	28	14	11.2	0.5
헬륨(He)	4	8	44.8	2
메테인(CH ₄)	16	8	11.2	0.5
이산화 탄소(CO ₂)	44	11	5.6	0.25

알짜풀이 ● ③ 총 원자 수의 경우 질소(N₂)는 1몰(=0.5몰 × 2), 헬륨(He)은 2몰(=2몰 × 1), 메테인(CH₄)은 2.5몰(=0.5몰 × 5), 이산화 탄소(CO₂) 0.75몰(=0.25몰 × 3)이므로 총 원자 수가 가장 적은 것은 이산화 탄소이다.

오답넘기 ● ④ 분자 1개의 질량이 가장 큰 것은 분자량이 가장 큰 이산화 탄소이다.

⑤ 0°C, 1기압에서 기체의 부피가 가장 큰 것은 몰 수가 가장 큰 헬륨이다. ㉢ ③

05

알짜풀이 ● 기체 1몰의 질량은 기체의 분자량에 g을 붙인 값이므로 25°C, 1기압에서의 밀도를 이용하여 기체의 분자량을 구하기 위해서는 같은 온도와 압력에서 기체 1몰이 차지하는 부피를 알아야 한다. ㉢ ⑤

06

알짜풀이 ● ㄱ. 0°C, 1기압에서 산소(O₂) 5.6 L는 0.25몰에 해당하므로 질량은 8 g이다.

ㄴ. 메테인(CH₄) 1몰의 질량은 16 g, 1몰이 차지하는 부피는 22.4 L이므로 0.5몰의 질량과 차지하는 부피는 8 g과 11.2 L이다. 따라서 밀도는 $\frac{8}{11.2}$ g/L이다.

오답넘기 ● ㄴ. 분자 수가 3.01×10^{23} 개인 이산화 탄소(CO₂)의 몰 수는 0.5몰이므로 0°C, 1기압에서 기체가 차지하는 부피는 11.2 L이다. ㉢ ③

07

알짜풀이 ● ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 몰 수에 비례하므로 기체의 분자 수비는 (가) : (나) : (다) = 2 : 4 : 1임을 알 수 있다. 따라서 기체의 분자 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄴ. 기체의 분자량은 입자 수당 질량에 비례하므로 분자량의 비는 $0.32(=\frac{0.64}{2}) : 0.04(=\frac{0.16}{4}) : 0.44$ 이다. 따라서 X₂의 분자량은 Y의 8배이다.

오답넘기 ● 나. X_2 의 분자량을 32라고 한다면 ZX_2 의 분자량은 44이므로 Z의 원자량은 12, X의 원자량은 16임을 알 수 있다. ㉔ ④

08 | 자료 분석하기 |

구분 물질	분자량	질량(g)	부피(L)	밀도 (g/L)
A	58	14.5	5.6	$\frac{14.5}{5.6}$
B	44	(가) 33	16.8	$\frac{33}{16.8}$
C	32	4	(나) 2.8	$\frac{4}{2.8}$

• A의 몰 수 = $\frac{5.6}{22.4} = \frac{1}{4}$ 몰 \Rightarrow 분자량 = $\frac{14.5}{0.25} = 58$

• B의 몰 수 = $\frac{16.8}{22.4} = \frac{3}{4}$ 몰 \Rightarrow 질량 = $44 \times \frac{3}{4} = 33$

• C의 몰 수 = $\frac{4}{32} = \frac{1}{8}$ 몰 \Rightarrow 부피 = $22.4 \times \frac{1}{8} = 2.8$

알짜풀이 ● ③ 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 $A > B > C$ 이다.

오답넘기 ● ① B는 $\frac{3}{4}$ 몰이므로 (가)의 질량은 33g이다.

② C는 $\frac{1}{8}$ 몰에 해당하므로 (나)는 2.8 L이다.

⑤ 기체의 몰 수가 가장 큰 것은 가장 큰 부피를 차지하는 B이다. ㉔ ③

09

알짜풀이 ● 가. X_2 의 분자량은 28이므로 X_2 4g의 몰 수는 $\frac{1}{7}$ 몰이다.

나. 같은 온도에서 부피가 같을 때 (나)의 압력을 (가)와 같이 1기압이라고 하면 압력이 같을 때 기체의 부피는 몰 수에 비례하므로 (나)의 Y_2 는 X_2 $\frac{1}{7}$ 몰의 14배인 2몰이고, 분자 수는 12.04×10^{23} 개이다.

다. (나)에서 Y_2 4g이 2몰에 해당하므로 1몰의 질량은 2g이고, Y_2 의 분자량은 2임을 알 수 있다. 따라서 X와 Y의 원자량은 각각 14와 1이므로 XY_3 의 분자량은 17이다. ㉔ ⑤

10

알짜풀이 ● 나. 온도와 압력이 같을 때 기체의 밀도비는 분자량비와 같다. 세 기체의 압력을 모두 1기압이라고 가정하면 X_2 의 부피는 2배, Y_2 의 부피는 3배가 되므로, 밀도비는 $X_2 : Y_2 : ZY_2 = \frac{2.5}{2} : \frac{4.5}{3} : \frac{3.0}{1}$ 이다. 즉, 분자량비도 $X_2 : Y_2 : ZY_2 = \frac{2.5}{2} : \frac{4.5}{3} : \frac{3.0}{1} = 1.25 : 1.5 : 3.0$ 이므로 ZY_2 의 분자량은 Y_2 의 2배이다.

오답넘기 ● 가. Y_2 의 압력이 X_2 의 1.5배이므로 입자 수도 Y_2 가 X_2 의 1.5배이다.

다. 분자량의 비로부터 원자량의 크기는 $Z > Y > X$ 임을 알 수 있다. ㉔ ②

우공비 BOX

보충 설명

같은 온도와 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자를 포함하고 있으므로 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량이 클수록 커요.

쉽게쉽게

같은 온도에서 부피가 서로 같고, 압력이 다른 기체의 경우 압력을 같은 조건에 두면 되요. (나처럼 감소한 압력만 큼 부피는 커지게 된답니다.

쉽게쉽게

기체의 온도와 부피가 같을 때, 기체의 압력은 몰 수인 입자 수에 비례해요.

보충 설명

CH의 실험식량이 13이고, 분자량은 78이므로 n 는 6이예요. 분자식 = (실험식) $_n$ 이므로, 분자식은 $(CH)_6$ 이예요.

04 ④ 화학식과 화학 반응식

개념 확인 문제

● 본책 30쪽

1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 ㉔ CH_3 ㉕ C_2H_6 3 2몰

2

알짜풀이 ● 탄소(C)와 수소(H) 원자의 개수비는 $C : H = \frac{24}{12} : \frac{6}{1} = 1 : 3$ 이다. 따라서 실험식은 CH_3 이고, 실험식량은 15이다. 물질 X의 분자량은 30이므로 분자식은 C_2H_6 이다.

문제 다지기

● 본책 31~33쪽

기/본/문/제 01 ④ 02 ① 03 ㉔ CH ㉕ C_6H_6

04 ⑤ 05 ③ 06 3몰

실/력/문/제 07 ① 08 해설 참조 09 ③ 10 ③

11 ④ 12 ⑤ 13 ⑤ 14 ① 15 ②

01

알짜풀이 ● ④ 금속 원소가 포함된 화합물은 고유한 선 스펙트럼을 나타내므로 불꽃색이 비슷한 원소의 경우 선 스펙트럼을 이용하여 구별할 수 있다.

오답넘기 ● ① 불꽃 반응은 시료를 겔불꽃 속에 넣어 관찰한다.

② 질산 나트륨의 불꽃 반응색은 노란색이고, 질산 칼륨의 불꽃 반응색은 보라색으로 서로 같지 않다.

③ 금속 원소 시료의 양이 적어도 불꽃색이 나타난다.

⑤ 여러 가지 금속 원소가 섞여 있으면 각 불꽃색이 혼합되어 나타난다. ㉔ ④

02

알짜풀이 ● 가. 염화 칼슘은 조해성이 크다. 따라서 (가)는 공기 중의 수증기를 흡수하여 건조한 공기를 공급하기 위한 장치이다.

오답넘기 ● 나. 염화 칼슘은 물을 잘 흡수하므로 (나)의 질량 변화를 통해 시료에 포함된 수소의 질량을 알 수 있다.

다. 염기성인 수산화 칼륨은 산성 기체인 이산화 탄소를 잘 흡수하므로 (다)의 질량 변화를 통해 시료에 포함된 탄소의 질량을 알 수 있다. ㉔ ①

03

알짜풀이 ● 탄소(C)와 수소(H) 원자의 성분 비는 $C : H = \frac{92.3}{12} : \frac{7.7}{1} \approx 1 : 1$ 이므로 실험식은 CH이고, 분자량이 78이므로 분자식은 C_6H_6 이다. ㉔ ㉔ CH ㉕ C_6H_6

04

알짜풀이 ● ⑤ 기체 반응에서 화학 반응식의 계수는 기체의 부피를 의미한다. 일정한 온도와 압력에서 반응 후 계수의 합이 작아졌으므로 기체의 전체 부피가 감소하는 반응이다.

오답넘기 ● ① 반응물은 N_2 와 H_2 이고, 생성물은 NH_3 이다.
 ②, ④ 질량 보존 법칙에 의해 화학 반응이 일어나도 반응 전과 후에 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 질량이 변하지 않는다. **답 ⑤**

05

알짜풀이 ● ㄱ. 반응물은 A_2 와 B_2 이고, 생성물은 AB_2 이다.
 ㄴ. 생성물을 구성하는 원소의 종류는 A와 B로 두 가지이다.
오답넘기 ● ㄷ. A_2 분자 2몰과 B_2 분자 4몰이 반응하여 AB_2 분자 4몰이 생성되었으므로 화학 반응식은 $A_2 + 2B_2 \rightarrow 2AB_2$ 이다. **답 ③**

06

알짜풀이 ● 계수를 구해보면 $C : 3a = c$, $H : 8a = 2d$, $O : 2b = 2c + d$ 이다. a 를 1이라 할 때, $b = 5$, $c = 3$, $d = 4$ 이므로 화학 반응식은 $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$ 이다. 계수비는 몰 수비와 같으므로 프로페인 1몰이 연소할 때 생성되는 이산화 탄소는 3몰이다. **답 3몰**

07

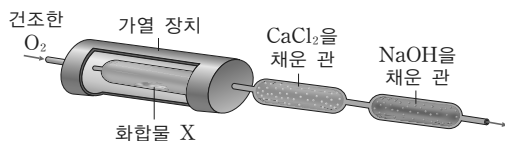
알짜풀이 ● ㄱ. (가)와 (다)에서 금속 양이온은 나트륨 이온이므로 불꽃색은 모두 노란색이다.
오답넘기 ● ㄴ. (나)와 (다)는 금속 양이온의 종류가 다르므로 분광기를 이용하면 고유의 선 스펙트럼이 나타나 두 물질을 구별할 수 있다.
 ㄷ. (라)의 불꽃색은 Ca의 불꽃색인 주황색이 나타난다. **답 ①**

08

알짜풀이 ● 두 물질을 이루는 금속 양이온이 다르기 때문에 불꽃을 분광기에 통과시키면 서로 다른 선 스펙트럼이 나타나게 된다.
모범답안 ● 불꽃을 분광기에 통과시켜 선 스펙트럼을 관찰한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %

09 | 자료 분석하기 |



- 염화 칼슘($CaCl_2$)을 채운 관의 질량 증가량 : 108 mg
 ➔ 수소(H)의 질량 : $108 \text{ mg} \times \frac{2}{18} = 12 \text{ mg}$
- 수산화 나트륨($NaOH$)을 채운 관의 질량 증가량 : 220 mg
 ➔ 탄소(C)의 질량 : $220 \text{ mg} \times \frac{12}{44} = 60 \text{ mg}$
- 탄소와 수소의 원자 수비($C : H$) = $\frac{60}{12} : \frac{12}{1} = 5 : 12$

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 수소의 질량은 12 mg이고, 탄소의 질량은 60 mg이므로 연소된 X의 질량은 72 mg이다.

오답넘기 ● ㄷ. X의 실험식은 C_5H_{12} 이다. **답 ③**

우공비 BOX

쉽게쉽게

가장 복잡한 화학 반응식의 계수를 1로 해요.

보충 설명

$NaOH$ 은 염기성 물질로 산성인 CO_2 를 흡수할 뿐만 아니라 조해성이 있어 H_2O 도 같이 흡수하므로 두 장치의 순서를 바꾸면 실험을 할 수 없어요.

쉽게쉽게

화학 반응식의 계수비는 몰 수비, 분자 수비와 같아요. 기체 반응일 경우 부피비와도 같아요.

10

알짜풀이 ● ㄱ. X와 Y에서 C와 H의 원자 수비($C : H$)는 $\frac{85.7}{12} : \frac{14.3}{1} \approx 1 : 2$ 로 같으므로 실험식은 모두 CH_2 로 같다. 따라서 X와 Y의 실험식량은 14로 같다.

ㄴ. X의 분자량은 28이고, 실험식량은 14이므로 분자식은 C_2H_4 이고, Y의 분자량은 56이고, 실험식량은 14이므로 분자식은 C_4H_8 이다. 따라서 한 분자당 탄소 원자의 몰 수는 Y가 X의 2배이다.

오답넘기 ● ㄷ. 화합물 X와 Y를 완전 연소시킬 때 일어나는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 화합물 X는 $C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$ 이고, Y는 $C_4H_8 + 6O_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O$ 이다. 따라서 생성되는 수증기 양은 Y가 X의 2배이다. **답 ③**

11

알짜풀이 ● 분자량은 $0^\circ C$, 1기압에서 기체 22.4 L의 질량에 해당하므로 A와 B의 분자량은 각각 46과 30이다. A의 경우 질소 7g과 결합하는 산소의 질량이 16g이므로 각 원소의 몰 수비는 $N : O = \frac{7}{14} : \frac{16}{16} = 1 : 2$ 이고, 실험식은 NO_2 이다. B의 경우 질소 7g과 결합하는 산소의 질량이 8g이므로 각 원소의 몰 수비는 $N : O = \frac{7}{14} : \frac{8}{16} = 1 : 1$ 이고, 실험식은 NO 이다.

ㄴ. B의 실험식은 NO 이고, 분자량이 30이므로 실험식량과 분자량은 같다.

ㄷ. A의 실험식은 NO_2 이고, 분자량이 46이므로 분자식도 실험식과 같은 NO_2 이다. 이때 B의 분자식은 NO 이므로 일정량의 산소와 결합하는 질소 원자의 몰 수는 $A : B = 1 : 2$ 이다.

오답넘기 ● ㄱ. A의 분자식은 NO_2 이다. **답 ④**

12 | 자료 분석하기 |

각 질소 산화물의 원자 수비를 구하면 다음과 같다.

(가) $N : O = \frac{14}{14} : \frac{16}{16} = 1 : 1$ 이므로 실험식은 NO 이고, 분

자량이 30이므로 분자식도 NO 이다.

(나) $N : O = \frac{14}{14} : \frac{16}{16} = 1 : 2$ 이므로 실험식은 NO_2 이고, 분

자량이 92이므로 분자식은 N_2O_4 이다.

(다) $N : O = \frac{28}{14} : \frac{16}{16} = 2 : 1$ 이므로 실험식은 N_2O 이고, 분

자량이 44이므로 분자식도 N_2O 이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 실험식량은 (나)가 가장 크다.

ㄴ. 질소 원자 1개당 결합된 산소 원자 수는 (나)가 가장 많다.

ㄷ. 한 분자를 이루는 원자 수는 (나) > (다) > (가) 순이다. **답 ⑤**

13

알짜풀이 ● 화학 반응식을 완성하면

$N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ 이므로 $a=1$, $b=1$, $c=2$ 이다.

나. N_2 1몰이 충분한 양의 산소와 반응하면 NO 2몰이 생성된다.

다. 반응 전후 계수의 합이 같으므로 기체의 전체 부피는 변하지 않는다.

오답범기 ● ㄱ. $a+b=c$ 이다. ㉔ ⑤

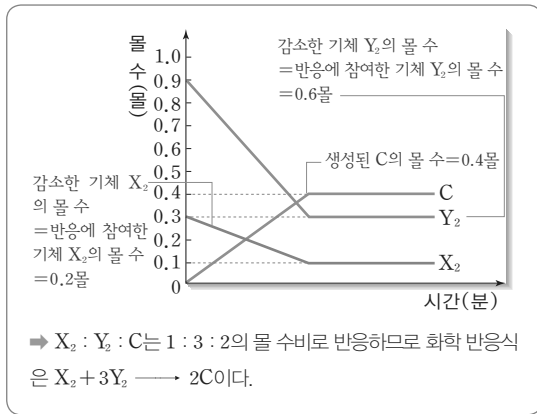
14

알짜풀이 ● 산소 분자가 O 로 존재한다면 화학 반응식은 $C(s) + 2O(g) \rightarrow CO_2(g)$ 가 된다.

ㄱ. 산소와 이산화 탄소의 부피비가 1 : 1에서 2 : 1로 달라진다.

오답범기 ● 나, 다. 산소의 분자식이 O_2 에서 O 가 되어도 이산화 탄소의 분자식은 변하지 않으므로 탄소 1g과 반응하는 산소의 질량과 탄소 1g이 연소될 때 생성되는 이산화 탄소의 분자 수는 달라지지 않는다. ㉔ ①

15 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● 다. Y 0.15몰이 반응하면 C 0.1몰이 생성되므로 C 의 분자 수는 $0.1 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개 = 6.02×10^{22} 개이다.

오답범기 ● ㄱ. 2개의 X 와 6개의 Y 가 2개의 C 를 생성하므로 C 의 분자식은 XY_3 이다.

나. X_2 0.2몰이 반응할 때 Y_2 0.6몰이 반응하여 생성물 XY_3 0.4몰을 생성한다. 따라서 반응물의 몰 수의 합은 생성물의 몰 수보다 크다. ㉔ ②

05 ㉔ 화학 반응에서의 양적 관계

개념 확인 문제 ● 본책 35쪽

1 (1) $CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$ (2) 0.1몰 (3) 1.8 g (4) 2.24 L 2 1.4 g 3 4.48 L

3

과산화 수소 분해 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ 이다. 과산화 수소 0.4몰을 분해할 때 물 0.4몰과 산소 0.2몰이 생성된다. 그러므로 발생하는 산소의 부피는 4.48 L이다.

우공비 BOX

쉽게쉽게

화학 반응의 양적 관계를 묻는 문제가 나왔을 때는 화학 반응을 화학 반응식으로 먼저 나타낸 후 양적 관계를 따져야 해요.

쉽게쉽게

질량 보존 법칙에 의해 반응 전후 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 2개의 C 를 구성하는 원자의 종류와 수는 X 2개와 Y 6개예요.

보충 설명

0°C, 1기압에서 기체의 종류에 상관없이 기체 1몰의 부피는 22.4 L예요.

● 본책 36~37쪽

{ 문제 다지기 }

기/본/문/제 01 ③ 02 8.96 L 03 ⑤ 04 ③

05 2.24 L 06 6.72 L

실/력/문/제 07 ⑤ 08 ① 09 ③ 10 ②

01

알짜풀이 ● ㄱ. C_3H_8 의 분자량은 44이므로 연소한 C_3H_8 의 질량인 22.0 g의 몰 수는 0.5몰이다.

다. C_3H_8 과 CO_2 의 몰 수비는 1 : 3이므로 0.5몰의 C_3H_8 이 연소할 때 생성되는 CO_2 의 몰 수는 1.5몰이다. 따라서 질량은 66 g (= 1.5몰 \times 44 g/몰)이다.

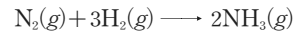
오답범기 ● 나. C_3H_8 과 O_2 의 몰 수비는 1 : 5이므로 0.5몰의 C_3H_8 과 반응한 O_2 의 몰 수는 2.5몰이다. 따라서 분자 수는 $2.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개이다. ㉔ ③

02

알짜풀이 ● 일산화 탄소가 완전 연소할 때 화학 반응식은 $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$ 이다. 일산화 탄소 8.96 L는 0.4몰이고, 0.4몰이 완전 연소하면 이산화 탄소도 0.4몰이 생성된다. 따라서 발생하는 이산화 탄소의 부피는 일산화 탄소의 부피와 같은 8.96 L이다. ㉔ 8.96 L

03

알짜풀이 ● 질소(N_2) 기체와 수소(H_2) 기체가 반응하여 암모니아(NH_3)가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



N_2 14 g은 0.5몰에 해당하므로 반응한 H_2 는 1.5몰이고, 생성된 NH_3 는 1몰이다.

⑤ 화학 반응식에서 계수비는 질량비와 같지 않다.

오답범기 ● ①, ② NH_3 1몰이 생성되며, 1몰의 질량은 분자량에 g 을 붙인 값이므로 17 g이다.

③ 반응한 N_2 의 몰 수는 0.5몰이며, 0°C, 1기압에서 N_2 0.5몰이 차지하는 부피는 11.2 L이다.

④ 반응한 H_2 의 몰 수는 1.5몰이므로 분자 수는 $1.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개이다. ㉔ ⑤

04

알짜풀이 ● ㄱ. 과산화 수소 분해 반응식은

$2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ 이다. 따라서 a 와 b 는 2로 같다.

다. H_2O_2 17 g은 0.5몰이므로 이때 생성되는 O_2 의 몰 수는 0.25몰이다. 따라서 0°C, 1기압에서의 O_2 의 부피는 5.6 L이다.

오답범기 ● 나. 화학 반응식에서 H_2O 과 O_2 의 계수비는 2 : 1이므로 생성되는 분자 수비도 2 : 1이다. ㉔ ③

05

알짜풀이 ● 염화 수소(HCl)의 분자량은 36.5이므로 7.3 g은 0.2몰이다. Cl_2 와 HCl 의 몰 수비는 1 : 2이므로 HCl 0.2몰이 생성되기 위해서는 Cl_2 0.1몰이 반응해야 한다. 따라서 반응한 Cl_2 의 부피는 2.24 L이다. ㉔ 2.24 L

06

알짜풀이 ● 아연과 묽은 염산의 화학 반응식은

$\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \longrightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ 이다. 아연 19.62g은 0.3몰이고, 아연과 수소 기체의 몰 수비는 1 : 1이므로 생성된 수소 기체의 몰 수도 0.3몰이다. 따라서 발생한 수소 기체의 부피는 6.72 L이다. **답 6.72 L**

07

알짜풀이 ● ㄱ. CaCO_3 이 묽은 염산과 반응하면 CO_2 가 발생하여 공기 중으로 빠져나가므로 질량이 감소하고, 질량 차이 b g이 생성된 CO_2 의 질량이다. 따라서 CO_2 의 몰 수인 c 는 $\frac{b}{\text{CO}_2 \text{의 분자량}}$ 이다.

ㄴ. 화학 반응식에서 CaCO_3 과 CO_2 의 몰 수비가 1 : 1이므로 반응한 CaCO_3 의 몰 수인 d 는 생성된 CO_2 의 몰 수인 c 와 같다.

ㄷ. CaCO_3 a g에 해당하는 몰 수가 d 이므로 화학식량 e 는 $\frac{a}{d}$ 이다. **답 ㉔**

08 | 자료 분석하기 |

$a\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)} + b\text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow c\text{CO}_2\text{(g)} + d\text{H}_2\text{O(l)}$ 에서 a 를 10이라 놓으면 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)} + b\text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow c\text{CO}_2\text{(g)} + d\text{H}_2\text{O(l)}$ 이다.

- C의 계수 : $2=c$
- O의 계수 : $1+2b=2c+d$
- H의 계수 : $6=2d$
- $b=3, c=2, d=3$
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)} + 3\text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow 2\text{CO}_2\text{(g)} + 3\text{H}_2\text{O(l)}$

알짜풀이 ● ㄴ. 화학 반응식에서 반응물의 계수의 합은 4이고, 생성물의 계수의 합은 5이므로 반응이 일어난 후 총 분자 수는 증가한다.

오답نب기 ● ㄱ. 화학 반응식의 계수 $a \sim d$ 의 합은 9이다.

ㄷ. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 분자량은 46이므로 4.6g은 0.1몰이다. 화학 반응식에서 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1몰이 반응할 때 CO_2 2몰이 생성되므로 0°C , 1기압에서 발생하는 CO_2 의 부피는 4.48 L이다. **답 ㉑**

09

알짜풀이 ● 실험 Ⅱ에서 A_2 를 더 넣어주어도 생성물 X의 부피가 10 mL로 같다. 이것은 반응할 AB가 없기 때문이며, 실험 Ⅰ과 Ⅱ에서 AB 10 mL가 모두 소모되었음을 의미하므로 기체의 부피비는 $\text{AB} : \text{X} = 1 : 1$ 임을 알 수 있다. 한편, 실험 Ⅲ에서 AB 40 mL를 넣었을 때 X 40 mL가 생성되지 않은 것은 AB가 과량이라는 의미이므로 A_2 15 mL는 모두 반응한 것이다. 따라서 A_2 와 X의 부피비(몰 수비)는 1 : 2이다. 즉, 기체의 부피비(몰 수비)는 $\text{A}_2 : \text{AB} : \text{X} = 1 : 2 : 2$ 이므로 화학 반응식은 $\text{A}_2\text{(g)} + 2\text{AB(g)} \longrightarrow 2\text{X(g)}$ 이다.

ㄱ. 화학 반응식에서 A_2 와 AB의 계수비는 1 : 2이므로 반응하는 A_2 와 AB의 몰 수비도 1 : 2이다.

ㄴ. 화학 반응 전후 원자 수는 같아야 하므로 X의 분자식은 A_2B_2 이다.

우공비 BOX

쉽게쉽게

0°C , 1기압에서
수소 기체의 부피
 $\frac{22.4 \text{ L/몰}}{22.4 \text{ L/몰}} = 0.3 \text{ 몰}$
이므로 수소 기체의 부피는
6.72 L예요.

●보충 설명●

반응 후 물에 녹지 않는 기체가 발생하는 경우 열린 공간에서는 기체가 빠져나가므로 빠져나간 기체의 질량만큼 질량이 감소해요.

조심조심

부피의 증감을 물어볼 때는 고체는 제외하고 부피를 생각해야 해요.

오답نب기 ● ㄷ. A_2 와 X의 몰 수비는 1 : 2이므로 A_2 1L가 충분한 양의 AB와 완전히 반응할 때 생성되는 기체 X의 부피는 2 L이다. **답 ㉓**

10

알짜풀이 ● 광합성 과정의 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄴ. 포도당의 분자량은 180이므로 30 g은 $\frac{1}{6}$ 몰이다. 화학 반응식에서 포도당과 산소의 몰 수비는 1 : 6이므로 발생하는 O_2 의 몰 수는 1몰이다. 따라서 0°C , 1기압에서 O_2 의 부피는 22.4 L이다.

오답نب기 ● ㄱ. $a=6, b=1, c=6$ 이다.

ㄷ. 반응 전후 기체의 몰 수는 같다. **답 ㉔**

우공비

비법 특강

●본책 38~39쪽

1 ① 2 ④ 3 ④ 4 ②

1

알짜풀이 ● A의 부피는 11.2 L이므로 기체의 몰 수는 0.5몰이다. 따라서 질량은 8 g이다. B는 1몰이므로 기체의 부피는 22.4 L이고, C는 질량이 16 g이고, 밀도가 2.86 g/L이므로 부피는 약 5.6 L이다. 따라서 약 0.25몰에 해당한다.

ㄴ. 분자의 몰 수는 1몰인 B가 가장 크다.

오답نب기 ● ㄱ. 기체의 부피는 B가 가장 크다.

ㄷ. 분자량은 C가 A의 약 4배이다. **답 ㉑**

2

알짜풀이 ● 온도와 압력이 같을 때, 같은 부피 속에 들어 있는 기체의 입자 수는 같으므로 X_2 , Y_2 , ZX_2 의 몰 수는 모두 같다. X, Y, Z의 원자량을 각각 x, y, z 라고 하면 질량을 화학식량으로 나눈 값은 몰 수이므로, 다음 관계식이 성립한다.

$$\frac{6.4}{2x} = \frac{0.4}{2y} = \frac{8.8}{z+2x}$$

따라서 $x : y : z = 16 : 1 : 12$ 이다.

ㄴ. 같은 부피 속의 기체의 밀도는 질량에 비례하므로 질량이 가장 큰 ZX_2 의 밀도가 가장 크다.

ㄷ. X와 Z의 원자량의 비는 4 : 3이다.

오답نب기 ● ㄱ. X_2 와 Y_2 의 분자량의 비는 16 : 1이므로 X_2 의 분자량은 Y_2 의 분자량의 16배이다. **답 ㉔**

3

알짜풀이 ● 반응에 참여한 분자 수는 A_2 2개, B_2 4개이고, AB_2 4개가 생성되었으므로 주어진 반응의 화학 반응식은 $\text{A}_2 + 2\text{B}_2 \longrightarrow 2\text{AB}_2$ 이다.

ㄴ. A_2 와 B_2 의 계수의 비가 1 : 2이므로 A_2 와 B_2 는 1 : 2의 몰 수비로 반응한다.

ㄷ. 반응 전에 비해 반응 후에 입자 수가 감소하므로 용기 내 압력은 반응 전이 반응 후보다 크다.

오답نب기 ● ㄱ. 생성물의 화학식은 AB_2 이다. **답 ㉔**

●보충 설명●

생성물의 양은 완전히 소모된 반응물에 의해 제한되는데, 이때 완전히 소모된 반응물을 한계 반응물이라고 해요. 실험 Ⅰ과 Ⅱ에서는 AB의 양에 의해, 실험 Ⅲ에서는 A_2 의 양에 의해 X의 양이 결정되므로 실험 Ⅰ과 Ⅱ에서는 AB가, 실험 Ⅲ에서는 A_2 가 한계 반응물이예요.

4

알짜풀이 ● ㄴ. 기체 X_2 가 0.2몰 감소할 때 기체 Y_2 는 0.1몰 감소하고, 기체 C는 0.2몰 증가하므로 반응 부피비는 2 : 1 : 2이다. 화학 반응식은 $2X_2 + Y_2 \rightarrow 2C$ 인데, 반응 전후 원자 수는 같으므로 C는 X_2Y 이다. 따라서 주어진 반응의 화학 반응식은 $2X_2 + Y_2 \rightarrow 2X_2Y$ 이다.

오답نب기 ● ㄱ. $a=2$, $c=2$ 로 같다.

ㄷ. 계수비는 분자 수비이다. 반응물의 계수의 합보다 생성물의 계수가 작아지므로 분자 수는 반응 전보다 반응 후에 감소한다. **답 ②**

유공비

비법 특강

● 본책 40~41쪽

1 ③ 2 ② 3 500 mL 4 10 mL 5 ①

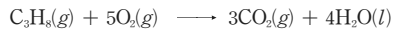
1

알짜풀이 ● ㄱ. 생성된 O_2 6.72 L는 0.3몰이므로 반응한 $KClO_3$ 은 0.2몰이다. $KClO_3$ 의 화학식량은 122.5이므로 0.2몰의 질량은 24.5g이다.

ㄴ. $KClO_3$ 과 KCl 의 몰 수비는 1 : 1이므로 생성된 KCl 은 0.2몰이다.

오답نب기 ● ㄷ. 반응한 $KClO_3$ 이 0.2몰이므로 그 속에 포함된 산소 원자의 몰 수는 0.6몰이다. **답 ③**

2 | 자료 분석하기 |



반응 전(몰)	0.05	0.3		
반응(몰)	-0.05	-0.25	+0.15	+0.20
반응 후(몰)	0	0.05	0.15	0.20

• 한계 반응물 : C_3H_8

• 반응 전 기체의 총 몰 수 = C_3H_8 의 몰 수 + O_2 의 몰 수
 $= 0.05 + 0.3 = 0.35(\text{몰})$

• 반응 후 기체의 총 몰 수 = 남은 O_2 의 몰 수 + CO_2 의 몰 수
 $= 0.05 + 0.15 = 0.20(\text{몰})$

알짜풀이 ● 반응 전 기체의 총 몰 수는 0.35몰이다. 생성되는 물은 액체로 존재하므로 반응 후 기체의 총 몰 수는 0.20몰이다. 따라서 반응 후 기체의 몰 수는 반응 전의 $\frac{0.20}{0.35} = \frac{4}{7}$ 배이므로 부피도 반응 전의 $\frac{4}{7}$ 배이다. **답 ②**

3

알짜풀이 ● A_2 200 mL가 기체 AB와 완전히 반응하면 기체 A_2B 400 mL가 생성되므로 반응한 A_2 와 생성된 A_2B 의 부피비는 1 : 2이다. 화학 반응식은 $A_2(g) + aAB(g) \rightarrow 2A_2B(g)$ 로 나타낼 수 있고, 반응 전후 원자의 수가 같아야 하므로 $a=2$ 이다. 따라서 화학 반응식은 $A_2(g) + 2AB(g) \rightarrow 2A_2B(g)$ 이고, AB와 A_2B 사이의 계수비가 1 : 1이므로 부피비도 1 : 1이다. **답 500 mL**

유공비 BOX

● 보충 설명 ●

기체 반응의 부피비가 계수비가 된다는 점과 반응물의 원자가 생성물에서 모두 보존되어야 한다는 점을 함께 고려하여 화학 반응식을 완성하세요.

조심조심

1.0 g을 완전 연소시킬 때 생성되는 CO_2 의 양을 비교하려면 단순히 1g에 포함된 화합물의 몰 수를 비교한다거나 분자 1개에 포함된 C 원자 수만을 비교해서는 안 되고 두 가지가 동시에 고려되어야 해요.

4

알짜풀이 ● 실험 I과 IV에서 남아 있는 A_2 와 B_2 가 없으므로 반응하는 물질의 부피비는 $A_2 : B_2 : C = 2 : 1 : 2$ 이고, 화학 반응식은 $2A_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2A_2B(g)$ 이다. 따라서 실험 II에서는 B_2 5 mL가 남고, 실험 III에서는 A_2 10 mL가 남으므로 두 물질을 반응시키면 C(A_2B) 10 mL가 생성된다. **답 10 mL**

5

알짜풀이 ● ㄱ. A~C 각각 1몰씩을 완전 연소시킬 때 생성되는 H_2O 의 몰 수는 분자 내 H 원자 수의 몰 수 $\times \frac{1}{2}$ 이므로 H 원자 수가 가장 적은 물질은 A이다.

● **오답نب기** ● ㄴ. 물질 1g의 몰 수는 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 몰이므로 A~C

를 각각 1.0g씩 완전 연소시킬 때 생성되는 CO_2 의 양을 비교하려면 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 몰에 포함된 C 원자의 몰 수를 비교하면

된다. 1g 속에 들어 있는 탄소 원자는 A는 $\frac{2}{46}$ 몰, B는 $\frac{3}{44}$ 몰, C는 $\frac{4}{72}$ 몰이므로 CO_2 가 가장 많이 생성되는 것은 물질 B이다.

ㄷ. A 1.0g의 완전 연소에서 생성되는 H_2O 의 몰 수는 $\frac{6}{46} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{46}$ 몰이고, B 1.0g의 완전 연소에서 생성되는 CO_2 의 몰 수는 $\frac{3}{44}$ 몰이다. **답 ①**

수능문항

실력 굳히기

● 본책 42~45쪽

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

01

알짜풀이 ● 흑연의 탄소 원자 개수를 구하기 위해서는 흑연의 질량을 탄소의 원자량으로 나눈 후 아보가드로수를 곱해 주면 된다. **답 ③**

02

알짜풀이 ● (가)에는 C_2H_4 1몰이 들어 있고, (나)에는 C_4H_8 0.5몰이 들어 있다.

ㄱ. C_4H_8 은 수소와 탄소 수가 C_2H_4 의 2배이므로 C_2H_4 1몰의 질량과 C_4H_8 0.5몰의 질량은 같다.

ㄴ. (나)의 기체는 0.5몰이므로 0°C, 1기압에서 이 기체가 차지하는 부피는 11.2 L로 (가)의 $\frac{1}{2}$ 이다.

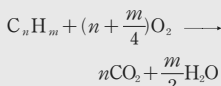
● **오답نب기** ● ㄷ. 탄화수소를 완전 연소시킬 때 생성되는 물 분자 수는 탄화수소가 포함하는 수소 수의 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 C_2H_4 1몰과 C_4H_8 0.5몰에 들어 있는 수소 원자 수는 같으므로 완전 연소시킬 때 생성되는 물 분자 수도 같다. **답 ③**

쉽게쉽게

같은 온도와 압력에서 입자 수는 부피에 비례하므로 반응 전 부피 : 반응 후 부피 = 반응 전 기체의 총 몰 수 : 반응 후 기체의 총 몰 수예요.

● 필수 자료 ●

C와 H로 이루어진 화합물의 완전 연소 반응식은 다음과 같아요.



즉, C_nH_m 1몰이 완전 연소할 때 CO_2 는 n 몰, H_2O 은 $\frac{m}{2}$ 몰이 생성돼요.

03

알짜풀이 ● ㄱ. 25°C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 25 L 이므로 기체 A는 0.5몰이고, 질량=밀도×부피이므로, $1.28 \text{ g/L} \times 12.5 \text{ L} = 16 \text{ g}$ 이다. 따라서 기체 A의 분자량이 32이므로 메탄올의 분자량과 같다.

ㄴ. 액체 B의 질량은 $1.0 \text{ g/mL} \times 9.0 \text{ mL} = 9 \text{ g}$ 이므로 0.5몰 이다. 따라서 액체 B와 메탄올의 몰 수는 0.5몰로 서로 같다.

오답넘기 ● ㄷ. 메탄올(CH_3OH) 48 g은 1.5몰이고, 메탄올 1몰에는 산소 원자 1몰이 존재하므로 1.5몰에 해당하는 산소의 질량은 24 g이다. ㉓ ③

04

알짜풀이 ● ㄴ. 분자 1몰의 질량은 분자량에 g을 붙인 값이므로 분자 1몰의 질량에 들어 있는 원자 수가 가장 많은 것은 구성 원자 수가 가장 많은 (다)이다.

오답넘기 ● ㄱ. 같은 질량($w(\text{g})$)일 때 원자 수비는 (가) : (나) : (다) = $\frac{w}{18} \times 3 : \frac{w}{17} \times 4 : \frac{w}{16} \times 5$ 이므로 원자 수는 (가) < (나) < (다)이다.

ㄷ. 0°C, 1기압에서 질량이 같을 때, 기체의 부피는 몰 수에 비례하므로 분자량이 작을수록 몰 수와 부피는 크다. 따라서 기체의 부피는 (나) < (다)이다. ㉓ ②

05

알짜풀이 ● A와 B의 원자량이 각각 a, b 이므로

(가) A와 B의 몰 수비는 $\frac{2a}{a} : \frac{b}{b} = 2 : 1$ 이고, 분자식은 A_2B 이다.

(나) A와 B의 몰 수비는 $\frac{a}{a} : \frac{2b}{b} = 1 : 2$ 이고, 분자식은 AB_2 이다.

(다) A와 B의 몰 수비는 $\frac{2a}{a} : \frac{4b}{b} = 2 : 4$ 이고, 분자식은 A_2B_4 이다.

ㄱ. 1몰의 (가)에는 2몰의 A 원자가 있다.

ㄴ. (다)의 분자식은 A_2B_4 이다.

오답넘기 ● ㄷ. b 의 원자량이 a 보다 크므로 1몰의 질량은 (가) < (나)이다. ㉓ ③

06

알짜풀이 ● 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 몰 수에 비례하므로 몰 수는 (나)가 (가)의 2배임을 알 수 있다.

ㄱ. 원자량이 X가 Y의 2배이므로 X_2 의 분자량이 Y_2 의 2배이고, Y_2 의 몰 수는 X_2 의 2배이므로 두 실린더에 들어 있는 각 기체의 질량은 (가)와 (나)가 같다.

오답넘기 ● ㄴ. (가)와 (나)는 한 분자당 구성 원자 수는 같지만 기체의 몰 수는 (나)가 (가)의 2배이므로 전체 원자 수도 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄷ. 기체의 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이다. 기체의 부피는 (나)가 (가)의 2배이지만, 질량은 (가)와 (나)가 같다. 따라서 기체의 밀도는 (가)가 (나)의 2배이다. ㉓ ①

우공비 BOX

용어 알기

탄화수소

탄화수소는 탄소(C)와 수소(H)로만 이루어진 화합물을 말해요.

쉽게쉽게

구성 원자의 개수를 비교할 때 각 물질의 몰 수($\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$)가 다르기 때문에 각 물질의 몰 수를 먼저 구하고, 구성 원자 수를 비교해야 해요.

필수 자료

CaCl_2 를 채운 관에서는 H_2O 이 흡수되고, NaOH 을 채운 관에서는 CO_2 가 흡수 돼요.

07

알짜풀이 ● ㄱ. 90°C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 30 L 이므로 (가)의 A는 $\frac{1}{6}$ 몰이고, (나)의 B는 $\frac{1}{2}$ 몰이다.

ㄴ. A와 B는 질량이 같으므로 몰 수비는 $\frac{1}{\text{분자량}}$ 과 같다. 따라서 분자량은 A가 B의 3배이다.

ㄷ. 탄화수소인 B $\frac{1}{2}$ 몰의 질량이 13 g이므로 B의 분자량은 26이고, 분자식은 C_2H_2 이다. ㉓ ⑤

08

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 기체의 온도와 압력이 일정할 때 기체의 분자 수는 기체의 부피에 비례한다. 기체의 온도와 압력 조건이 동일하므로 부피를 모두 12 L로 놓으면 XY_4 와 Y_2Z 의 질량은 각각 8 g, 9 g이다. 온도와 압력이 같을 때 기체 분자의 분자량의 비는 질량비와 같으므로 각 원자 X, Y, Z의 원자량을 x, y, z 라고 하면 $\text{XY}_4 : \text{Y}_2\text{Z} : \text{XZ}_2 = (x + 4y) : (2y + z) : (x + 2z) = 8 : 9 : 22$ 이다. 따라서 각 원자량의 비 $x : y : z = 12 : 1 : 16$ 이므로 X와 Z의 원자량의 비는 3 : 4이고, XY_4 와 Y_2Z 의 분자량의 비는 8 : 9이다.

ㄷ. 각 원자량을 $x = 12, y = 1, z = 16$ 이라고 하면 XY_4 2몰의 질량은 32 g이고, Z_2 1몰의 질량은 32 g으로 서로 같다.

㉓ ⑤

09

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. X에 포함된 탄소(C)와 수소(H)의 질량은 C의 질량 = $132 \times \frac{12}{44} = 36(\text{mg})$, H의 질량 = $27 \times \frac{2}{18} = 3(\text{mg})$ 이다. 따라서 반응한 X의 질량은 39 mg이고, 이때 C와 H의 질량비는 12 : 1이다.

ㄷ. C와 H의 원자 수비는 $\frac{36}{12} : \frac{3}{1} = 1 : 1$ 이므로 실험식은 CH 이고, 분자량이 78이므로 분자식은 C_6H_6 이다. ㉓ ⑤

10

알짜풀이 ● ㄷ. 화학 반응식에서 CH_4 과 CO_2 의 계수비는 같으므로 CH_4 8 g(0.5몰)을 반응시킬 때 생성되는 CO_2 도 0.5몰이다. 따라서 0°C, 1기압에서 CO_2 의 부피는 11.2 L이다.

오답넘기 ● ㄱ. O_2 와 H_2O 의 계수비가 1 : 1이므로 H_2O 18 g(1몰)이 생성되기 위해 필요한 O_2 는 1몰이다. 따라서 필요한 O_2 의 질량은 32 g이다.

ㄴ. CH_4 과 O_2 의 계수비는 1 : 2이고, 0°C, 1기압에서 O_2 5.6 L는 0.25몰이므로 반응하는 CH_4 의 몰 수는 0.125몰이다. ㉓ ②

11

알짜풀이 ● C_xH_y 의 완전 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $\text{C}_x\text{H}_y + a\text{O}_2 \longrightarrow b\text{CO}_2 + c\text{H}_2\text{O}$ 이다. 반응 전후 원자 수가 같아야 하므로 C 원자 수 : $x = b$ 이고, H 원자 수 : $y = 2c$ 에서 $c = \frac{y}{2}$ 이다. O 원자 수 : $2a = 2b + c$ 에서 b 와 c 를 x 와 y 로 나타내면 $2a = 2x + \frac{y}{2}$, $a = x + \frac{y}{4}$ 이다. 따라서 화학반응식은 $\text{C}_x\text{H}_y + (x + \frac{y}{4})\text{O}_2 \longrightarrow x\text{CO}_2 + \frac{y}{2}\text{H}_2\text{O}$ 이다.

ㄱ. CO_2 와 H_2O 의 몰 수비는 $2x : y$ 이다.

ㄴ. C_xH_y 과 CO_2 의 몰 수비는 $1 : x$ 이므로 CO_2 1몰이 생성 되려면 화합물 C_xH_y $\frac{1}{x}$ 몰이 연소되어야 한다. 질량은 몰 수와 분자량을 곱한 값이므로 $\frac{12x+y}{x}g$ 이다.

오답범기 ● ㄴ. 화합물 C_xH_y 1몰이 연소될 때 소모되는 O_2 의 몰 수는 $(x + \frac{y}{4})$ 몰이다. **답 ③**

12

알짜풀이 ● ㄱ. 발생하는 수소 기체의 부피가 80.0 mL에서 더 이상 증가하지 않으므로 묽은 염산 5 mL가 모두 반응하면 수소 기체가 80.0 mL 생성됨을 알 수 있다.

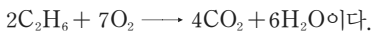
ㄴ. 마그네슘 리본의 길이가 2.0 cm일 때 발생한 수소 기체의 부피가 20.0 mL이고, 4.0 cm일 때 40.0 mL이므로 마그네슘 리본 1.0 cm가 반응할 때 발생하는 수소 기체의 부피(x)는 $2.0 : 20.0 = 1.0 : x$, $x = 10.0(\text{mL})$ 이다.

ㄷ. 묽은 염산 5 mL에서 최대 80.0 mL의 수소가 발생하였으므로 같은 농도의 묽은 염산 3 mL와 동일한 마그네슘 리본 6 cm를 반응시키면 수소 48.0 mL가 발생한다. **답 ⑤**

13

알짜풀이 ● ㄱ. 연소 후 O_2 가 x몰이므로 반응한 O_2 는 $(5-x)$ 몰이다. 따라서 완전 연소 반응의 화학 반응식은 $\text{C}_m\text{H}_n + (5-x)\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 2x\text{H}_2\text{O}$ 이다.

C_mH_n 에 포함된 탄소의 몰 수는 생성된 CO_2 의 몰 수와 같으므로 $m=2$ 이다. 한편, 반응 전후 산소의 몰 수는 같아야 하므로 $2(5-x)=4+2x$ 이고, $x=1.5$ 이다. 마찬가지로 수소의 몰 수도 양쪽의 원자 수를 같게 맞추면 $n=6$ 이 된다. 따라서 완성된 화학 반응식은

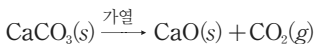


ㄴ. 반응 전후 질량은 보존되므로 기체의 밀도비는 부피비로부터 구할 수 있다. 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 분자 수인 몰 수에 비례한다. 연소 전 기체의 몰 수는 6몰, 연소 후 기체의 몰 수는 6.5몰이므로 연소 전과 후의 부피비는 $6 : 6.5$ 이고, 이때 질량이 변하지 않으므로 밀도비는 $\frac{1}{6} : \frac{1}{6.5}$ 이다. 따라서 연소 후 기체의 밀도 = $\frac{12}{13}$ 이다.

오답범기 ● ㄴ. $x=1.5$ 이다. **답 ④**

14

알짜풀이 ● ㄱ. CaCO_3 의 열분해 반응식은 다음과 같다.



따라서 기체 X는 CO_2 이다.

ㄴ. CaCO_3 과 CO_2 의 몰 수비가 $1 : 1$ 이므로 반응한 CaCO_3 의 몰 수와 생성된 기체 X의 몰 수는 같아야 한다. 생성된 기체 X의 질량은 $w_2 - w_3$ 이므로 기체 X의 분자량을 x라고 할 때 생성된 기체 X의 몰 수는 $\frac{w_2 - w_3}{x}$ 이다. 또한 반응한

CaCO_3 의 몰 수는 $\frac{w_2 - w_1}{M}$ 이므로 $\frac{w_2 - w_1}{M} = \frac{w_2 - w_3}{x}$ 이고, $x = \frac{M \times (w_2 - w_3)}{w_2 - w_1}$ 이다.

우공비 BOX

조심조심

C_mH_n 가 연소될 때 생성되는 CO_2 의 몰 수가 x, 생성되는 H_2O 의 몰 수가 $\frac{y}{2}$ 라고 해서 소모되는 O_2 의 몰 수가 두 몰 수 합과 같은 $x + \frac{y}{2}$ 는 아니에요.

보충 설명

C_mH_n 의 화학식을 구하는 다른 방법

연소 후 CO_2 의 질량이 3.3x g이므로 C의 질량은 $3.3x \times \frac{12}{44} = 0.9x$ g이요, 따라서 연소 전 C_mH_n 에서 C의 질량은 0.9x g이고, H의 질량은 0.1x g이 되죠. 이로부터 C와 H의 원자 수비를 구하면 $\text{C} : \text{H} = \frac{0.9x}{12} : \frac{0.1x}{1} = 3 : 4$ 이므로 화학식은 C_3H_4 이요.

오답범기 ● ㄴ. (나)에서 CaCO_3 의 몰 수는 CaCO_3 을 도가니에 넣고 측정된 질량에서 도가니의 질량을 뺀 값을 화학식량으로 나눈 $\frac{w_2 - w_1}{M}$ 이다. **답 ③**

15 | 자료 분석하기 |

$\text{C}_m\text{H}_n : xg$ $\text{O}_2 : 4xg$ 전체 몰 수 : y 몰	$\text{CO}_2 : 3.3xg$ $\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2$ 전체 몰 수 : y 몰
---	---

연소 전

연소 후

• 탄화수소 C_mH_n 이 완전 연소하는 화학 반응식은



• 반응 전후 총 기체의 몰 수가 같으므로 화학 반응식에서 반응 전후 계수의 합이 서로 같아야 한다.

$$\text{따라서 } 1 + m + \frac{n}{4} = m + \frac{n}{2} \text{이다.}$$

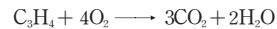
따라서 $n=4$ 이다.

• C_mH_n 에 포함된 탄소의 질량과 생성된 CO_2 에 포함된 탄소의 질량이 같아야 하므로

$$x \times \frac{12}{12m + n} \times m = 3.3x \times \frac{12}{44} \times 10 \text{이다.}$$

따라서 $m=3$ 이다.

• 완성된 화학 반응식은 다음과 같다.



알짜풀이 ● ㄴ. 화학 반응식에서 1몰의 C_3H_4 와 4몰의 O_2 를 반응시키면 3몰의 CO_2 와 2몰의 H_2O 가 생성되므로 생성된 H_2O 의 몰 수는 전체 몰 수의 0.4배이다. 그런데 반응 후에는 반응하지 않고 남아 있는 O_2 가 포함되어 있다. 따라서 C_3H_4 가 완전 연소되어도 H_2O 의 몰 수는 0.4y몰보다는 작다.

ㄷ. 화학 반응식에서 물질의 계수비는 물질의 몰 수비와 같으므로 연소에 필요한 O_2 의 질량을 w g이라고 하면 몰 수비는 $\text{C}_3\text{H}_4 : \text{O}_2 = 1 : 4 = \frac{x}{40} : \frac{w}{32}$, $w = 3.2x(\text{g})$ 이다. 따라서 반응 후 남아있는 O_2 의 질량은 $4x - 3.2x = 0.8x(\text{g})$ 이다.

오답범기 ● ㄱ. C_mH_n 1몰이 연소되면 H_2O 2몰이 생성된다. **답 ⑤**

조심조심

0.5기압에서 B의 밀도가 1.2g/L이므로 압력을 1.0기압으로 높이면 부피가 $\frac{1}{2}$ 로 줄어들테므로 밀도는 2.4 g/L가 돼요.

16

알짜풀이 ● ㄱ. 같은 온도와 압력에서 밀도를 비교하면 $A < C < B$ 이므로 같은 질량이 차지하는 부피는 $B < C < A$ 이다.

ㄴ. 반응하는 A와 B의 질량비는 $A : B = 1 : 4$ 이므로 기체 A 10g과 기체 B 6g을 반응시키면 A 1.5g과 B 6g이 반응하여 C 7.5g이 생성된다.

오답범기 ● ㄴ. 질량비는 $A : B : C = 1 : 4 : 5$ 이고, 같은 온도와 압력에서 밀도비는 $A : B : C = 1 : 8 : 5$ 이다. 따라서 부피 = $\frac{\text{질량}}{\text{밀도}}$ 이므로 같은 온도와 압력에서 반응물(A, B)과 생성물(C)의 부피비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 이다. **답 ④**

대단원
마무리

핵심 요약 노트

● 본책 46~47쪽

- ① 암모니아 ② 이산화 탄소 ③ 화합물 ④ 분자
 ⑤ 실험식 ⑥ ^{12}C ⑦ 동위 원소 ⑧ 분자량 ⑨ 6.02×10^{23}
 ⑩ 아보가드로 ⑪ 22.4 ⑫ 염화 칼슘(CaCl_2)
 ⑬ 수산화 나트륨(NaOH) ⑭ 부피비

대단원
마무리

단원 평가 문제

● 본책 48~51쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 ④, ⑤ 04 ③ 05 ② 06 ⑤
 07 ⑤ 08 ⑤ 09 ③ 10 ① 11 ⑤ 12 ④
 13 (1) 0.015몰 (2) M_2O_3 14 (가), (다) 15 0.48g
 16 해설 참조 17 해설 참조

01

알짜풀이 ● ㄴ. 암모니아 합성 반응식은 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ 이다. 따라서 질소 1몰로부터 2몰의 암모니아가 생성된다.

ㄷ. 철의 제련 과정에서 철광석은 산화 철의 형태이므로 환원되어 순수한 철이 된다.

오답نب기 ● ㄱ. ㉠의 주요 구성 원소는 탄소(C)와 수소(H)이다. ㉡ ④

02

알짜풀이 ● ㄴ. (가)는 질소(N)로 구성되어 있고, (다)는 질소(N)와 수소(H)로 구성되어 있다.

ㄷ. (나)를 구성하는 원자 수는 수소(H) 2개, 산소(O) 1개이고, (라)는 탄소(C) 1개, 산소(O) 2개이므로 구성하는 원자 수는 3개로 같다.

오답نب기 ● ㄱ. N_2 는 홑원소 물질이다. ㉡ ⑤

03

알짜풀이 ● A는 물(H_2O), B는 염화 나트륨(NaCl), C는 수소(H_2), D는 구리(Cu)이다.

④ 물(H_2O)과 수소(H_2)를 구성하는 원소 중 수소(H)가 공통적인 원소이다.

⑤ 염화 나트륨의 불꽃색은 노란색, 구리의 불꽃색은 청록색이다.

오답نب기 ● ② NaCl 은 무수히 많은 Na^+ 과 Cl^- 이 모여 결정을 이루므로 구성하는 원자의 수를 알 수 없다. ㉡ ④, ⑤

04

알짜풀이 ● ㄱ. 원자량이 12인 탄소 4개와 X 3개의 질량이 같으므로 X의 원자량을 x 라고 하면, $12 \times 4 = x \times 3$, $x = 16$ 이다.

ㄷ. X 7개와 Y 4개의 질량이 같으므로 Y의 원자량을 y 라고 하면, $16 \times 7 = y \times 4$, $y = 28$ 이다. 따라서 화합물 YX_2 의 분자량은 $28 + (16 \times 2) = 60$ 이다.

오답نب기 ● ㄴ. 같은 질량에 포함된 원자 수는 원자량이 클수록 작으므로 $\text{Y} < \text{X} < \text{C}$ 순이다. ㉡ ③

우공비 BOX

쉽게쉽게

원자량 : 6.0×10^{23}
 $= 1\text{g} : 1\text{g}$ 속의 원자 수예요.

쉽게쉽게

원소 A와 B로 이루어진 화합물 중 분자당 구성 원자 수가 3개인 화합물은 A_2B , AB_2 가 가능해요.

● 보충 설명 ●

홑원소 물질과 화합물

홑원소 물질은 한 종류의 원소만으로 이루어진 순수한 물질이고, 화합물은 두 가지 이상의 원소들이 일정한 비율로 결합하여 만들어진 순수한 물질이에요.

● 필수 자료 ●

염화 칼슘은 수분을 흡수하는 성질이 있으므로 염화 칼슘 관의 증가한 질량은 생성된 H_2O 의 질량이고, 수산화 나트륨은 염기성 물질로 산성 산화물인 CO_2 를 흡수하므로 수산화 나트륨 관의 증가한 질량은 생성된 CO_2 의 질량이에요.

05

알짜풀이 ● 주어진 자료는 1g 속에 존재하는 원자 수이고, 원자 6.0×10^{23} 개의 질량이 각 물질의 원자량이므로 원자량은 $A=12$, $B=16$, $C=30$ 이다.

ㄷ. A와 B로 이루어진 화합물의 분자량이 44인 경우 화학식은 AB_2 이다.

오답نب기 ● ㄱ. 원자량은 B가 C보다 작다.

ㄴ. 원자량이 클수록 일정한 질량 속에 들어 있는 원자 수는 적다. ㉡ ②

06

알짜풀이 ● 몰 수 = $\frac{\text{분자 수}}{6 \times 10^{23}}$ 이므로 $a = \frac{3.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}} = \frac{1}{2}$ 이

고, 질량 = 몰 수 \times 화학식량이므로 $b = \frac{1}{9} \times 27 = 3$ 이다.

몰 수 = $\frac{\text{부피}(0^\circ\text{C}, 1\text{기압})}{22.4}$ 이므로 $c = \frac{5.6}{22.4} = \frac{1}{4}$ 이다. 따라서 대소 관계는 $c < a < b$ 이다. ㉡ ⑤

07

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. (가)와 (나)는 분자당 구성 원자 수가 3으로 같지만 성분 원소의 질량비에서 A의 질량비가 7일 때, B의 질량비가 (가) : (나) = 4 : 16이므로 (가)는 A_2B 이고, (나)는 AB_2 이다. 또한 (나)의 AB_2 에서 성분 원소의 질량비(A : B)가 7 : 16이므로 원자 1개의 질량비 A : B = 7 : 8이다. 따라서 (다)에서 A : B의 개수비는 $\frac{7}{7} : \frac{12}{8} = 2 : 3$ 이므로 분자식은 A_2B_3 이다.

ㄷ. A 원자 1몰과 결합하는 B의 몰 수는 (나)가 (가)의 4배이다. ㉡ ⑤

08

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 같은 온도와 압력에서 $\frac{\text{기체의 질량}}{\text{부피}}$ (= 밀도)은 분자량에 비례한다. 밀도는 (가)가 (나)의 2배이므로 (가)는 A_2B , (나)는 A_2 이고, 원자량은 B가 A의 2배이다.

ㄷ. A_2 의 분자량을 M 이라고 할 때, x g에 포함된 원자 수는 (가)는 $\frac{x}{2M} \times 3$ 이고, (나)는 $\frac{x}{M} \times 2$ 이므로 (가) : (나) = 3 : 4이다. ㉡ ⑤

09 | 자료 분석하기 |

- X에 포함된 탄소의 질량은 $88 \times \frac{12}{44} = 24(\text{mg})$ 이고, 수소의 질량은 $36 \times \frac{2}{18} = 4(\text{mg})$ 이므로 산소의 질량은 32 mg이다.
- X를 구성하는 각 원소의 몰 수비는 $\text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{24}{12} : \frac{4}{1} : \frac{32}{16} = 1 : 2 : 10$ 이므로 가장 간단한 정수비인 실험식은 CH_2O 이다. 분자량이 60이므로 분자식은 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 이다.

알짜풀이 ● ㄱ. X에 포함된 탄소(C)와 수소(H)의 질량비는 24 : 4 = 6 : 1이다.

ㄴ. X에 포함된 산소(O)와 수소(H)의 몰 수비는 1 : 2이다.

오답نب기 ● ㄷ. 실험식량은 30이고, 분자량은 60이다. ㉡ ③

10

알짜풀이 ● 기체의 질량을 밀도로 나누면 각 기체의 부피를 알 수 있다. 반응하지 않고 남은 기체가 있으므로 실험 I에서 반응한 기체 A_2 는 0.2 g이고, B_2 는 3.8 g이다. 따라서 생성된 기체를 C라고 하면 기체의 부피비($A_2 : B_2 : C$)는 $\frac{0.2}{0.08} : \frac{3.8}{1.52} : \frac{4.0}{0.80} = 1 : 1 : 2$ 이다. 기체 반응에서 기체의 부피비는 화학 반응식의 계수비와 같으므로 화학 반응식은 $A_2 + B_2 \longrightarrow 2C$ 이고, 반응물과 생성물의 원자 수는 같아야 하므로 C는 AB 이다. 따라서 완성된 화학 반응식은 $A_2(g) + B_2(g) \longrightarrow 2AB(g)$ 이다. **답 ①**

11

알짜풀이 ● ㄱ. C 12 g은 1몰이고, C와 O_2 는 1 : 1의 몰 수비로 반응하므로 C 1몰은 O_2 1몰과 모두 반응하여 CO_2 1몰을 생성한다. 따라서 반응 후 (가)의 실린더에는 CO_2 만 존재한다.

ㄴ. Mg 12 g은 0.5몰이고, Mg과 O_2 , MgO은 2 : 1 : 2의 몰 수비로 반응하므로 Mg 0.5몰은 O_2 0.25몰과 반응하고, MgO 0.5몰이 생성된다. 따라서 O_2 는 0.75몰이 남으므로 O_2 의 몰 수는 MgO의 1.5배이다.

ㄷ. 반응 후 실린더 (가)에는 CO_2 1몰이 존재하고, (나)에는 O_2 0.75몰이 존재하므로 부피비는 4 : 3이다. **답 ⑤**

12

알짜풀이 ● ㄱ. 실험 II에서는 기체 A 16 mL와 B 8 mL가 모두 반응하고, 기체 C 16 mL가 생성되므로 이들 사이의 부피비는 2 : 1 : 2임을 알 수 있다. 화학 반응식에서 계수비는 몰 수비, 부피비와 같으므로 화학 반응식은

$2A + B \longrightarrow 2C$ 로 나타낼 수 있다.

ㄷ. 화학 반응식의 계수비는 부피비와 같으므로 실험 I에서는 기체 A 8 mL와 B 4 mL가 반응하여 C 8 mL를 생성하고, 실험 II에서는 기체 A 12 mL와 B 6 mL가 반응하여 C 12 mL를 생성한다. 따라서 실험 I에서는 기체 B 6 mL가 남고 실험 II에서는 기체 A 12 mL가 남는다. 따라서 남은 기체를 반응시킬 때 생성되는 기체 C의 부피는 12 mL이다.

오답탐기 ● ㄴ. 반응 전후 기체의 몰 수비는 화학 반응식의 계수비와 같으므로 반응 전후 기체의 몰 수비는 3 : 2이다. **답 ④**

13

(1) **알짜풀이** ● 금속 M 1.12 g이 산화물이 될 때 증가한 질량 0.48 g은 M과 결합한 산소의 질량이다. 따라서 금속 M 1.12 g과 반응한 산소의 몰 수는 $\frac{0.48}{32} = 0.015$ 몰이다. **답 0.015몰**

(2) **알짜풀이** ● 질량을 원자량으로 나눈 값의 비는 원자 수비가 된다. 따라서 금속 M과 O의 원자 수비는 $\frac{1.12}{56} : \frac{0.48}{16} = 2 : 3$ 이므로 금속 M의 산화물의 화학식은 M_2O_3 이다. **답 M_2O_3**

우공비 BOX

쉽게쉽게

밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 기체의 질량을 밀도로 나누면 기체의 부피를 구할 수 있어요.

14

알짜풀이 ● (가) 혼합 기체에서 CO와 CO_2 의 몰 수비(CO : CO_2)는 $\frac{56}{28} : \frac{44}{44} = 2 : 1$ 이므로 이 기체 속에 존재하는 탄소 원자와 산소 원자의 개수비는 3 : 4이다. 따라서 질량비는 $(3 \times 12) : (4 \times 16) = 9 : 16$ 이다.

(다) 혼합 기체를 연소시키면 CO가 연소되어 CO_2 가 생성된다. 화학 반응식은 $2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$ 이고, 반응하는 CO와 생성되는 CO_2 의 몰 수비는 1 : 1이므로 반응한 CO 분자 수만큼 CO_2 분자가 생성된다. 따라서 같은 온도와 압력에서 이산화 탄소의 전체 부피는 1 L이다.

오답탐기 ● (나) 혼합 기체 속 CO와 CO_2 의 질량비는 56 : 44이다. 이 값을 각 화합물의 분자량으로 나눈 값의 비는 분자 수비이므로 분자 수비는 $CO : CO_2 = \frac{56}{28} : \frac{44}{44} = 2 : 1$ 이다. **답 (가), (다)**

15

알짜풀이 ● 30 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 25 L이고, 수소 기체는 500 mL이므로 $\frac{1}{50}$ 몰($=\frac{0.5}{25}$)이다. 반응한 마그네슘과 생성되는 수소의 몰 수비가 1 : 1이므로 반응한 마그네슘의 몰 수도 $\frac{1}{50}$ 몰이다. 따라서 마그네슘의 질량은 $\frac{1}{50} \times 24 = 0.48(g)$ 이다. **답 0.48 g**

16

모범답안 ● 생성된 이산화 탄소의 질량은 0.88 g(0.02몰)이고, 반응하는 탄산 칼슘과 생성되는 이산화 탄소의 몰 수비는 1 : 1이므로 반응한 탄산 칼슘 2.00 g은 0.02몰이다. 탄산 칼슘의 화학식량(x)은 $2 g : 0.02 mol = x g : 1 mol$ 에서 $x = 100$ 이므로, 칼슘의 원자량을 M이라고 하면 $100 = M + 12 + (16 \times 3)$ 이다. 따라서 M은 40이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 풀이 과정만 바르게 쓴 경우	60 %
③ Ca의 원자량만 바르게 쓴 경우	30 %

17

알짜풀이 ● 산소 0.1몰을 넣은 이후에는 물의 양이 더 이상 증가하지 않으므로 용기에는 수소 0.2몰이 존재한다는 것을 알 수 있다. 수소와 산소가 반응하여 물이 생성되는 반응에서 계수비는 2 : 1 : 2이므로 생성된 물의 양 x 는 0.2몰에 해당하는 3.6 g이다.

모범답안 ● $x = 3.6 g$, A점에서 넣어 준 산소가 0.05몰이므로 H_2 는 0.1몰이 반응하고 0.1몰이 남고, H_2O 0.1몰이 생성된다. B점에서는 넣어 준 산소가 0.1몰이므로 H_2 는 모두 반응하고 H_2O 0.2몰이 생성된다. 따라서 A점과 B점의 용기 속에 존재하는 물질의 총 분자 수는 같다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 물질의 전체 분자 수만 비교하여 설명한 경우	60 %
③ 생성된 물의 질량만 구한 경우	40 %

03 원자의 구조

06 ㉠ 원자를 구성하는 입자의 발견

개념 확인 문제

● 본책 55쪽

- 1 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣ 2 (1) × (2) ○ (3) ×
3 ㉡ 원자핵 ㉣ 전자

2

음극선은 진공 방전관에 높은 전압을 걸어 주었을 때 (-)극에서 나와 (+)극 쪽으로 흐르는 선으로, (-)전하를 띠기 때문에 전기장에서 (+)극 쪽으로 휘어진다.

{ 문제 다지기 }

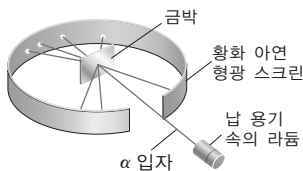
● 본책 56~57쪽

- 기/본/문/제 01 ㉢ 02 ㉡ 03 ㉠ 04 ㉣
실/력/문/제 05 ㉢ 06 ㉢ 07 해설 참조 08 ㉡
09 ㉡

01

알짜풀이 ● 바람개비가 돌아가는 것은 음극선이 질량을 가진 입자이기 때문이고, 물체의 그림자가 생기는 것은 음극선이 직진하기 때문이다. 또한 자석에 의해 휘어지는 것은 음극선이 전하를 띠고 있기 때문이다. ㉢ ㉢

02 | 자료 ㉠ 분석하기 |



- 대부분의 α 입자는 금박을 그대로 통과한다.
→ 원자의 대부분이 빈 공간이기 때문이다.
- 극히 일부의 α 입자는 크게 휘어지거나 튕겨 나온다.
→ 원자의 중심에 밀도가 매우 크고 (+)전하를 띤 부분이 존재한다.

알짜풀이 ● ㉡. 원자핵은 원자의 크기에 비해 매우 작으면서 원자 질량의 대부분을 차지하므로, 원자핵의 밀도는 원자 전체의 밀도보다 훨씬 크다.

오답نب기 ● ㉠. 원자핵은 (+)전하를 띤 입자이다.

㉢. 원자 내부가 대부분 빈 공간이므로 대부분의 α 입자가 영향을 받지 않고 금박을 그대로 통과한다. ㉢ ㉡

03

알짜풀이 ● 방전관 속 기체가 수소일 때 생성되는 수소 이온의 질량이 양이온 중에서 가장 작으므로 입자의 질량에 대한 전하량의 비가 가장 크다. ㉢ ㉠

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

러더퍼드는 헬륨 원자핵의 전하량이 수소 원자핵의 전하량의 2배인데 비해 헬륨 원자핵의 질량은 수소 원자핵의 질량의 4배나 된다는 사실로부터 전하를 띠지 않는 입자인 중성자의 존재를 예측했어.

● 보충 설명 ●

돌턴은 원자를 더 이상 쪼갤 수 없는 입자로 생각했고, 보어는 전자가 원자핵 주위의 특정한 궤도 상을 원운동하고 있다고 주장했어.

쉽게쉽게

α 입자 산란 실험에서 극히 일부의 α 입자가 크게 휘어지거나 튕겨 나오는 것을 통해 원자 중심에 밀도가 매우 크고 (+)전하를 띤 부분이 존재한다는 것을 알 수 있어.

04

알짜풀이 ● 러더퍼드는 방전관 속 기체가 수소일 때 양극선이 양성자의 흐름임을 밝혀내었다.

오답نب기 ● 톰슨은 음극선 실험을 통해 전자를 발견하였고, (+)전하가 고르게 분포된 공 속에 (-)전하를 띤 전자들이 군데군데 박혀 있는 원자 모형을 제안하였다. 러더퍼드는 중성자의 존재를 예측하였고, 그 이후 채드윅은 베릴륨 박관 실험을 통해 중성자를 실험적으로 발견하였다. ㉢ ㉣

05

알짜풀이 ● 전자는 모든 원자 속에 공통적으로 들어 있는 입자로, 톰슨의 음극선 실험을 통해 발견되었다.

오답نب기 ● 전자는 (-)전하를 띠고 있으며, 질량을 가진 입자이다. ㉢ ㉢

06

알짜풀이 ● (가) 톰슨은 음극선 실험을 통해 전자를 발견하고, (+)전하가 고르게 퍼져 있는 공 속에 전자가 군데군데 박혀 있는 원자 모형을 제안하였다.

(나) 러더퍼드는 α 입자 산란 실험을 통해 원자핵을 발견하고, 원자 중심에 원자핵이 있고 그 주위를 전자가 돌고 있는 원자 모형을 제안하였다.

오답نب기 ● 단순한 공 모양은 돌턴의 원자 모형이고, 원자핵 주위의 특정한 궤도를 전자가 돌고 있는 모형은 보어의 원자 모형이다. ㉢ ㉢

07

모범답안 ● 대부분의 α 입자는 거의 휘어지지 않고 금박을 통과했으나, 극히 일부의 α 입자가 큰 각도로 휘어지거나 튕겨 나왔다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 대부분의 α 입자가 거의 휘어지지 않고 금박을 통과했다는 결과만 쓴 경우	50 %
③ 극히 일부의 α 입자가 큰 각도로 휘어지거나 튕겨 나왔다는 결과만 쓴 경우	50 %

08

알짜풀이 ● ㉠은 톰슨 모형, ㉢은 보어 모형, ㉡은 돌턴 모형, ㉣은 러더퍼드 모형, ㉤은 현대 원자 모형이다. 러더퍼드의 α 입자 산란 실험을 통해 원자핵의 존재가 밝혀지게 되었으므로, 러더퍼드 원자 모형과 그 이후에 제안된 원자 모형에는 모두 원자핵이 존재한다. ㉢ ㉡

09

알짜풀이 ● ㉢. 양극선은 (+)전하를 띤 양이온의 흐름이다. 특히, 방전관 속 기체의 종류가 수소일 때의 양극선은 양성자의 흐름이다.

오답نب기 ● ㉠. 수소 기체의 양극선 실험에서 관찰되는 입자는 양성자이다. 중성자는 베릴륨 원자핵에 α 입자를 충돌시키는 실험에서 발견되었다.

ㄷ. 양극선은 양이온의 흐름이므로 방전관 속 기체의 종류가 달라지면 양이온의 종류가 달라져서 양극선의 질량에 대한 전하량의 비가 달라진다. ㉔ ②

07 원자를 구성하는 입자의 성질

개념 확인 문제 ● 본책 59쪽

- 1 (1) ㉔ 양성자 ㉔ 질량수 (2) ㉔ 화학적 ㉔ 물리적
2 20 3 양성자 수 : 11, 전자 수 : 10 4 양성자 수 : a ,
중성자 수 : $b-a$ 5 양성자 수, 원자의 전자 수, 화학적
성질

2
원소 X의 원자핵을 이루는 양성자 수는 $\frac{+3.2 \times 10^{-18}}{+1.6 \times 10^{-19}} = 20$
이다. 원자 번호는 양성자 수와 같으므로 20이다.

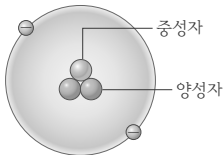
5
수소, 중수소, 삼중수소는 동위 원소이다. 동위 원소의 양성
자 수는 같으므로 원자의 전자 수 역시 같으며, 전자 수가
같으므로 화학적 성질이 같다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 60~61쪽

- 기/본/문/제 01 ⑤ 02 양성자 수 : 15, 중성자 수 : 16
03 ③ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ④
실/력/문/제 07 ② 08 ② 09 ① 10 해설 참조
11 ④ 12 ①

01 | 자료 분석하기 |



원자는 원자핵 속의 양성자 수와 원자핵 주위의 전자 수가 같다.
전자(●) 수가 2이므로 원자핵 속에 2개가 들어 있는 입자인
●가 양성자이고, ●는 중성자이다.

알짜풀이 ● ⑤ ●(양성자) 수는 같고 ●(중성자) 수가 다르
면 동위 원소이며, 동위 원소는 화학적 성질이 같다.

오답نب기 ● ① 입자의 발견 시기는 ●(전자)가 ●(중성자)보
다 빠르다.

② 입자의 질량은 ●(중성자)와 ●(양성자)가 거의 비슷하다.

③ ●(양성자)는 (+)전하를 띤 입자이다.

④ 질량수는 ●(양성자) 수와 ●(중성자) 수의 합과 같다. ㉔ ⑤

우공비 BOX

필수 자료
원자 번호(양성자 수)
= $\frac{\text{원자핵의 전하량}}{\text{양성자의 전하량}}$

02

알짜풀이 ● 원자핵의 전하량을 양성자 1개의 전하량으로 나눈
값이 양성자 수이므로, 원자 X의 양성자 수는 $\frac{+2.4 \times 10^{-18}}{+1.6 \times 10^{-19}} = 15$ 이다.

질량수는 (양성자 수 + 중성자 수)이므로 질량수에서 양성자
수를 뺀 값이 중성자 수이다. 따라서 원자 X의 중성자 수는
31 - 15 = 16이다. ㉔ 양성자 수 : 15, 중성자 수 : 16

03

알짜풀이 ● ③ 원자핵의 전하량을 양성자의 전하량으로 나
눈 값이 양성자 수이므로 A의 양성자 수는
 $\frac{+1.76 \times 10^{-18}}{+1.6 \times 10^{-19}} = 11$ 이다. A^+ 이 되더라도 양성자 수는 변
하지 않으므로 A^+ 의 양성자 수는 11이다.

오답نب기 ● ① A의 질량수는 11 + 12 = 23이다.

② 원자 A의 전자 수는 양성자 수와 같은 11이다.

④ 이온이 되더라도 중성자 수는 변하지 않으므로 원자 A와
이온 A^+ 의 중성자 수는 같다.

⑤ 원자 A를 구성하는 양성자 수, 중성자 수, 전자 수의 합
은 11 + 12 + 11 = 34이다. ㉔ ③

04

알짜풀이 ● ⑤ 원자일 때와 이온일 때의 양성자 수는 달라
지지 않고 같으므로 양성자 수는 9이다.

오답نب기 ● ① 양성자 수가 9, 전자 수가 10이므로 (-)전하
를 띤 음이온이다.

② 원자핵 속의 양성자 수가 9, 중성자 수가 10이므로 질량
수는 19이다.

③ 원자 번호는 양성자 수와 같으므로 9이다.

④ 원자의 전자 수는 양성자 수와 같으므로 9이다. ㉔ ⑤

05

알짜풀이 ● ⑤ 동위 원소인 A와 B는 원자일 때 전자 수가
같으므로 B가 전자를 1개 잃어 생성된 B^+ 의 전자 수는 A
원자의 전자 수보다 적다.

오답نب기 ● ①, ② 동위 원소는 양성자 수는 같고, 중성자
수가 다른 원소이다.

③, ④ 동위 원소의 양성자 수와 전자 수는 같으므로 화학적
성질은 같고, 원자의 질량이 다르므로 물리적 성질은 다르다.

㉔ ⑤

06

알짜풀이 ● ④ ${}^6\text{Li}$ 의 중성자 수는 3, ${}^7\text{Li}$ 의 중성자 수는 4
이다.

오답نب기 ● ① 원자 1몰의 질량은 원자량에 그램(g)을 붙인
질량이다.

③ Li의 원자 번호는 3이므로 양성자 수는 모두 3이다.

⑤ Li의 원자량은 6.941로 질량수 6보다 7에 훨씬 가깝다.
따라서 ${}^7\text{Li}$ 의 존재 비율이 더 크다. ㉔ ④

쉽게쉽게

원자는 원자핵 속의 양성자
수와 원자핵 주위의 전자 수
가 같아요.

보충 설명

원자가 양이온이 되면 전자
수가 줄어들고, 음이온이 되
면 전자 수가 늘어나요.

용어 알기

원자량
질량수 12인 탄소 원자의 질
량을 기준으로 환산한 원자
들의 상대적인 질량값으로,
질량수와 거의 비슷해요.

07 | 자료 분석하기 |

원자	A	B	C	D
양성자 수	7	8	8	9
중성자 수	7	7	8	10
질량수	14	15	16	19

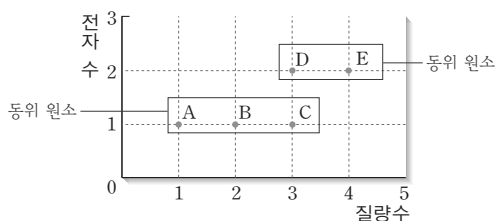
양성자 수 + 중성자 수 = 질량수이며, 동위 원소는 양성자 수는 같고 중성자 수가 다른 원소이다.

알짜풀이 ● ㄴ. B와 C의 원자 번호는 8로 같다.

오답نب기 ● ㄱ. 양성자 수가 A는 7, B는 8이므로 A와 B는 서로 다른 종류의 원소이다.

ㄷ. C의 질량수는 16이고, D의 질량수는 19이므로 서로 다르다. ㉔ ②

08 | 자료 분석하기 |



● 원자의 전자 수는 양성자 수와 같다.

● A : 양성자 수가 1, 중성자 수가 0인 ^1H 이다.

● B : 양성자 수가 1, 중성자 수가 1인 ^2H 이다.

● C : 양성자 수가 1, 중성자 수가 2인 ^3H 이다.

● D : 양성자 수가 2, 중성자 수가 1인 ^3He 이다.

● E : 양성자 수가 2, 중성자 수가 2인 ^4He 이다.

알짜풀이 ● ② C는 양성자 수 1, 중성자 수 2로, 양성자 수가 중성자 수보다 적다.

오답نب기 ● ① A의 원자 번호와 질량수는 1로 같다.

③ B와 C는 원자 번호가 1인 수소(H)이다.

④ B와 D는 중성자 수가 1로 같다.

⑤ E의 양성자 수와 중성자 수는 2로 같다. ㉔ ②

09

알짜풀이 ● ㄱ. 중수소 원자와 삼중수소 원자는 원자 번호 Z가 1로 같다.

오답نب기 ● ㄴ. n이 2+이면 +2가의 양이온이다. 따라서 원자일 때보다 전자 수가 2개 적으므로 입자 속에 포함된 전자 수는 (Z-2)이다.

ㄷ. 원자핵이 양성자만으로 이루어진 ^1H 는 Z와 A가 같은 ㉔ ①
값이다. ㉔ ①

10

알짜풀이 ● 동위 원소는 양성자 수는 같고 중성자 수가 다른 원소로, 양성자 수 및 원자의 전자 수가 같아 화학적 성질은 같지만, 질량수가 다르므로 물리적 성질은 다르다.

우공비 BOX

조심조심

동위 원소는 전자 수에 차이가 없으므로 동위 원소 조합이 다른 분자라고 해도 전자 수는 같아요.

보충 설명

염소의 평균 원자량 35.453은 ^{35}Cl , ^{37}Cl 의 질량수의 평균값인 36보다 작으므로 염소의 동위 원소 중 ^{35}Cl 의 존재 비율이 ^{37}Cl 보다 더 커요.

보충 설명

^1H 는 중성자를 포함하지 않고 양성자만으로 이루어진 유일한 원자예요.

모범답안 ● ^3_2He 의 양성자 수는 2, 중성자 수는 1, 전자 수는 2이고, ^4_2He 의 양성자 수와 중성자 수, 전자 수는 각각 2이다. ^3_2He 과 ^4_2He 의 화학적 성질은 같고, 물리적 성질은 다르다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 입자 수만 바르게 쓴 경우	60 %
③ 성질만 바르게 비교한 경우	40 %

11

알짜풀이 ● 원자에서 원자핵 속의 양성자 수와 전자 수는 같다. 따라서 ㉔와 같은 개수인 ㉔는 양성자이다.

ㄴ. X와 Y는 양성자 수가 같고 중성자 수가 다르므로 동위 원소 관계이다.

ㄷ. Y와 Z의 질량수는 3으로 같다.

오답نب기 ● ㄱ. ㉔는 양성자로, (+)전하를 띤다. ㉔ ④

12

○ **알짜풀이** ● ㄱ. ^{35}Cl 과 ^{37}Cl 은 동위 원소로 양성자 수가 같다.

ㄷ. BrCl 속에 들어 있는 전자 수는 동위 원소 조합에 관계없이 $35+17=52$ 로 같다.

오답نب기 ● ㄴ. Br의 동위 원소에는 ^{79}Br 과 ^{81}Br 의 두 가지가 있고, Cl의 동위 원소에는 ^{35}Cl 과 ^{37}Cl 의 두 가지가 있으므로 동위 원소에 의해 생성되는 BrCl 은 $^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}$, $^{79}\text{Br}^{37}\text{Cl}$, $^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}$, $^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}$ 의 네 종류이다.

○ ㄹ. 브로민의 원자량은 두 동위 원소 ^{79}Br 과 ^{81}Br 의 질량수의 중간값에 가까운데, 이는 두 동위 원소의 존재 비율이 비슷하기 때문이다. ㉔ ①

08 강 원소의 기원

개념 확인 문제

● 본책 63쪽

1 (1) 강한 핵력 (2) ㉔ 수소(H) ㉔ 철(Fe) 2 (1) ○
(2) \times (3) \times 3 $^4_2\text{He} \longrightarrow ^{12}_6\text{C}$

2

(2) 별 내부의 핵융합으로 만들어질 수 있는 가장 무거운 원소는 철이며, 우라늄과 같은 철보다 무거운 원소는 초신성 폭발이 일어나면서 발생하는 에너지에 의해 만들어진다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 64~65쪽

기/본/문/제 01 ⑤ 02 ② 03 ③ 04 ③ 05 ②

실/력/문/제 06 ③ 07 해설 참조 08 ③ 09 ②

10 ④ 11 ④

01

알짜풀이 ● 주어진 모형은 음이온을 나타낸 것으로, 음이온에서는 전자 수가 양성자 수보다 많다. ●이 전자이므로 양성자는 ●이다.

⑤ ●(중성자)는 전하를 띠지 않는 입자이므로 ●와 ● 사이에는 전기적 힘이 작용하지 않는다.

오답نب기 ● ①, ② 양성자와 양성자, 중성자와 중성자, 양성자와 중성자 사이에는 강한 핵력이 작용한다.

③ ●(양성자)와 ●(전자) 사이에는 전기적 인력이 작용한다.

④ ●(전자)와 ●(전자) 사이에는 전기적 반발력이 작용한다.

답 ⑤

02

알짜풀이 ● 헬륨(He) 원자핵 속에 들어 있는 양성자 수는 2이므로 ●이 양성자이고, ●는 중성자이다.

ㄷ. ●(중성자)는 강한 핵력으로 ●(양성자) 사이의 반발력을 극복하여 원자핵을 안정화한다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)는 중성자 수가 1인 ${}^3\text{He}$ 이고, 삼중수소(${}^3\text{H}$)의 중성자 수는 2이므로, (가)와 삼중수소는 중성자 수가 다르다.

ㄴ. (나)는 ${}^4\text{He}$ 으로, 질량수가 ${}^1\text{H}$ 의 4배이다.

답 ②

03

알짜풀이 ● 주어진 5개의 원자핵 중 가장 먼저 생성된 원자핵은 양성자 1개로 이루어진 ${}^1\text{H}$ 이고, 가장 나중에 생성된 원자핵은 ${}^4\text{He}$ 이다.

답 ③

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가) ${}^4\text{He}$ 은 빅뱅 우주에서 생성된 원소이다.

ㄴ. $\frac{\text{질량수}}{\text{중성자 수}}$ 가 (나)는 2이고, (다)는 2보다 작다.

오답نب기 ● ㄷ. 별의 내부에서 핵융합 반응에 의해 만들어지는 가장 무거운 원소는 철(Fe)이다. 철보다 무거운 원소인 (다)의 우라늄(U)은 초신성 폭발에 의해 만들어진다.

답 ③

05

알짜풀이 ● ② 양성자끼리는 전기적 반발력이 작용하므로 원자 번호 2 이상인 원소의 원자핵은 양성자만으로는 이루어질 수 없고 중성자가 반드시 존재해야 한다.

오답نب기 ● ① 최초로 만들어진 원자핵은 양성자 1개로 이루어진 ${}^1\text{H}$ 원자핵이다.

③ 원자핵을 이루는 양성자와 중성자는 강한 핵력에 의해 결합하고 있다.

④ 원자 번호가 작은 원소의 안정한 원자핵은 $\frac{\text{중성자 수}}{\text{양성자 수}}$ 가 1에 가깝지만, 원자 번호가 커짐에 따라 $\frac{\text{중성자 수}}{\text{양성자 수}}$ 값이 커진다. 이는 핵 속 양성자 수가 증가함에 따라 전기적 반발력이 커지므로 이를 강한 핵력으로 극복하기 위해 더 많은 중성자가 필요하기 때문이다.

⑤ 별 내부의 핵융합 반응에서 만들어질 수 있는 가장 무거

우공비 BOX

●보충 설명●

강한 핵력은 매우 짧은 거리에서만 작용하는데 비해 전기력은 그보다 먼 거리에서도 작용해요. 원자핵 속의 양성자 수가 많아지면 핵의 크기가 커져서 핵력 측면에서는 불리해지고, 양성자들 사이에 작용하는 전기적 반발력이 문제가 돼요. 따라서 안정한 핵을 이루기 위해서는 반발력은 작용하지 않으면서 핵력에만 기여하는 중성자가 더 많이 필요한 것이예요.

●쉽게쉽게

${}^1\text{H}$ 원자핵은 양성자 1개로 이루어져 있으므로 양성자가 만들어진 시기가 바로 수소 원자핵이 만들어진 시기예요.

●보충 설명●

질량이 매우 큰 별에서는 핵융합의 마지막 단계로 중심에 철 원자핵이 생성되는데, 철 원자핵은 모든 원자핵 중 가장 안정하기 때문에 별의 중심에 철이 축적되면 핵반응이 중단돼요.

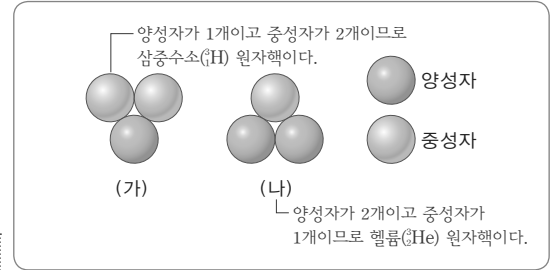
●조심조심

원자 번호가 2 이상인 원자핵 속에는 중성자가 반드시 들어 있어야 해요. 따라서 ${}^3\text{He}$ 에 차례로 중성자가 2개 결합하여 ${}^4\text{He}$ 가 생성되는 경로는 가능하지 않아요.

운 원소는 철이다. 철보다 무거운 원소인 금 원자핵은 초신성 폭발에 의해 만들어진다.

답 ②

06 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. (가)와 (나)의 질량수는 3으로 같다.

ㄷ. (나)의 헬륨(${}^4\text{He}$) 원자핵에 중성자 1개가 결합하면 질량수가 1 증가하여 헬륨(${}^5\text{He}$) 원자핵이 생성된다.

오답نب기 ● ㄴ. (가)는 삼중수소(${}^3\text{H}$) 원자핵이고, (나)는 질량수가 3인 헬륨(${}^3\text{He}$) 원자핵이다.

답 ③

07

모범답안 ● 원자 번호가 커짐에 따라 $\frac{\text{중성자 수}}{\text{양성자 수}}$ 값은 커진다. 원자 번호가 커짐에 따라 원자핵 속의 양성자 수가 증가하여 전기적 반발력이 커지는데, 중성자는 강한 핵력을 나타내면서도 전기적 반발을 일으키지 않으므로 중성자 수가 많아지면 원자핵을 효과적으로 안정화할 수 있다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 강한 핵력으로 설명했지만 중성자가 전기적 반발을 일으키지 않는다는 설명이 없는 경우	70 %
③ 원자 번호가 커짐에 따라 $\frac{\text{중성자 수}}{\text{양성자 수}}$ 값이 증가한다고만 설명한 경우	30 %

08

알짜풀이 ● 중성 원자에서는 전자 수와 양성자 수가 같으므로 B가 중성자이고, C가 양성자이다.

ㄱ. 빅뱅 우주에서 전자, 쿼크 등의 기본 입자가 생성되고, 이후 쿼크가 결합하여 양성자, 중성자가 생성되었다. 즉, A(전자)는 B(중성자)보다 우주에서 먼저 생성된 입자이다.

ㄴ. C(양성자) 사이에는 전기적 반발력이 작용한다.

오답نب기 ● ㄷ. 원자 (가)는 ${}^3\text{He}$ 이다.

답 ③

09

알짜풀이 ● ㄴ. 빅뱅 우주에서 수소와 헬륨 원자핵이 만들어지고, 이후 우주의 온도가 낮아지면서 원자핵이 전자를 붙잡아 수소 원자와 헬륨 원자가 만들어졌다.

오답نب기 ● ㄱ. 중성자 수가 ${}^3\text{H}$ 은 2, ${}^3\text{He}$ 은 1이다.

ㄷ. 원자 번호 2 이상인 원소는 양성자 사이의 전기적 반발 때문에 중성자 없이 양성자만으로 원자핵이 이루어질 수 없다. 따라서 자연계에 ${}^2\text{He}$ 원자핵은 존재하지 않으며, ${}^2\text{He}$ 을 거쳐 ${}^4\text{He}$ 원자핵이 생성되는 것이 아니다.

답 ②

10

알짜풀이 ● 양성자 수를 $7N$, 중성자 수를 N 으로 둘 때, ${}^4\text{He}$ 원자핵 1개는 양성자 2개와 중성자 2개로 이루어지므로 양성자 N 개와 중성자 N 개로부터 ${}^4\text{He}$ 원자핵 $\frac{N}{2}$ 개가 생성된다. 이때 남은 양성자 수는 $6N$ 인데, 양성자가 곧 ${}^1\text{H}$ 원자핵이므로 ${}^1\text{H}$ 원자핵과 ${}^4\text{He}$ 원자핵의 개수비는 $6N : \frac{N}{2} = 12 : 1$ 이다. ㉔ ④

11

알짜풀이 ● ㄴ, ㄷ. 빅뱅 우주에서 가장 먼저 생성된 입자는 쿼크와 전자이고, 쿼크가 결합하여 양성자(${}^1\text{H}$ 원자핵)와 중성자가 생성되었다. 양성자와 중성자의 결합으로 중수소, 삼중수소, 헬륨 원자핵이 생성되었고, 이후 온도가 더 낮아져 원자핵이 전자를 붙잡을 수 있게 되어서야 비로소 전기적으로 중성인 원자가 생성되었다. 그 후 별에서 핵융합을 통해 탄소, 질소, 산소 원자핵이 생성되었다.

오답نب기 ● ㄱ. 탄소, 질소, 산소의 원자핵은 주로 별의 내부에서 핵융합 반응에 의해 만들어졌다. ㉔ ④

우공비

비법 특강

●본책 66~67쪽

1 ④ 2 ② 3 ③ 4 ②

1

알짜풀이 ● 원자의 전자 수와 양성자 수는 같으므로 ㉔이 양성자, ㉔이 중성자이다.

ㄴ. A와 B는 양성자 수가 2로 같고 중성자 수가 다르므로 동위 원소이다.

ㄷ. C는 양성자 수가 전자 수보다 적으므로 음이온이다.

오답نب기 ● ㄱ. A의 중성자 수는 1, ${}^3\text{H}$ 의 중성자 수는 2이다. ㉔ ④

2

알짜풀이 ● 양성자 수는 a , 중성자 수는 $(2a+1)-a=a+1$ 이다.

② 원자일 때 전자 수가 a 이므로 -1 가 음이온의 전자 수는 $a+1$ 이 되어 중성자 수와 같아진다.

오답نب기 ● ③ 전자 수가 달라져서 이온이 되더라도 양성자 수와 중성자 수는 변화가 없다.

④ X 원자 속에 들어 있는 (양성자 수+중성자 수+전자 수)는 $a+(a+1)+a=3a+1$ 이다.

⑤ ${}^{2a+1}_{\text{X}}$ 와 ${}^{2a}_{\text{X}}$ 는 동위 원소이므로 화학적 성질이 같다. ㉔ ②

3

알짜풀이 ● A는 양성자 수 6, 중성자 수 7인 ${}^{13}\text{C}$ 이고, B는 양성자 수 6, 중성자 수 6인 ${}^{12}\text{C}$, C는 양성자 수 7, 중성자 수 7인 ${}^{14}\text{N}$ 이고, D는 양성자 수 8, 중성자 수 9인 ${}^{17}\text{O}$ 이다.

우공비 BOX

●보충 설명●

양성자는 업 쿼크 2개와 다운 쿼크 1개로, 중성자는 업 쿼크 1개와 다운 쿼크 2개로 이루어져 있어요.

●보충 설명●

α 입자 산란 실험에서 극히 일부의 α 입자가 튕겨 나온 결과를 통해 원자의 질량과 (+)전하가 한 부분에 집중되어 있다는 사실을 유추할 수 있었어요.

조심조심

원자 번호보다 질량수가 작은 원소는 없으므로 ${}^Z_{\text{X}}$ 는 무조건 잘못된 표현이에요.

조심조심

원자가 전자를 잃거나 얻어서 이온이 되는 것이므로 원자일 때와 이온일 때 양성자 수와 중성자 수는 달라지지 않아요.

ㄱ. A와 B는 양성자 수가 6으로 같은 동위 원소이다.

ㄴ. A와 C의 중성자 수는 7로 같다.

오답نب기 ● ㄷ. 질량수는 C가 14, D가 17로 D가 C보다 3만큼 크다. ㉔ ③

4

알짜풀이 ● ${}^3_2\text{He}$ 의 원자핵은 양성자 2개와 중성자 1개로 이루어져 있으므로 ㉔가 양성자, ㉔가 중성자이다. (가)는 ${}^3_1\text{H}$, (나)는 ${}^3_2\text{He}$, (다)는 ${}^4_2\text{He}$ 이다.

ㄷ. 질량수는 (가)가 2, (다)가 4로 (다)가 (가)의 2배이다.

오답نب기 ● ㄱ. ㉔는 양성자이다.

ㄴ. (나)에 포함된 양성자 수는 1, (다)에 포함된 양성자 수는 2이므로 전하량은 (다)가 (나)의 2배이다. ㉔ ②

수능

실력 굳히기

●본책 68~71쪽

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

01

알짜풀이 ● ㄱ. 대부분의 α 입자가 금박을 그대로 통과한 것은 원자 속 대부분의 공간이 비어 있기 때문이다.

ㄷ. 금박에서 α 입자를 튕겨 나오게 한 입자는 (+)전하를 띤 원자핵이다.

오답نب기 ● ㄴ. (+)전하가 원자 전체에 고르게 퍼져 있는 것이 아니라, (+)전하를 띤 원자핵이 원자 중심에 존재한다. ㉔ ④

02

알짜풀이 ● 원자에서는 전자 수가 양성자 수와 같으므로 양성자는 ㉔이고, 중성자는 ㉔이다.

ㄱ. X와 Y 모두 양성자 수가 1이므로 원자 번호가 1인 수소의 동위 원소이다.

오답نب기 ● ㄴ. 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합으로, Y와 Z의 질량수는 3으로 같다.

ㄷ. Z에 원자 번호와 질량수를 표시하면 ${}^Z_{\text{X}}$ 이다. ㉔ ①

03

알짜풀이 ● ④ 민수는 러더퍼드의 α 입자 산란 실험에서 사용한 금(${}_{79}\text{Au}$)박 대신 원자핵의 전하량이 작은 알루미늄(${}_{13}\text{Al}$)박으로 실험하였으므로, 원자핵의 전하량이 경로가 휘거나 튕겨 나온 α 입자의 수에 영향을 미칠 것이라는 가설을 세우고 실험한 것이다. 금보다 원자핵의 전하량이 작은 알루미늄박으로 실험하면 원자핵과 α 입자와의 반발력이 작아지므로 경로가 휘거나 튕겨 나온 α 입자의 수가 감소한다.

오답نب기 ● ① 음극선 실험과 관련된 내용이다.

② 현대의 원자 모형과 관련된 내용이다.

③ 보어의 원자 모형과 관련된 내용이다.

⑤ 음극선 실험을 통해 톰슨이 예상한 원자 모형과 관련된 내용이다. **답 ④**

04

알짜풀이 ● ㄴ. $^{11}_5\text{B}$ 에서 5는 원자 번호, 11은 질량수인데, 원자의 전자 수는 원자 번호(양성자 수)와 같으므로 5이다.

ㄷ. 중성자 수는 질량수에서 양성자 수(원자 번호)를 뺀 값이므로 6이다.

오답نب기 ● ㄱ. 원자 번호는 5이다. **답 ④**

05 | 자료 분석하기 |

A~D의 양성자 수, 중성자 수, 질량수를 정리하면 다음과 같다.

구분	A	B	C	D
양성자 수	1	1	7	7
중성자 수	0	1	7	8
질량수	1	2	14	15

알짜풀이 ● ④ 질량수가 큰 동위 원소로 이루어진 DB_3 가 CA_3 보다 분자량이 크다.

오답نب기 ● ① A와 B의 전자 수는 1로 같다.

② B의 질량수는 2, C의 질량수는 14이다.

③ C와 D는 양성자 수가 7로 같으므로 동위 원소이다.

⑤ A의 중성자 수는 0이고, D의 중성자 수는 8이다. **답 ④**

06

알짜풀이 ● 질량수는 (양성자 수 + 중성자 수)이므로 (가)는 7, (나)는 8, (다)는 8이다.

ㄴ. X와 Y는 양성자 수가 7로 같은 동위 원소이므로 화학적 성질이 같다.

오답نب기 ● ㄱ. (가) < (나) = (다)이다.

ㄷ. Z는 양성자 수가 8이고, 전자 수가 10이므로 -2 가의 음이온이다. **답 ②**

07

알짜풀이 ● A~F의 양성자 수와 중성자 수는 다음과 같다.

원소	A	B	C	D	E	F
양성자 수	1	2	5	5	6	7
중성자 수	1	1	6	7	6	7

④ 질량수는 D가 $5+7=12$, E가 $6+6=12$ 로 같다.

오답نب기 ● ① A의 원자 번호는 1, 질량수는 $1+2=3$ 이다.

② E의 질량수는 12이고, B의 질량수는 3이므로 E의 질량수는 B의 4배이다.

③ C와 D는 양성자 수가 같은 동위 원소이므로 화학적 성질이 같다.

⑤ E의 중성자 수는 6, F의 중성자 수는 7이다. **답 ④**

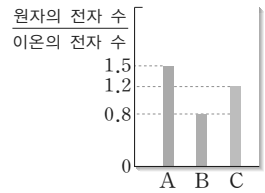
우공비 BOX

보충 설명

원자핵 속 양성자의 수와 원자핵 주위의 전자 수가 같으면 원자이고, 다르면 이온이에요. 이때 전자가 양성자보다 많으면 음이온, 적으면 양이온이에요.

08 | 자료 분석하기 |

원소	A	B	C
원자 번호	3	8	12
질량수	7	16	24
중성자 수	4	8	12
원자의 전자 수	3	8	12
이온의 전자 수	2	10	10



알짜풀이 ● ㄱ. 중성자 수가 A는 4, B는 8, C는 12이므로 중성자 수의 비는 A : B : C = 1 : 2 : 3이다.

ㄴ. B의 이온과 C의 이온의 전자 수는 10으로 같다.

ㄷ. A의 이온은 $+1$ 가의 양이온이고, C의 이온은 $+2$ 가의 양이온이다. **답 ⑤**

09

알짜풀이 ● 질량수는 양성자 수와 중성자 수를 합한 값이므로 양성자 수는 A가 11, B가 12, C가 11, D가 12이다.

⑤ 원자가 이온이 되더라도 양성자 수는 변하지 않는다. C^+ 의 양성자 수는 11, D의 양성자 수는 12로 서로 다르다.

오답نب기 ● ① 원자 번호는 양성자 수와 같으므로 A의 원자 번호는 11이다.

② 동위 원소는 원자 번호(양성자 수)가 같고 질량수가 다른 원소이다. 따라서 A와 C가 동위 원소이고, B와 D가 동위 원소이다.

③ B의 양성자 수와 중성자 수는 12로 같다.

④ A의 전자 수는 11이고, B의 전자 수는 12이므로 A^+ 와 B^{2+} 의 전자 수는 각각 10으로 같다. **답 ⑤**

10

알짜풀이 ● 원자에서 양성자 수와 전자 수가 같으므로, (가), (나)에서 전자와 같은 개수인 ①가 양성자이고, ②는 중성자이다.

ㄱ. ②는 중성자로 전하를 띠지 않는 입자이다.

오답نب기 ● ㄴ. 원자의 표시 방법에서 Z는 원자 번호, A는 질량수이다. 양성자(①) 수가 원자 번호이므로 (가)의 원자 번호는 1이고, (나)의 원자 번호는 2이다.

ㄷ. (A-Z)의 값은 중성자 수인데, (가)와 (나)에서 중성자(②) 수는 2로 같다. **답 ①**

11

알짜풀이 ● $^a_Z\text{X}^b$ 에서 c는 원자 번호(양성자 수), a는 질량수, b는 이온의 전하를 나타낸다. (가)는 전자 수가 양성자 수보다 1만큼 많으므로 -1 가의 음이온이고, (나)와 (다)는 전자 수와 양성자 수가 같으므로 원자이다.

ㄴ. (다)의 질량수 a는 7이다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)의 원자 번호 c는 1이다.

ㄷ. (가)는 -1 가 음이온이고, (나)는 원자이므로 b가 다르다. **답 ②**

12

알짜풀이 ● ㄱ. A의 중성자 수는 $12 - 6 = 6$ 이고, C의 중성자 수는 $35 - 17 = 18$ 이므로 C의 중성자 수는 A의 중성자 수의 3배이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)의 동위 원소 중 존재 비율이 큰 것의 질량수가 35이므로 평균 원자량은 두 동위 원소의 질량수의 평균인 36보다 작다. (나)의 평균 원자량을 구하면,

$$\frac{35 \times 75.77 + 37 \times 24.23}{100} \approx 35.5 \text{이다.}$$

ㄷ. 동위 원소 관계에 있는 원자들의 전자 수는 같으므로 AC_4 와 BD_4 에 들어 있는 총 전자 수는 $6 \times 1 + 17 \times 4 = 74$ 로 같다. **답 ①**

13

알짜풀이 ● 우주에 많이 존재하며 인체와 지각에도 존재하는 (가)는 수소(H), 우주에만 많이 존재하는 (나)는 헬륨(He), 지각에 많이 존재하며, 인체와 우주에도 존재하는 (다)는 산소(O)이다.

ㄱ. 빅뱅 우주에서 생성된 기본 입자 중 하나인 쿼크가 뭉쳐 양성자(^1H 원자핵) 및 중성자가 생성되었고, 이후 헬륨 원자핵이 생성되었으므로 우주에서 가장 먼저 생성된 원소는 (가) 수소(H)이다.

ㄴ. (나)는 헬륨(He)이다.

ㄷ. 우주 공간에서 생성된 수소와 헬륨 기체가 뭉쳐 별이 탄생하였고, (다) 산소(O)는 별 내부에서 헬륨 핵융합 반응을 통해 만들어졌다. **답 ⑤**

14

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 양성자 1개와 중성자 1개로 이루어진 ^2H 원자핵이고, (다)는 양성자 1개와 중성자 2개로 이루어진 ^3H 원자핵이므로 동위 원소의 원자핵이다.

ㄴ. (나)는 양성자 2개와 중성자 1개로 이루어진 ^3He 원자핵이고, (다)는 양성자 1개와 중성자 2개로 이루어진 ^3H 원자핵으로, (나)와 (다)는 질량수가 3으로 같다.

ㄷ. (라)는 양성자 2개와 중성자 2개로 이루어진 ^4He 원자핵이다. **답 ⑤**

15

알짜풀이 ● ④ 원자 번호는 원자핵 속의 양성자 수로 정한다.

오답نب기 ● ② 중수소와 삼중수소는 양성자 수가 1로 같고, 중성자 수가 다른 동위 원소이다.

⑤ 양성자는 (+)전하, 전자는 (-)전하를 띠므로 양성자와 전자 사이에는 정전기적 인력이 작용한다. **답 ④**

16

알짜풀이 ● (가)는 양성자, (나)는 중성자이다.

ㄱ. ^1H 원자핵에는 중성자인 (나)가 들어 있지 않다.

오답نب기 ● ㄴ. ^{13}C 원자핵 속에는 양성자인 (가)가 6개, 중성자인 (나)가 7개 들어 있으므로, (나)가 (가)보다 많이 들어 있다.

ㄷ. 양성자와 중성자에 비해 전자의 질량은 매우 작다. 양성자와 중성자의 상대적 질량을 1로 두었으므로 전자의 상대적 질량인 m 는 1보다 매우 작은 값이다. **답 ①**

우공비 BOX

쉽게쉽게

원소 X의 두 동위 원소의 질량수가 각각 a, b일 때, 질량수가 a인 동위 원소의 존재 비율이 더 크다면 원소 X의 원자량(평균 원자량)은 b보다 a에 가까운 값이 되지요.

●보충 설명●

산소는 지각에서 가장 많은 비율을 차지하는 원소로, 이산화 규소(SiO_2) 등의 형태로 존재해요.

●보충 설명●

수소 원자에서 전자에게 허용되는 에너지는 빗면이 아닌 계단에 비유할 수 있어요. 빗면에서는 어떠한 높이 차이도 가능하지만, 계단의 경우 높이 차이가 불연속적이예요.

●보충 설명●

우주의 온도가 낮아지면서 전자의 운동이 느려졌기 때문에 정전기적 인력에 의해 전자가 원자핵에 끌려와 원자가 만들어졌어요.

04 원자 모형과 전자 배치

09 ③ 보어의 원자 모형

개념 확인 문제

●본책 73쪽

- 1 $n=2$ 2 (1) ○ (2) × (3) ○ 3 (1) ㉔ (2) ㉕ (3) ㉖
4 M 전자껍질($n=3$)에서 L 전자껍질($n=2$)로의 전자 전이

4

빛에너지는 파장에 반비례하므로 발머 계열의 선 스펙트럼에 해당하는 전자 전이 중 에너지가 가장 작은 M 전자껍질에서 L 전자껍질로의 전자 전이에서 방출되는 빛의 파장이 가장 길다.

{ 문제 다지기 }

●본책 74~75쪽

- 기/본/문/제 01 ③ 02 ③ 03 ④ 04 ② 05 ③
실/력/문/제 06 ④ 07 ⑤ 08 해설 참조 09 ② 10 ⑤

01

알짜풀이 ● ㄱ, ㄷ. 수소 원자의 스펙트럼은 불연속적인 선 스펙트럼으로 나타나며, 이는 원자 내 전자의 에너지가 불연속적임을 의미한다.

오답نب기 ● ㄴ. 러더퍼드의 원자 모형에서 전자는 원자핵 주위를 무작위로 돌고 있으므로 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼을 설명할 수 없다. **답 ③**

02

알짜풀이 ● ③ 수소 원자의 스펙트럼이 연속 스펙트럼이 아닌 선 스펙트럼이라는 사실로부터 수소 원자의 에너지 준위가 불연속적임을 알 수 있다.

오답نب기 ● ① 에너지는 파장에 반비례하며, 파장이 $b > a$ 이므로 에너지는 $a > b$ 이다.

② 진동수는 파장에 반비례하며, 파장이 $c > b$ 이므로 진동수는 $b > c$ 이다.

④ 스펙트럼에 나타나는 선의 파장은 전자가 전이하는 전자껍질의 에너지 준위의 차이에 의한 것으로, 특정한 값으로 정해져 있다. 수소 방전관에 더 높은 에너지를 가한다고 해서 스펙트럼 선의 파장이 더 짧아지는 것은 아니다.

⑤ 수소 원자의 선 스펙트럼에서 여러 선들이 나타나는 것은 다양한 전자 전이에 따른 것으로, 스펙트럼 선의 수는 전자가 존재하는 전자껍질의 수와 같지 않다. **답 ③**

03

알짜풀이 ● ④ 원자핵에 가까운 안쪽 전자껍질일수록 에너지 준위가 낮으므로 전자가 바깥쪽 전자껍질에서 안쪽 전자껍질로 전이할 때에는 두 에너지 준위의 차이에 해당하는 에너지를 방출한다.

오답넘기 ● ①, ③ 보어 모형에서는 전자가 원자핵 주위의 특정 궤도(전자껍질)에서 원운동을 하는 것으로 보았으며, 특정 전자껍질을 돌고 있을 때에는 에너지를 흡수하거나 방출하지 않는다고 가정하였다. ㉠ ④

04

알짜풀이 ● ㉠. 바닥상태에서 전자가 존재하는 전자껍질 수는 A~D 모두 2개(K, L)이다.

오답넘기 ● ㉡. 보어 모형에서 전자껍질의 에너지 준위는 원자핵으로부터 멀수록 높다. 따라서 $K < L < M$ 이다.

㉢. C는 L 전자껍질에 전자 8개가 모두 채워지지 않은 상태에서 M 전자껍질에 전자가 채워져 있으므로, L 전자껍질의 전자 1개가 M 전자껍질로 전이한 들뜬상태의 전자 배치이다. ㉠ ②

05

알짜풀이 ● 파장이 656 nm인 선은 $n=2$ 로의 전자 전이 중 에너지가 가장 작은 것이므로 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이인 B이다. 진동수가 가장 큰 전자 전이는 방출되는 에너지가 가장 큰 전이로, $n=1$ 로의 전자 전이인 C이다. ㉠ ③

06

알짜풀이 ● ㉠. $n=2$ 인 L 전자껍질에는 전자가 최대 8개까지 들어갈 수 있으므로 전자 c는 b가 속한 전자껍질에 들어갈 수 없다.

㉡. 원자핵의 전하량이 +11인데, 전자 수는 10이므로 전자 1개가 들어가면 전기적으로 중성인 Na 원자가 된다.

오답넘기 ● ㉢. 원자핵에 더 가까운 K 전자껍질은 L 전자껍질보다 에너지 준위가 낮다. ㉠ ④

07 | 자료 분석하기 |

← 파장 증가



n 값이 커질수록 이웃하는 전자껍질(궤도) 사이의 에너지 준위 차이가 작아지므로 스펙트럼 선의 간격이 조밀해진다. 따라서 선 사이의 간격이 큰 A 쪽이 에너지가 작은 쪽, 즉 파장이 긴 쪽이다.

알짜풀이 ● ㉠. 파장은 선 A가 B보다 길다. 에너지는 파장에 반비례하므로 에너지의 크기는 선 B가 A보다 크다.

㉡. 스펙트럼 선의 간격이 큰 쪽이 파장이 긴 쪽이므로 파장은 선 B가 C보다 길다.

㉢. N 전자껍질($n=4$)에서 L 전자껍질($n=2$)로의 전이는 발머 계열 중 두 번째로 에너지가 작은 전이이므로 파장이 두 번째로 긴 선 B에 해당한다. ㉠ ⑤

08

모범답안 ● M 전자껍질은 $n=3$ 이고, 선 A는 $n=3$ 으로의 전자 전이 중에서 두 번째로 파장이 긴 선이므로 $n=5$ 에서 $n=3$ 으로의 전자 전이에 해당한다.

우공비 BOX

필수 자료

보어 모형에 의한 전자 배치

- 전자는 에너지 준위가 낮은 전자껍질부터 차례대로 채워져요.
- 주양자수가 n 인 전자껍질에는 최대 $2n^2$ 개의 전자가 채워질 수 있어요.
- 가장 바깥 전자껍질에는 최대 8개의 전자가 채워질 수 있어요.

쉽게쉽게

선 스펙트럼에 나타난 선들 사이의 간격으로 어느 쪽이 파장이 긴 쪽인지를 판단하는 것이 중요해요.

조심조심

e 선의 에너지와 d 선의 에너지를 짐작으로만 비교해서는 안 돼요. 에너지 식에 주양자수 변화를 대입하여 정확히 계산해야 해요.

보충 설명

빛에너지(E)와 진동수(ν), 파장(λ) 사이에는 다음과 같은 관계가 성립해요.

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

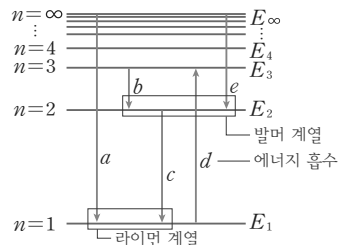
(c : 빛의 속도, h : 플랑크 상수) 즉, 에너지와 진동수는 서로 비례하고, 에너지와 파장은 서로 반비례하지요.

채점 기준

배점

① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 주양자수의 변화로 전자 전이를 바르게 썼으나 그 이유에 대한 설명이 불충분한 경우	40 %

09 | 자료 분석하기 |



- a는 $n=\infty \rightarrow n=1$ 의 전이이다.
- b는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이이다.
- c는 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이이다.
- d는 $n=1 \rightarrow n=3$ 의 전이이다.
- e는 $n=\infty \rightarrow n=2$ 의 전이이다.

알짜풀이 ● ② b는 $n=2$ 로의 전이에서 방출되는 가시광선 영역의 빛이고, c는 $n=1$ 로의 전이에서 방출되는 자외선 영역의 빛으로 방출되는 빛의 파장은 b가 c보다 길다.

오답넘기 ● ① d는 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로의 전이이므로 에너지가 흡수된다.

③ c에서 $-\frac{1312}{2^2} - \left(-\frac{1312}{1^2}\right) = 984(\text{kJ/mol})$ 의 에너지가 방출된다.

④ $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이인 c에서 방출되는 에너지는 $n=\infty \rightarrow n=1$ 의 전이인 a에서 방출되는 에너지와 $n=\infty \rightarrow n=2$ 의 전이인 e에서 방출되는 에너지의 차이와 같다.

⑤ 방출되는 에너지는 b에서보다 e에서 크다. ㉠ ②

10

알짜풀이 ● ⑤ $n=\infty \rightarrow n=2$ 의 전이인 e 선에서 방출되는 에너지를 $-\left(-\frac{E}{2^2}\right) = \frac{E}{4}$ 이라고 하면, $n=3$ 에서 $n=2$ 로의 전자 전이인 d 선에서 방출되는 에너지는 $-\frac{E}{3^2} - \left(-\frac{E}{2^2}\right) = \frac{5E}{36}$ 이다. 따라서 e 선의 에너지 $\frac{E}{4} (= \frac{9E}{36})$ 는 d 선의 에너지의 2배인 $\frac{10E}{36}$ 보다 작다.

오답넘기 ● ① 자외선 영역인 a 선의 에너지가 가시광선 영역인 d 선의 에너지보다 크다.

② b 선은 $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전이에 의한 것이고, a 선은 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이에 의한 것이므로 두 선의 진동수 차이는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이인 d 선의 진동수와 같다.

③ 원자핵에서부터 멀어질수록 인접한 전자껍질의 에너지 준위 차이가 작아진다.

④ c 선은 $n=\infty \rightarrow n=1$ 의 전이에 의한 것으로, c 선의 에너지는 바닥상태의 수소 원자에서 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지와 같다. ㉠ ⑤

10 ② 현대의 원자 모형과 오비탈

우공비 BOX

개념 확인 문제

● 본책 77쪽

1 (1) × (2) × (3) × (4) ○ 2 (1) s (2) p (3) p 3 9개

2

(2) 경계면 그림에서 경계면은 경계면 내부에 전자가 존재할 확률을 누적한 값이 90 %가 되는 지점을 나타낸 것이다.

3

M 전자껍질의 주양자수 $n=3$ 이므로 M 전자껍질에 존재하는 오비탈의 총 수는 $3^2=9$ (개)이다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 78~79쪽

기/본/문/제 01 ⑤ 02 (가) - (라) - (나) - (마) - (다)

03 ③ 04 ② 05 ⑤

실/력/문/제 06 ④ 07 ② 08 ② 09 ③

01 ○

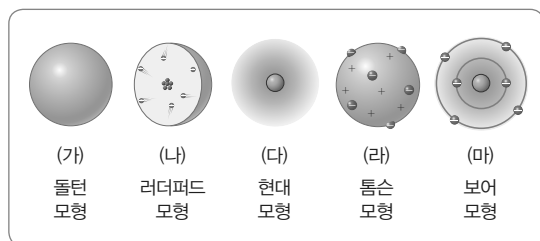
알짜풀이 ● ⑤ 현대의 원자 모형은 원자핵 주위의 공간에서 전자가 존재할 확률을 나타내는 모형이다.

오답نب기 ● ② 전자를 발견한 톰슨은 (+)전하가 고르게 퍼져 있는 공 속에 (-)전하를 띤 전자가 박혀 있는 원자 모형을 제안했다.

③ α 입자 산란 실험으로 원자핵을 발견한 러더퍼드는 (+)전하를 띤 원자핵 주위를 전자가 돌고 있는 모형을 제안했다.

④ 보어 모형은 전자가 원자핵 주위에 무질서하게 존재하는 것이 아니라 일정한 궤도(전자껍질) 상에서 돌고 있다는 것이다. ㉠ ⑤

02 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● 원자 모형이 제안된 순서는 돌턴 모형 → 톰슨 모형 → 러더퍼드 모형 → 보어 모형 → 현대 모형 순이다.

㉠ (가) - (라) - (나) - (마) - (다)

03

알짜풀이 ● ③ 주양자수가 클수록 s 오비탈의 크기가 커지고 에너지 준위가 높아진다.

오답نب기 ● ①, ④ s 오비탈에서 전자 존재 확률은 방향에 관계없이 원자핵으로부터의 거리에 의해서만 달라진다.

⑤ s 오비탈은 각 주양자수마다 1개씩 존재한다. ㉠ ③

● 보충 설명

전자가 원자핵 주위에서 일정한 에너지 준위를 갖는 궤도를 따라 원운동한다고 가정하여 보어 모형은 수소 원자의 선 스펙트럼을 완벽하게 설명할 수 있었으나, 전자를 2개 이상 갖는 원자들의 스펙트럼을 해석하는 데는 한계를 나타냈어요. 이후 현대의 전자 존재 확률 모형이 등장하게 되었답니다.

● 보충 설명

p_x 오비탈에서 전자 존재 확률은 x 축에서 최대, yz 평면에서는 0이고, p_y 오비탈에서 전자 존재 확률은 y 축에서 최대, xz 평면에서는 0이며, p_z 오비탈에서 전자 존재 확률은 z 축에서 최대, xy 평면에서는 0이에요.

● 조심조심

전자 존재 확률이 최대가 되는 지점에서의 확률이 100 %인 것은 아니에요. 또한 핵으로부터의 거리가 멀어지고 해서 전자 존재 확률이 0인 것도 아니라는 점을 주의해야 해요.

04

알짜풀이 ● ② 오비탈의 모양은 전자의 운동 경로가 아니라, 전자 존재 확률이 높은 공간의 모양을 의미한다. 2s 오비탈이 공 모양인 것은 전자가 발견될 확률이 방향에 관계없이 원자핵으로부터의 거리에 따라서만 달라진다는 것을 의미한다.

오답نب기 ● ① $2p_x, 2p_y, 2p_z$ 오비탈은 방향에만 차이가 있으며, 에너지 준위는 같다.

③ 주양자수(n)가 1인 오비탈은 1s 오비탈뿐이다. p 오비탈은 주양자수 2 이상의 전자껍질에서만 존재한다.

④ 전자가 존재하는 공간을 뚜렷하게 정할 수 없으므로 보통 전자의 존재 확률이 90 %인 공간을 나타내는 경계면 그림으로 오비탈을 나타낸다. 즉, 오비탈의 경계면 바깥이라고 해서 전자 존재 확률이 0인 것은 아니다.

⑤ p 오비탈은 s 오비탈과는 달리 방향성이 있어서 전자의 존재 확률이 원자핵으로부터의 거리뿐만 아니라 방향에 의해서도 달라진다. ㉠ ②

05

알짜풀이 ● 1s 오비탈의 점밀도 그림이다.

ㄴ. 점밀도 그림에서 점의 밀도가 클수록 전자를 발견할 확률이 높다.

ㄷ. s 오비탈은 방향성이 없는 공 모양으로 원자핵으로부터의 거리가 같으면 전자를 발견할 확률이 같다.

오답نب기 ● ㄱ. 오비탈의 점밀도 그림에서 점은 전자 하나를 나타내는 것이 아니라 전자 발견 확률을 나타내기 위한 표현 방법이다. ㉠ ⑤

06

알짜풀이 ● ㄴ. $2p_x$ 오비탈과 $2p_z$ 오비탈은 방향만 다르고, 에너지 준위는 같다.

ㄷ. $2p_z$ 오비탈에서 전자 발견 확률은 z 축에서 최대이며, xy 평면에서는 0이다.

오답نب기 ● ㄱ. 오비탈의 모양은 전자의 운동 경로가 아니라, 전자의 존재 확률이 높은 공간의 모양을 의미한다. ㉠ ④

07

알짜풀이 ● ㄴ. 주양자수가 커질수록 전자껍질에 존재하는 오비탈의 수가 많다. 주양자수가 n 인 전자껍질에 존재하는 오비탈의 수는 n^2 개이다.

오답نب기 ● ㄱ. $2p_y$ 오비탈에서 전자 존재 확률은 y 축 방향에서 최대이다.

ㄷ. 원자핵으로부터 같은 거리만큼 떨어진 곳에서 전자를 발견할 확률은 1s 오비탈과 2s 오비탈에서 서로 다르다. 1s 오비탈에는 전자 존재 확률이 0인 곳이 없지만, 2s 오비탈에는 있다. ㉠ ②

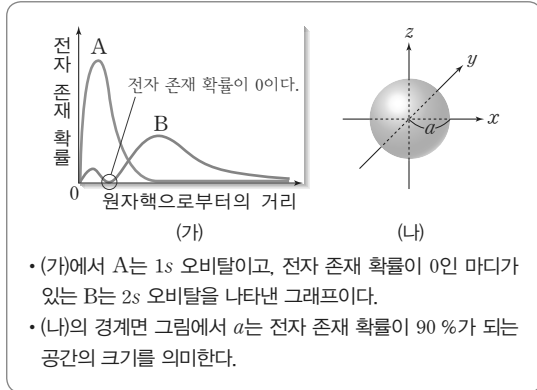
08

알짜풀이 ● ② 2s 오비탈은 1s 오비탈보다 크기가 크고, 에너지 준위가 더 높다.

오답نب기 ● ① a와 b는 각각 1s, 2s 오비탈에서 전자 존재 확률이 최대가 되는 거리이지만, 그 값은 서로 같지 않다.

- ③ 주어진 그래프에서 볼 수 있듯이 $2s$ 오비탈에는 전자 존재 확률이 0인 곳이 있다.
 ④ $1s$ 오비탈에서 원자핵으로부터 a 만큼 떨어진 곳에서 전자가 존재할 확률이 최대이지만, 100%는 아니다.
 ⑤ 주양자수 n 이 어떤 값이든 상관없이 ns 오비탈에서 전자가 존재할 확률은 원자핵으로부터의 거리에 의해서만 달라진다. ㉔ ②

09 | 자료 분석하기 |



- 알짜풀이** ● ③ $2s$ 오비탈인 B에는 전자가 존재할 확률이 0인 곳이 있다.
오답넘기 ● ② 에너지 준위는 $2s$ 오비탈인 B가 $1s$ 오비탈인 A보다 높다.
 ④ 전자가 존재할 확률이 최대인 거리는 $2s$ 오비탈인 B가 $1s$ 오비탈인 A보다 크다.
 ⑤ $1s$ 오비탈에서 원자핵으로부터 거리 a 까지의 공간에서 전자가 존재할 확률이 90%이다. 거리 a 는 전자 존재 확률이 가장 높은 지점까지의 거리와는 다르다. ㉔ ③

11 ㉔ 현대 원자 모형에 의한 전자 배치

개념 확인 문제 ● 본책 82쪽

1 $2n^2$ 2 (1) ○ (2) × (3) ○ 3 (1) 홀전자 (2) ①
 가려막기 ㉔ 유효 핵전하

2

(2) 훈트 규칙에 의해 홀전자 수가 많은 전자 배치가 안정하므로 탄소(C)의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 이다.

문제 다지기 ● 본책 83~85쪽

기/본/문/제 01 ② 02 ④ 03 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2$, 홀전자 수 : 0 04 ④ 05 ② 06 ⑤
실/력/문/제 07 ② 08 ⑤ 09 ③ 10 ⑤ 11 ⑤
 12 해설 참조 13 ② 14 ① 15 ② 16 ④

우공비 BOX

조심조심

M 전자껍질에 있는 오비탈보다 N 전자껍질에 있는 오비탈의 에너지가 더 낮으면 N 전자껍질에 있는 낮은 에너지의 오비탈부터 전자를 채우고 다시 M 전자껍질에 전자가 채워져요.

필수 자료

오비탈의 에너지 준위

- 수소 원자 : 주양자수(n)에 의해 결정
 $\Rightarrow 1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d \dots$
- 다전자 원자 : 주양자수(n)와 오비탈의 모양에 의해 결정
 $\Rightarrow 1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d \dots$

01

알짜풀이 ● ② 주양자수가 n 인 전자껍질의 최대 수용 전자 수는 $2n^2$ 이다. M 전자껍질은 $n=3$ 이므로 최대 수용 전자 수는 $2 \times 3^2 = 18$ (개)이다.

오답넘기 ● ① M 전자껍질의 주양자수(n)는 3이다.

- ③ M 전자껍질에는 $3s, 3p, 3d$ 의 세 종류의 오비탈이 존재한다.
 ④ 다전자 원자에서 M 전자껍질에 존재하는 오비탈의 에너지 준위는 $3s < 3p < 3d$ 이다.
 ⑤ 다전자 원자에서 M 전자껍질에 있는 $3d$ 오비탈보다 N 전자껍질에 있는 $4s$ 오비탈의 에너지 준위가 더 낮다. ㉔ ②

02

알짜풀이 ● 수소 원자의 오비탈의 에너지 준위는 주양자수 n 에 의해서만 결정되므로 다음과 같이 주양자수가 같은 오비탈의 에너지 준위는 서로 같다.
 $1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s = 4p \dots$ ㉔ ④

03

알짜풀이 ● ${}_{20}\text{Ca}$ 의 바닥상태 전자 배치를 나타내면,
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ 이다.

㉔ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$, 홀전자 수 : 0

04

알짜풀이 ● 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

- A : $1s^2$
 B : $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$
 C : $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
 D : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$
 E : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

따라서 홀전자 수는 A는 0, B는 2, C는 2, D는 3, E는 1이다. ㉔ ④

05

알짜풀이 ● $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 는 $2p_z$ 오비탈에 전자가 3개 들어 있는데, 1개의 오비탈에 최대 들어갈 수 있는 전자 수는 2개이므로 불가능한 전자 배치이다.

오답넘기 ● 산소의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이다. ㉔ ②

06

알짜풀이 ● 전자껍질 수가 같은 원자들에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다. ㉔ ⑤

07

알짜풀이 ● ㉔ 주양자수가 n 인 전자껍질에 존재하는 오비탈의 수는 n^2 개이다.

오답넘기 ● ㉔ 다전자 원자에서는 오비탈의 에너지 준위가 주양자수뿐만 아니라 오비탈의 모양에도 영향을 받으므로 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈은 에너지 준위가 다르다.
 ㉔ ${}_{19}\text{K}$ 의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ 이다. ㉔ ②

08 | 자료 분석하기 |

n	오비탈의 종류	오비탈의 총 수	최대 수용 전자 수
1	1s	1	2
2	2s, 2p	4	8
3	3s, 3p, 3d	9	18
4	4s, 4p, 4d, 4f	16	32

주양자수 n 인 오비탈의 수는 n^2 , 최대 수용 전자 수는 $2n^2$ 이다.

알짜풀이 ● ⑤ 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주양자수뿐만 아니라 오비탈의 모양에도 영향을 받아, $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p \dots$ 순이다.

오답نب기 ● ①, ②, ③ 주양자수 n 인 오비탈의 수는 n^2 이며, 1개의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 채워지므로 주양자수에 따른 최대 수용 전자 수는 $2n^2$ 이다.

④ 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주양자수에 따라 서로 다르므로 에너지 준위는 $1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s = 4p \dots$ 이다. ㉢ ⑤

09

알짜풀이 ● 바닥상태 전자 배치는 O^{2-} , Ne, Mg^{2+} , Al^{3+} 은 모두 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이고, Na는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다. 따라서 바닥상태 전자 배치에서 전자가 존재하는 전자껍질 수가 가장 많은 것은 Na이다. ㉢ ③

10

알짜풀이 ● ㄱ. B와 E의 원자가 전자 수는 2로 같다.
ㄴ. 바닥상태일 때 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 이고, D의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이다. 따라서 홀전자 수는 C와 D 모두 2로 같다.
ㄷ. 전자가 존재하는 전자껍질 수가 2인 원소는 B, C, D로 세 가지이다. ㉢ ⑤

11 | 자료 분석하기 |

원자 또는 이온	양성자 수	중성자 수	질량수	전자 수
A S^{2-}	16	20	36	18
B Ar	18	18	36	18
C Ar	18	22	40	18
D Ca^{2+}	20	20	40	18

● A~D의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 이다.
● A는 -2가 음이온, B와 C는 원자, D는 +2가 양이온이다.

알짜풀이 ● ⑤ A~D의 전자 배치는 모두 동일하므로 가장 바깥 전자껍질의 전자 1개가 느끼는 유효 핵전하는 양성자 수가 가장 많은 D에서 가장 크다.

오답نب기 ● ① A는 -2가의 음이온이고, D는 +2가의 양이온이다.

②, ③, ④ A~D는 모두 동일한 전자 배치를 가지며, 전자가 존재하는 전자껍질 수는 3이고, 홀전자는 없다. ㉢ ⑤

우공비 BOX

쉽게쉽게

한 개의 오비탈에 3개 이상의 전자가 채워져 있거나, 스핀 방향이 같은 전자가 채워져 있는 경우는 불가능한 전자 배치예요.

필수 자료

주양자수에 따른 오비탈 수 및 최대 수용 전자 수

● 주양자수 n 인 전자껍질에 존재하는 오비탈의 수

→ n^2

● 주양자수 n 인 전자껍질의 최대 수용 전자 수 → $2n^2$

보충 설명

훈트 규칙에 의한 전자 배치
에너지가 같은 오비탈이 여러 개 있을 경우, 전자들은 한 오비탈에 먼저 쌍을 이뤄 채워지는 것보다 가능한 한 다른 오비탈에 배치될 때 서로 멀리 떨어져 있게 되어 전자들 사이의 반발이 감소하므로 더 안정하게 되는 것이예요.

보충 설명

원자가 이온이 될 때에는 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이뤄요. 문제에 제시된 O^{2-} , Mg^{2+} , Al^{3+} 은 모두 비활성 기체인 Ne과 같은 전자 배치를 이루지요.

12

알짜풀이 ● 1개의 오비탈에 스핀 방향이 같은 전자 2개가 들어간 전자 배치는 파울리 배타 원리를 위배한, 가능하지 않은 전자 배치이다.

모범답안 ● (가), 1개의 오비탈에 스핀 방향이 같은 전자 2개가 들어갈 수 없기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 전자 배치를 바르게 골랐으나 이유를 '파울리 배타 원리를 위배했기 때문'이라고만 설명한 경우	60 %
③ 전자 배치만 바르게 고른 경우	30 %

13

알짜풀이 ● ㄴ. 바닥상태인 (나)가 들뜬상태인 (다)로 될 때 에너지를 흡수한다.

오답نب기 ● ㄱ. 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때에는 가능한 한 홀전자가 많은 전자 배치가 안정하며, 이를 훈트 규칙이라고 한다. (가)는 훈트 규칙을 만족하지 못한다.

ㄷ. 파울리 배타 원리는 1개의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 들어갈 수 있으며, 두 전자의 스핀은 반대 방향이어야 한다는 것이다. (다)는 파울리 배타 원리에 어긋나지 않는다. ㉢ ②

14

알짜풀이 ● 산소 원자의 전자 배치를 보아 모형으로 나타내면 K(2)L(6)이고, 오비탈 기호를 사용하여 나타내면 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다.

① 주양자수 $n=2$ 인 L 전자껍질에는 2s 오비탈과 2p 오비탈이 있다.

오답نب기 ● ② (나)에서 홀전자는 2개이다.

③ 원자가 전자는 가장 바깥 전자껍질에 들어 있는 전자이므로 원자가 전자 수는 6이다.

④ 다전자 원자에서 2s 오비탈과 2p 오비탈의 에너지 준위는 $2s < 2p$ 이다.

⑤ 오비탈 모양은 전자의 운동 모양이 아니라 전자의 존재 확률이 높은 공간의 모양을 나타낸 것이다. ㉢ ①

15

알짜풀이 ● ㄴ. (가)는 1s, (나)는 2s, (다)는 2p 오비탈이다. B의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^1$ 으로, 1s 오비탈인 (가)와 2s 오비탈인 (나)에 들어 있는 전자 수가 2로 같다.

오답نب기 ● ㄱ. Be의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2$ 로, 2p 오비탈인 (다)에 전자가 들어 있지 않다.

ㄷ. C의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 로, 전자가 들어 있는 오비탈은 4개이다. ㉢ ②

16

알짜풀이 ● ㄴ. 바깥 전자껍질에 있는 전자보다 안쪽 전자껍질에 있는 전자에 작용하는 유효 핵전하가 더 크므로 유효 핵전하는 $d > c$ 이다.

ㄷ. 같은 전자껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과보다 안쪽 전자껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과가 더 크므로 c에 영향을 주는 가려막기 효과는 $d > b$ 이다.

오답탐기 ● ㄱ. 다른 전자들에 의한 가려막기 효과로 인해 a가 실제로 느끼는 핵전하인 유효 핵전하는 +11보다 작다.

답 ④

유공비

비법 특강

● 본책 86~88쪽

1 ⑤ 2 ⑤ 3 ③ 4 ③ 5 ② 6 ②

1

알짜풀이 ● ㄱ. 에너지 준위가 가장 낮은 E_1 은 바닥상태를 나타낸다.

ㄴ. 에너지와 파장 사이에는 반비례 관계가 성립하므로 $a \sim d$ 중 방출되는 에너지가 가장 작은 c의 파장이 가장 길다.

ㄷ. 에너지(E)와 진동수(ν) 사이에는 비례 관계가 성립하며, 식으로 표현하면 $E = h\nu$ (h 는 플랑크 상수)이다.

b에서 방출되는 빛의 에너지는 $E_3 - E_1$ 이므로 진동수는 $\frac{E_3 - E_1}{h}$ 이다.

답 ⑤

2 | 자료 분석하기 |

ΔE (kJ/mol)			
$b \backslash a$	2	3	4
1	㉠	1166	1230
2	—	182	㉡
3	—	—	64

• $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출되는 에너지인 ㉠은 $n=3 \rightarrow n=1$ 과 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 에너지의 차이와 같다.

• $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 에너지인 ㉡은 $n=4 \rightarrow n=3$ 과 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 에너지의 합과 같다.

알짜풀이 ● ㄱ. 656 nm에 해당하는 빛은 가시광선 영역의 스펙트럼 선 중에서 파장이 가장 긴, 즉 에너지가 가장 작은 선에 해당하므로 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛이다.

ㄴ. ㉠은 $1166 - 182 = 984$ (kJ/mol)이다.

ㄷ. ㉡은 $182 + 64 = 246$ (kJ/mol)이다. 에너지의 비는 ㉠ : ㉡ = $984 : 246 = 4 : 1$ 이며, 파장은 에너지에 반비례하므로 파장의 비는 ㉠ : ㉡ = $1 : 4$ 이다.

답 ⑤

3

알짜풀이 ● ③ s 오비탈의 모양은 구형으로 방향성이 없다. 이는 전자의 존재 확률이 방향에는 무관하고 원자핵으로부터의 거리에 따라서만 달라진다는 의미이다.

오답탐기 ● ① s 오비탈이 구형인 것은 전자 존재 확률이 방향성이 없다는 의미이지, 전자가 원운동을 한다는 뜻이 아니다.

유공비 BOX

필수 자료

빛에너지와 진동수는 다음과 같이 비례 관계예요.

$$E = h\nu \quad (h : \text{플랑크 상수})$$

따라서 진동수는 $\nu = \frac{E}{h}$ 로 구할 수 있어요.

조심조심

$2p_x, 2p_y, 2p_z$ 오비탈은 방향만 다를 뿐, 에너지는 모두 같은 오비탈이에요. 따라서 B의 전자 배치를 들뜬상태라고 착각하면 안 돼요.

② 점을 찍어 오비탈을 표현한 경우 점 하나하나의 전자를 의미하는 것이 아니라, 점의 밀도가 클수록 전자 존재 확률이 크다는 뜻이다.

④, ⑤ 1s 오비탈에서 전자 존재 확률은 원자핵으로부터 멀어짐에 따라 증가하다가 53 pm 떨어진 곳에서 최대가 되고, 더 멀어지면 다시 확률이 감소한다.

답 ③

4

알짜풀이 ● ㄱ. p_x 오비탈의 경우 yz 평면에서 전자가 발견될 확률이 0이고, p_y 오비탈의 경우 xz 평면에서 전자가 발견될 확률이 0이며, p_z 오비탈의 경우 xy 평면에서 전자가 발견될 확률이 0이다.

ㄴ. (나), (다), (라)는 p 오비탈로, $n=1$ 인 전자껍질에는 존재하지 않고, $n \geq 2$ 인 전자껍질에 존재한다.

오답탐기 ● ㄷ. 오비탈의 모양은 공간에서 전자의 존재 확률을 나타내는 것으로 전자의 운동 경로가 아니다.

답 ③

5

알짜풀이 ● ㄷ. C의 안정한 이온과 D의 안정한 이온의 전자 배치는 모두 $1s^2 2s^2 2p^6$ 로 같으며, 전자가 존재하는 전자껍질 수는 2이다.

오답탐기 ● ㄱ. A의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 로 홀전자 수는 2이다.

ㄴ. B의 원자가 전자 수는 5이다.

답 ②

6

알짜풀이 ● 수진 : C에서 전자가 들어 있는 전자껍질은 $n=1$ 의 K 전자껍질, $n=2$ 의 L 전자껍질, $n=3$ 의 M 전자껍질로 3개이다.

오답탐기 ● 영수 : A의 원자가 전자는 L 전자껍질에 들어 있는 $2s^2 2p^2$ 의 4개이다.

민희 : $2p_x, 2p_y, 2p_z$ 의 에너지는 모두 같으므로 $2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1, 2p_x^1 2p_y^2 2p_z^1, 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^2$ 는 모두 바닥상태 전자 배치이다.

답 ②

유공비

실력 굳히기

● 본책 89~93쪽

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

01 | 자료 분석하기 |

• 선 a_2 에 해당하는 빛의 에너지는 $-\frac{1}{16}E - \left(-\frac{1}{4}E\right) = \frac{3}{16}E$ (kJ/mol)로 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출된다.

• 가시광선 영역에서는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출되는 빛의 에너지가 가장 작으므로 선 a_1 은 $n=3 \rightarrow n=2$, 선 a_3 는 $n=5 \rightarrow n=2$, 선 a_4 는 $n=6 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출되는 빛의 스펙트럼 선이다.

조심조심

점밀도 그림이나 경계면 그림은 전자가 발견될 확률을 나타내며, 전자의 위치나 운동 궤도를 의미하지는 않아요.

알짜풀이 ● ㄱ. 전자껍질의 에너지 준위가 높아질수록 에너지 준위 사이의 에너지 차이가 작아지므로 스펙트럼 선 사이의 간격이 좁아진다. 따라서 선 $a_2(n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이)와 $a_1(n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이) 사이의 파장 차이가 선 $a_3(n=5 \rightarrow n=2$ 의 전이)와 선 a_2 사이의 파장 차이보다 크므로 $|\lambda_2 - \lambda_1|$ 이 $|\lambda_2 - \lambda_3|$ 보다 크다.

ㄴ. 선 $a_3(n=5 \rightarrow n=2$ 의 전이)에 해당하는 빛의 에너지는 $-\frac{1}{25}E - (-\frac{1}{4}E) = \frac{21}{100}E$ (kJ/mol)이다.

ㄷ. 수소 원자의 이온화 에너지는 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전이에서 흡수되는 에너지이며, $n=\infty \rightarrow n=1$ 의 전이에서 방출되는 에너지와 크기가 같다. $n=1$ 에서의 에너지 준위 $E_1 = -E$ 이므로 $\Delta E = 0 - (-E) = E$ 이다. 따라서 수소 원자의 이온화 에너지는 E (kJ/mol)이다. ㉮ ⑤

02

알짜풀이 ● ㄴ. B의 전자 배치 K(2)L(6)M(1)는 바닥상태 전자 배치에서 L 전자껍질의 전자 1개가 M 전자껍질로 전이된 들뜬상태 전자 배치이다.

오답نب기 ● ㄱ. 원자가 전자 수가 A는 1, B는 7로 다르기 때문에 A와 B의 화학적 성질은 비슷하지 않다.

ㄷ. C의 안정한 이온은 C^+ 로 전자 배치는 K(2)L(8)이고, D의 안정한 이온은 D^- 로 전자 배치는 K(2)L(8)M(8)이므로 바닥상태에서 전자가 존재하는 전자껍질 수는 C^+ 가 2, D^- 가 3이다. ㉮ ②

03

알짜풀이 ● ㄱ. 수소 원자의 전자가 바닥상태인 $n=1$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때 흡수하는 에너지는 E_2 와 E_1 의 차이이므로 $-328 - (-1312) = 984$ (kJ/mol)이다.

오답نب기 ● ㄴ. $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛은 가시광선 영역의 스펙트럼 선 중 에너지가 가장 작다. 따라서 가시광선 영역의 스펙트럼 선 중 파장이 가장 긴 것이므로 파동 모양은 B일 수 없다.

ㄷ. $n=4 \rightarrow n=3$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛은 적외선 영역으로, 가시광선 영역보다 파장이 길다. 따라서 파장은 656 nm보다 길다. ㉮ ①

04

알짜풀이 ● ㄱ. 음극선 실험을 통해 전자가 발견됨에 따라 (+)전하가 고르게 퍼진 공 속에 (-)전하를 띤 전자가 군데 군데 박혀 있는 톰슨 원자 모형이 제안되었다.

오답نب기 ● ㄴ. 러더퍼드 모형은 원자핵 발견에 따라 제시된 원자 모형이다.

ㄷ. 보어 모형은 수소의 선 스펙트럼을 설명하기 위해 제시되었고, 오비탈은 확률 모형인 현대 원자 모형에서 등장하는 개념이다. ㉮ ①

05

알짜풀이 ● ㄱ. 파장은 에너지에 반비례하며, 방출되는 빛의 에너지는 B가 C보다 크므로 파장은 λ_B 가 λ_C 보다 짧다.

ㄷ. A는 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이로, 이때 방출되는 빛

우공비 BOX

쉽게쉽게

주양자수가 커질수록 인접한 에너지 준위 사이의 에너지 차이가 감소해요.

쉽게쉽게

음이온이 되는 원소는 원자일 때와 이온일 때 전자껍질 수에 차이가 없고, 양이온이 되는 원소는 원자일 때보다 이온일 때 전자껍질 수가 1개 줄어요.

●보충 설명●

그림 (나)에서 원자핵으로부터의 거리가 b 까지인 공간에서 전자를 발견할 확률이 90%에 못 미치므로 b 는 a 보다 작은 값이에요.

●필수 자료●

에너지(E), 진동수(ν), 파장(λ) 사이의 관계식은 $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ 로 에너지는 진동수에 비례하고, 파장에는 반비례해요.

에너지는 $-\frac{1312}{2^2} - (-\frac{1312}{1^2}) = \frac{3 \times 1312}{4}$ (kJ/mol)이다.

D는 $n=\infty \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이로, 이때 방출되는 빛의 에너지는 $0 - (-\frac{1312}{2^2}) = \frac{1312}{4}$ (kJ/mol)이다. 따라서 방출되는 빛에너지의 비는 A : D = 3 : 1인데, 파장은 에너지에 반비례하므로 방출되는 빛의 파장의 비는 $\lambda_A : \lambda_D = 1 : 3$ 이다.

오답نب기 ● ㄴ. $E_B = E_A + E_C$ 이고, $E \propto \frac{1}{\lambda}$ 이므로 $\frac{1}{\lambda_B} = \frac{1}{\lambda_A} + \frac{1}{\lambda_C}$ 가 성립한다. ㉮ ④

06

알짜풀이 ● ㄴ. 파장 λ_2 에 해당하는 빛의 에너지가 b 이므로 파장 λ_2 는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서, 파장 λ_1 은 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛이다. c 는 $n=4 \rightarrow n=3$, b 는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 에너지이므로 파장 λ_1 에 해당하는 빛의 에너지는 $b+c$ 이다.

ㄷ. (가)에서 주양자수 n 이 클수록 $\Delta E = E_{n+1} - E_n$ 이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

오답نب기 ● ㄱ. a 는 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이에서 방출되는 에너지로 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전이에서 흡수되는 에너지인 수소의 이온화 에너지와 같지 않다. ㉮ ④

07

알짜풀이 ● ㄱ. 원자핵과 전자 사이의 평균 거리는 2s 오비탈이 1s 오비탈보다 멀다. 2s 오비탈은 1s 오비탈보다 크고 에너지 준위가 높다.

오답نب기 ● ㄴ. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 $1s < 2s = 2p$ 이다.

ㄷ. 2p 오비탈의 경우 원자핵으로부터 어느 정도 멀어질 때까지 전자 존재 확률이 증가하다가 더 멀어지면 감소한다. 또한 2p 오비탈에서 전자 존재 확률은 방향에도 영향을 받는다.

㉮ ①

08

알짜풀이 ● ㄷ. s 오비탈은 방향성이 없는 공 모양의 오비탈로 전자 존재 확률은 원자핵으로부터의 거리에 따라서만 달라진다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)에서는 원자핵으로부터의 거리가 a 이내인 공간에서 전자 존재 확률이 90%이고, (나)에서는 전자 존재 확률이 최대인 거리가 b 로, a 와 b 는 같은 거리가 아니다.

ㄴ. s 오비탈이 구형인 것은 전자 존재 확률이 거리에만 의존한다는 의미로, 전자가 일정 거리 떨어진 궤도에서 원운동한다는 뜻이 아니다. ㉮ ②

09

알짜풀이 ● ㄱ. A 점은 전자가 존재할 확률이 0인 마디로, 전자가 발견되지 않는다.

ㄴ. 수소 원자에서 2s 오비탈과 2p 오비탈의 에너지 준위는 같다.

오답نب기 ● ㄷ. 2p 오비탈에서는 원자핵으로부터의 거리뿐만 아니라 방향도 전자 존재 확률에 영향을 준다. ㉮ ③

10

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 $2s$ 오비탈로, 전자 존재 확률이 방향에 관계없이 원자핵으로부터의 거리에 따라서만 달라진다.
 ㄴ. (나), (다), (라)는 각각 $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ 오비탈로 에너지 준위는 모두 같다.

오답نب기 ● ㄷ. 하나의 오비탈에 최대 들어갈 수 있는 전자 수는 오비탈의 종류에 관계없이 2이다. ㉔ ③

11

알짜풀이 ● ㄱ. $3s \rightarrow 2p_z$ 의 전이는 $n=3$ 에서 $n=2$ 로의 전이로, 발머 계열 중 파장이 가장 긴 스펙트럼 선에 해당하므로 빛의 파장은 656 nm이다.

ㄴ. $2p_z \rightarrow 1s$ 의 전이에서 방출되는 빛은 자외선 영역으로 가시광선 영역의 발머 계열 선보다 파장이 짧으므로 파장이 410 nm보다 짧다.

ㄷ. $2p_x \rightarrow 1s$ 의 전이에서 방출되는 빛은 자외선 영역, $3s \rightarrow 2p_z$ 의 전이에서 방출되는 빛은 가시광선 영역이다. 에너지는 자외선 영역의 빛이 가시광선 영역의 빛보다 크다. ㉔ ⑤

12

알짜풀이 ● ㄴ. B에서 방출되는 빛은 자외선 영역의 빛 중 파장이 가장 긴 λ_1 이다.

오답نب기 ● ㄱ. A에서 방출되는 빛은 가시광선 영역의 빛 중 파장이 가장 긴 λ_3 이다.

ㄷ. λ_1 은 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이에서 방출되는 빛의 파장이고, λ_3 은 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출되는 빛의 파장이다. 따라서 λ_1 과 λ_3 에 해당하는 에너지의 합은 $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전이에서 방출되는 빛의 에너지에 해당한다. ㉔ ①

13

알짜풀이 ● ㄱ. 전자 전이 A는 수소 원자의 바닥상태에 있는 전자를 떼어 내는 것과 같으므로 A에 해당하는 에너지는 수소 원자의 이온화 에너지와 같다.

ㄴ. (가)의 B는 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로의 전자 전이이므로 빛이 방출된다.

ㄷ. 수소 원자에서 오비탈의 에너지는 주양자수에 의해서만 결정되므로 (나)의 $2s$ 오비탈과 $2p_x$ 오비탈의 에너지 준위는 (가)에서 $n=2$ 의 에너지 준위와 같다. ㉔ ⑤

14

알짜풀이 ● ㄴ. (나)는 (가)의 전자 배치에서 L 전자껍질의 전자 1개가 M 전자껍질로 전이된 들뜬상태 전자 배치로, 전자가 들어 있는 오비탈은 K 전자껍질의 $1s$ 오비탈, L 전자껍질의 $2s$, $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ 오비탈, 그리고 M 전자껍질의 오비탈 1개로, 총 6개이다.

오답نب기 ● ㄱ. 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주양자수뿐만 아니라 오비탈 모양에도 영향을 받는데, L 전자껍질에 존재하는 $2s$, $2p$ 오비탈의 에너지 준위는 $2s < 2p$ 이다.

ㄷ. 들뜬상태인 (나)의 M 전자껍질에 있는 전자는 바닥상태인 (가)의 L 전자껍질에 있는 전자보다 에너지가 높으므로 더 떼어 내기 쉽다. 따라서 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 최소 에너지는 (나)에서가 (가)에서보다 작다. ㉔ ②

우공비 BOX

조심조심

$1s^2 2s^2 2p_x^1$ 과 $1s^2 2s^2 2p_y^1$ 는 에너지 차이가 없는 전자 배치예요. 같은 에너지 준위의 오비탈이 여러 개 있을 때 꼭 앞에 있는 오비탈부터 채워야 하는 것은 아니예요. 그러니까 $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ 오비탈 중에서 어떤 것을 먼저 채우는 상관없어요.

필수 자료

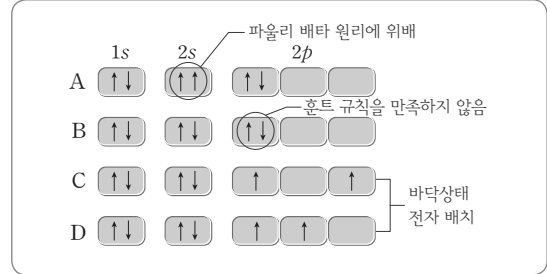
전자 배치 원리와 바닥상태

전자 배치 원리(쌓음 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙)를 모두 적용하여 전자를 배치하면 바닥상태의 전자 배치가 돼요.

필수 자료

수소 원자의 이온화 에너지는 $n=\infty \rightarrow n=1$ 의 전이에서 방출되는 에너지와 크기가 같아요.

15 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. A는 하나의 오비탈에 스핀 방향이 같은 전자 2개가 들어 있으므로 파울리 배타 원리에 어긋나는 전자 배치이다.

ㄴ. 들뜬상태인 B에서 바닥상태인 C로 될 때 에너지가 방출된다.

ㄷ. C와 D는 바닥상태 전자 배치이고, B는 들뜬상태 전자 배치로, C에서 B로 변할 때와 D에서 B로 변할 때 흡수되는 에너지는 같다. ㉔ ⑤

16

알짜풀이 ● ㄷ. A와 B는 모두 바닥상태의 전자 배치이다.

오답نب기 ● ㄱ. A의 전자 배치는 홀전자 수가 가장 많은 전자 배치이므로 훈트 규칙을 만족한다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 바닥상태에서 가장 바깥 전자껍질에 들어 있는 전자 수로, A는 4, B는 5이다. ㉔ ②

17

알짜풀이 ● ③ (가)는 $3s$ 오비탈이고, (다)는 $3d$ 오비탈로 두 오비탈의 주양자수는 같다.

오답نب기 ● ① 가장 바깥 전자껍질에 $3s^2 3p^5$ 의 7개의 전자가 존재하므로 원자가 전자는 7개이다.

② 전자껍질을 사용해 전자 배치를 나타내면 K(2)L(8)M(7)로, 전자가 존재하는 전자껍질은 3개이다.

④ (가)의 전자가 (나)로 이동하면 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^6$ 이 되는데, 이 전자 배치에서 홀전자는 $3s$ 오비탈에 있는 전자 1개이므로 홀전자 수는 변화가 없다.

⑤ (나)의 전자가 (다)로 이동하면 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 3d^1$ 이 되는데, 전자가 존재하는 전자껍질 수는 3으로 변화가 없다. ㉔ ③

18

알짜풀이 ● ㄱ. 원자 A가 전자 1개를 잃어 A^+ 이 되며, 원자 B가 전자 2개를 얻어 B^{2-} 가 되므로 원자 A와 B는 각각 전자 11개와 8개를 가지고 있다. 따라서 바닥상태 전자 배치는 A가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이고, B가 $1s^2 2s^2 2p_z^2 2p_y^1 2p_x^1$ 로 홀전자 수는 A가 1, B가 2이다.

ㄴ. A는 $3s$ 오비탈에 전자 1개가 채워져 있으므로 원자가 전자 수가 1이며, B는 $2s$ 와 $2p$ 오비탈에 전자가 각각 2개와 4개가 채워져 있으므로 원자가 전자 수가 6이다. 따라서 원자가 전자는 B가 A보다 5개 많다.

오답نب기 ● ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈은 A가 $1s, 2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z, 3s$ 의 6개, B가 $1s, 2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z$ 의 5개로 A가 B보다 1개 많다. ㉑ ④

19 | 자료 분석하기 |

원자 A~D의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

원소	전자 배치	
	전자껍질	오비탈
A	K(2)L(6)	$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
B	K(2)L(8)M(2)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
C	K(2)L(8)M(6)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$
D	K(2)L(8)M(8)N(1)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^1$

알짜풀이 ● ⑤ 전자가 존재하는 전자껍질 수는 D가 4, A가 2로 D가 A보다 2개 많다.

오답نب기 ● ① 원자 번호는 B는 12, C는 16으로 C가 B보다 4 크다.

② A와 C의 원자가 전자 수는 6으로 같다.

③ 홀전자 수는 A가 2, B가 0, C가 2, D가 1로, 홀전자를 가지지 않은 것은 B뿐이다.

④ A, C는 p 오비탈에 홀전자를 가지며, D는 s 오비탈에 홀전자를 가진다. ㉑ ⑤

20 | 자료 분석하기 |

원자	s 오비탈에 있는 전자 수	p 오비탈에 있는 전자 수	홀전자 수
(가)	a 5	6	1
(나)	4	3	b 3
(다)	3	c 0	d 1

- (가)는 바닥상태에서 p 오비탈에 전자가 6개 있으므로 3개의 $2p$ 오비탈에 전자가 모두 쌍을 이뤄 채워져 있다. 따라서 홀전자 1개는 s 오비탈에 들어 있는 전자이므로 (가)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이고, s 오비탈에 있는 전자 수 a 는 5이다.
- (나)는 바닥상태에서 s 오비탈에 있는 전자가 4개, p 오비탈에 있는 전자가 3개이므로 $1s$ 와 $2s$ 오비탈에 전자가 쌍을 이루어 채워져 있고, 3개의 $2p$ 오비탈에 전자가 각각 1개씩 들어 있다. 따라서 (나)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이고, 홀전자 수 b 는 3이다.
- (다)는 바닥상태에서 s 오비탈에 있는 전자가 3개이므로 $1s$ 오비탈에 전자 2개가 채워져 있고, $2s$ 오비탈에 전자 1개가 들어 있는 것이다. 따라서 (다)의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$ 이고, p 오비탈에는 전자가 없으므로 c 는 0이고, 홀전자 수 d 는 1이다.

알짜풀이 ● ㄴ. $a+b+c+d=5+3+0+1=9$ 이다.

ㄷ. (나)는 원자 번호 7인 질소(N)이고, (다)는 원자 번호 3인 리튬(Li)으로 모두 2주기 원소이다. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하므로, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (나)가 (다)보다 더 크다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 $1s, 2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z, 3s$ 오비탈로 총 6개이다. ㉑ ④

우공비 BOX

쉽게쉽게

바닥상태에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 6개이면 홀전자 수가 1개인 원자의 경우 p 오비탈에는 전자가 쌍을 이루어 모두 채워져 있으므로 홀전자가 들어 있는 오비탈은 $3s$ 오비탈이 돼요.

필수 자료

원자가 전자 수와 주기율

원자가 전자 수가 주기적으로 나타나는 것이 주기율의 원인이예요. 원자가 전자 수가 주기적으로 나타나는 것은 전자가 전자 배치의 원리에 따라 오비탈에 규칙적으로 채워지기 때문이에요.

쉽게쉽게

전자껍질 수가 같은 경우 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 커져요.

05 주기율표

12 ㉑ 주기율표

개념 확인 문제

● 본책 96쪽

1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 2 멘델레예프 3 (1) ㉑ 주기 ㉑ 족 (2) ㉑ 전자껍질 ㉑ 원자가 전자 (3) 0

1

(1) 1족 원소 중 수소는 비금속 원소이다.

3

(3) 18족 원소는 가장 바깥 전자껍질에 전자 8개(단, He는 2개)가 채워져 있지만, 화학 결합에 관여하는 전자가 없으므로 원자가 전자 수는 0이다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 97~99쪽

기/본/문/제 01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ⑤ 05 ④

06 3주기, 1족 07 (가) B, E, G (나) F

실/력/문/제 08 ⑤ 09 ⑤ 10 ② 11 ② 12 해설

참조 13 ③ 14 ① 15 ② 16 ② 17 ④

01

알짜풀이 ● 뢰베라이너는 세 쌍의 원소 무리에서 원소 성질 간의 관계를 설명한 세 쌍 원소설을 제안하였고, 뉴런즈는 여덟 번째 원소마다 성질이 비슷한 원소가 나타난다는 옥타브설을 제안하였다. 멘델레예프는 원소들을 원자량 순서로 나열하여 최초의 주기율표를 만들었다. ㉑ ⑤

02

알짜풀이 ● ㄱ. 주기율은 원소를 원자 번호 순서로 배열할 때 나타난다.

ㄴ. 주기율은 전자가 규칙에 따라 배치되어 원자가 전자 수가 같은 원소들이 일정한 간격을 두고 나타나기 때문에 생긴다.

오답نب기 ● ㄷ. 전자껍질 수가 같은 원소들의 화학적 성질이 비슷한 것이 아니라, 원자가 전자 수가 같은 원소들의 화학적 성질이 비슷하다. ㉑ ③

03

알짜풀이 ● ㄷ. 주기율은 전자가 규칙에 따라 배치되어 원자가 전자 수가 같은 원소들이 일정한 간격을 두고 나타나기 때문에 나타난다.

오답نب기 ● ㄱ. 모즐리는 원소들을 원자 번호 순서로 나열하여 현대 주기율표의 기초가 되는 주기율표를 만들었다.

ㄴ. 멘델레예프는 원소들을 원자량 순서로 나열하여 최초의 주기율표를 만들었다. ㉑ ②

04

알짜풀이 ● 같은 주기 원소들은 전자가 들어 있는 전자껍질 수가 같다.

오답نب기 ● 같은 족 원소들은 원자가 전자 수가 같다. ㉡ ⑤

05

알짜풀이 ● ④ 주기율표에서 각 주기에 포함된 원소 수가 모두 같은 것은 아니다. 1주기 원소는 2개, 2, 3주기 원소는 각각 8개, 4, 5주기 원소는 각각 18개, 6주기 원소는 32개, 7주기는 미완성이다.

오답نب기 ● ①, ③ 주기율표의 세로줄이 족이며, 1족부터 18족까지 있다. 같은 족에 속한 원소들은 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

②, ⑤ 주기율표의 가로줄이 주기이며, 1주기부터 7주기까지 있다. 같은 주기에 속한 원소들은 전자가 들어 있는 전자껍질 수가 같다. ㉡ ④

06

알짜풀이 ● 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 인 X에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 주양자수가 가장 큰 것은 3s이므로 X는 3주기에 속하고, 원자가 전자 수는 1이므로 1족 원소이다. ㉡ 3주기, 1족

07 | 자료 분석하기 |

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							
2	B				C	D		
3		E					F	
4	G							

A는 비금속 원소인 수소이고, B, E, G는 금속 원소, C, D, F는 비금속 원소이다.

알짜풀이 ● 전기가 통하는 금속 원소는 B, E, G이고, 원자가 전자 수가 가장 많은 원소는 17족 원소인 F이다.

㉡ (가) B, E, G (나) F

08

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ, Li, Na, K은 같은 족에 속하는 원소들이므로 성질이 비슷하고 경향성을 나타낸다. 따라서 Li의 염화물의 화학식은 NaCl이나 KCl과 유사한 형태인 LiCl이고, Na의 산화물의 화학식은 Li_2O 이나 K_2O 과 유사한 형태인 Na_2O 이다.

ㄷ. 물과의 반응성은 Li보다 Na이 더 격렬하므로 원자 번호가 증가할수록 반응성이 커짐을 알 수 있다. 따라서 K이 Na보다 더 격렬하게 반응한다. ㉡ ⑤

09

알짜풀이 ● A~E 중 금속 원소는 A, B, D, E이다. 이 중 안정한 이온의 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 인 원소는 4주기 1, 2족 금속 원소인 D, E이다. 이 중 원자의 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수가 0인 것은 2족에 속하는 E이다. ㉡ ⑤

우공비 BOX

쉽게쉽게

같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같고, 같은 주기 원소는 전자껍질 수가 같아요.

조심조심

수소는 1족에 속하지만 비금속 원소예요. 수소를 제외한 1족 원소를 알칼리 금속이라고 해요.

용어 알기

준금속

금속과 비금속의 경계에 위치하며, 금속과 비금속의 중간 성질을 가지고 있는 원소예요.

10

알짜풀이 ● ㄴ. B의 원자가 전자는 $2s^2 2p^3$ 로, B는 원자가 전자 수가 5인 15족 원소이다.

오답نب기 ● ㄱ. A의 전자 배치는 훈트 규칙을 만족하지 않으므로 바닥상태 전자 배치가 아니다.

ㄷ. C는 2주기 원소이고, D는 3주기 원소이다. ㉡ ②

11

알짜풀이 ● X는 원자 번호 13인 알루미늄(Al)이며, 원소 X의 안정한 이온은 X^{3+} 이다.

② X의 전자 배치는 K(2)L(8)M(3)으로 3주기 13족 원소이다.

오답نب기 ● ① 원소 X는 전자를 잃고 양이온이 되기 쉬운 금속 원소이다.

⑤ 13족 원소인 X의 원자가 전자 수는 3이다. ㉡ ②

12

알짜풀이 ● X의 전자 수는 8이고, Y의 전자 수는 16이므로 전자 배치는 X : $1s^2 2s^2 2p^4$, Y : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이다. 원자가 전자 수가 같은 원소들은 같은 족 원소로, 화학적 성질이 비슷하다.

모범답안 ● X : $1s^2 2s^2 2p^4$, Y : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$, 두 원소의 원자가 전자 수가 6으로 같기 때문이다.

채점 기준	배점
① 전자 배치를 바르게 쓰고, 이유를 바르게 설명한 경우	100 %
② 전자 배치만 바르게 쓰거나 이유만 바르게 설명한 경우	50 %

13

알짜풀이 ● ㄱ. X의 원자가 전자 수는 2이므로, X는 2족 원소이다.

ㄴ. Y^{2-} 는 Y가 전자 2개를 얻어 형성된 -2 가의 음이온이므로, 원자 Y의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이다. 따라서 Y의 원자가 전자 수는 6이다.

오답نب기 ● ㄷ. 바닥상태 전자 배치에서 X의 홀전자 수는 0, Y의 홀전자 수는 2이다. ㉡ ③

14

알짜풀이 ● 금속 원소가 배치된 영역은 (나)와 (다)이다.

오답نب기 ● (가)는 수소이므로 비금속 원소이고, (라)는 준금속 원소, (마)와 (바)는 비금속 원소이다. ㉡ ①

15

알짜풀이 ● 18족 원소인 (바)는 화학적 활성이 거의 없는 비활성 기체이다.

ㄷ. 18족 원소의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자껍질의 전자 배치는 $ns^2 np^6$ (단, He은 $1s^2$)로, 홀전자가 없다.

오답نب기 ● ㄱ. 18족 원소의 가장 바깥 전자껍질에 전자가 8개(단, He은 2개) 채워져 있지만, 모두 화학 결합에 관여하지 않으므로 원자가 전자 수는 0이다.

ㄴ. 18족은 비금속 원소로 분류되지만 화학적 활성이 거의 없는 비활성 원소로 음이온이 되지 않는다. ㉡ ②

16 | 자료 분석하기 |

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							B
2	C						D	
3					E		F	
4	G							

- A는 수소(H), B는 비활성 기체인 헬륨(He)이다.
- C와 G는 금속 원소이고, A, B, D, E, F는 비금속 원소이다.

알짜풀이 • ㄷ. D와 F는 17족 원소로 원자가 전자 수가 7로 같다.

ㄹ. E와 F는 3주기 원소로 전자가 존재하는 전자껍질 수가 3으로 같다.

오답넘기 • ㄱ. C와 G는 금속 원소이지만, A는 비금속 원소인 수소(H)이다.

ㄴ. B는 비활성 기체로 1원자 분자로 존재한다. ㉔ ②

17

알짜풀이 • ④ (라)에 속한 원소들은 비금속 원소이며 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

오답넘기 • ① (가)는 비금속 원소인 수소로 전기를 통하지 않는다.

③ (다)는 금속과 비금속의 중간 성질을 가지는 준금속 원소이다. ㉔ ④

13강 원소의 주기적 성질

개념 확인 문제

● 본책 102쪽

- 1 이온화 에너지 2 전기 음성도 3 (1) ① 증가 ② 감소
(2) 감소 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

4

(3) 13족 원소의 제4 이온화 에너지는 가장 바깥 전자껍질의 전자 3개를 모두 떼어 낸 상태에서 안쪽 전자껍질의 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지이므로 제3 이온화 에너지에 비해 급격하게 증가한다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 103~105쪽

- 기/본/문/제** 01 ③ 02 ⑤ 03 ② 04 3, 13족
05 X_2O_3 06 ④ 07 A-B-C-D 08 D-C-B-A
실/력/문/제 09 ③ 10 ④ 11 ④ 12 ⑤ 13 ③
14 해설 참조 15 ② 16 ⑤ 17 ⑤ 18 ①

우공비 BOX

필수 자료

이온 반지름과 원자 반지름 비교

- 양이온 반지름 < 원자 반지름 → 전자껍질 수가 감소하기 때문
- 음이온 반지름 > 원자 반지름 → 전자 간 반발력이 증가하기 때문

용어 알기

유효 핵전하

다전자 원소에서 전자가 느끼는 핵전하는 다른 전자들이 원자핵의 (+)전하를 가리므로 감소해요. 이러한 효과를 고려하여 전자가 실제로 느끼는 핵전하를 나타낸 것을 유효 핵전하라고 해요.

보충 설명

18족 원소는 화학적 활성이 거의 없어서 이온을 형성하거나 결합을 이루지 않고, 1원자 분자로 존재해요.

01

알짜풀이 • ㄱ. 금속이 양이온이 될 때 전자가 들어 있는 전자껍질 수가 감소하므로 원자보다 반지름이 작아진다.

ㄴ. 비금속이 음이온이 될 때 전자껍질 수는 달라지지 않지만 전자 수가 증가하여 전자 간 반발력이 증가하고 유효 핵전하가 감소하므로 원자보다 반지름이 커진다.

오답넘기 • ㄷ. 원자가 양이온이 될 때는 전자가 들어 있는 전자껍질 수가 줄어들고, 음이온이 될 때는 전자 사이의 반발력이 증가한다. 따라서 같은 주기에 속한 원소에서 양이온 반지름은 음이온 반지름보다 작다. ㉔ ③

02

알짜풀이 • 같은 주기에 속하는 원소들은 전자가 들어 있는 전자껍질 수가 같고, 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름이 작아진다.

㉔ ⑤

03 | 자료 분석하기 |

(가) Li, Na, K : 같은 1족 원소이다.

→ 같은 족에서 이온화 에너지는 원자 번호가 증가할수록 감소한다.

(나) N, O, F : 같은 2주기 원소이다.

→ 같은 주기에서 이온화 에너지는 원자 번호가 증가할수록 대체로 커지는 경향이 있으나, N의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$, O의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 로, O는 $2p$ 오비탈에서 쌍을 이룬 전자 간의 반발력에 의해 N보다 전자 1개를 떼어 내기가 더 쉽다. 따라서 이온화 에너지는 $N > O$ 이다.

알짜풀이 • (가) 이온화 에너지는 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 작다. 따라서 1족 원소에서 이온화 에너지는 $Li > Na > K$ 이다.

(나) 같은 주기에서는 원자 번호가 증가함에 따라 이온화 에너지가 대체로 증가하는 경향이 있지만, 15족인 N의 이온화 에너지는 16족인 O의 이온화 에너지보다 크다. 따라서 이온화 에너지는 $F > N > O$ 이다. ㉔ ②

04

알짜풀이 • X의 순차적 이온화 에너지의 변화를 보면 제3 이온화 에너지보다 제4 이온화 에너지가 급격히 증가하므로($E_3 \ll E_4$), 원자가 전자 수는 3이다. 따라서 원소 X는 13족 원소이다. ㉔ 3, 13족

05

알짜풀이 • X는 13족 원소이므로 +3가의 양이온을 형성하고, 산소는 -2가의 음이온을 형성하므로 산화물의 화학식은 X_2O_3 이다. ㉔ X_2O_3

06

알짜풀이 • ④ Na이 Na^+ 으로 될 때에는 전자껍질 수가 1개 줄어들므로 Na^+ 이 Cl^- 보다 전자껍질 수가 1개 적다. 따라서 안정한 이온의 반지름은 Cl가 Na보다 크다.

오답넘기 • ① 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름은 Na이 Cl보다 크다.

② 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 이온화 에너지는 대체로 증가하는 경향을 나타낸다. 같은 주기 17족 원소의 이온화 에너지는 1족 원소보다 크므로 이온화 에너지는 Cl가 Na보다 크다.

③ 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도가 증가하므로 전기 음성도는 Cl가 Na보다 크다.

⑤ 원자가 전자 수가 1인 Na는 제1 이온화 에너지보다 제2 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 제1 이온화 에너지는 Na가 Cl보다 크다. ㉡ ④

07

알짜풀이 ● 2주기 원소의 경우 원자 번호가 1 증가함에 따라 전기 음성도가 0.5씩 증가한다. 전기 음성도가 $A < B < C < D$ 이므로 원자 번호도 $A < B < C < D$ 이다. ㉡ A-B-C-D

08

알짜풀이 ● 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 감소한다. 따라서 원자 반지름은 $D < C < B < A$ 이다. ㉡ D-C-B-A

09

알짜풀이 ● ㄱ. Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} 은 등전자 이온으로, 등전자 이온의 반지름은 원자 번호(핵전하)가 증가할수록 작아지므로 $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ 이다.

ㄴ. O^{2-} , S^{2-} 은 같은 16족 원소의 안정한 음이온으로 원자 번호가 큰 쪽이 전자껍질 수가 많아 이온 반지름이 크다.

오답نب기 ● ㄷ. Na^+ 과 O^{2-} 은 등전자 이온으로, 등전자 이온의 반지름은 원자 번호(핵전하)가 증가할수록 작아지므로 이온 반지름은 $\text{O}^{2-} > \text{Na}^+$ 이다. ㉡ ③

10

알짜풀이 ● ㄴ. 이온화 에너지는 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 감소한다. 따라서 이온화 에너지는 마그네슘이 칼슘보다 크다.

ㄷ. 전기 음성도는 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 감소한다. 따라서 전기 음성도는 마그네슘이 칼슘보다 크다.

오답نب기 ● ㄱ. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 커진다. 따라서 원자 반지름은 칼슘이 마그네슘보다 크다. ㉡ ④

11

알짜풀이 ● (가) 같은 주기에서 원자 번호가 1씩 증가함에 따라 원자가 전자 수도 1개씩 증가한다.

(나) 같은 주기에서 원자 번호가 증가함에 따라 유효 핵전하가 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 증가하므로 원자 반지름은 작아진다. ㉡ ④

12

알짜풀이 ● ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름은 작아지므로 원자 반지름은 $A > B$ 이다.

ㄴ. B와 C의 이온인 B^- 와 C^+ 는 전자 수가 10인 등전자 이온이다. C가 B보다 원자 번호(핵전하)가 크므로 이온 반지름은 $\text{B}^- > \text{C}^+$ 이다.

우공비 BOX

● 필수 자료 ●

이온 반지름

- 같은 주기 양이온은 음이온보다 반지름이 작아요.
- 같은 주기의 양이온 또는 음이온끼리는 원자 번호가 증가할수록 이온 반지름이 작아져요.
- 등전자 이온은 원자 번호가 증가할수록 이온 반지름이 작아져요.

쉽게쉽게

$E_n \ll E_{n+1}$ 이면 원자가 전자 수는 n 개예요.

● 보충 설명 ●

원자가 전자 수가 2인 C는 전자 2개를 잃고 +2가의 안정한 양이온을, 원자가 전자 수가 3인 D는 전자 3개를 잃고 +3가의 안정한 양이온을 형성해요.

ㄷ. 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 이온화 에너지가 감소하므로 이온화 에너지는 $B > D$ 이다. ㉡ ⑤

13

알짜풀이 ● ㄱ. 원자 반지름은 같은 주기의 원소에서 원자 번호가 증가할수록 작아지므로 $B > C$ 이다.

ㄷ. A와 B^+ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 로 같으므로 A와 B^+ 에서 전자 1개를 떼어 낼 때 필요한 에너지는 핵전하가 큰 B^+ 에서 더 크다.

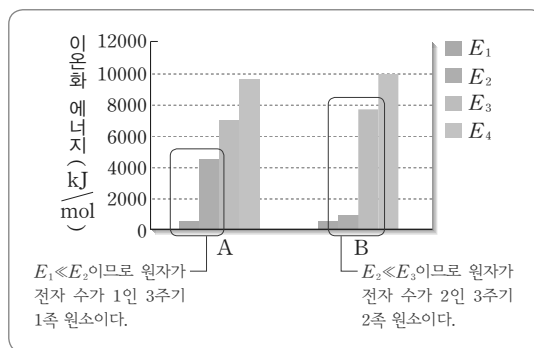
오답نب기 ● ㄴ. D와 E의 안정한 이온인 D^{2-} 과 E^- 은 전자 수가 18로 같은 등전자 이온인데, 원자 번호는 $D < E$ 이므로 이온 반지름은 $\text{D}^{2-} > \text{E}^-$ 이다. ㉡ ③

14

모범답안 ● Be^{2+} 은 He과 같은 전자 배치를 가지고, O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} 은 Ne과 같은 전자 배치를 가지고, S^{2-} 은 Ar과 같은 전자 배치를 가진다. 등전자 이온의 반지름은 원자 번호가 증가할수록 작으므로 $\text{O}^{2-} > \text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ 이다. 따라서 이온 반지름의 크기는 $\text{S}^{2-} > \text{O}^{2-} > \text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Be}^{2+}$ 이다.

채점 기준	배점
① 이온 반지름의 크기를 바르게 비교하고, 이유를 바르게 설명한 경우	100 %
② 이유만 바르게 설명한 경우	60 %
③ 이온 반지름의 크기만 바르게 비교한 경우	30 %

15 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄴ. 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 A가 1이고, B가 0이다.

오답نب기 ● ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 1이고, B는 2이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 증가한다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B가 A보다 크다. ㉡ ②

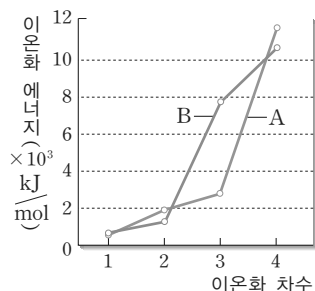
16

알짜풀이 ● ㄱ. 순차적 이온화 에너지의 변화로 보아 A, C는 2족 원소, B는 1족 원소, D는 13족 원소이다. 이온화 에너지가 $A > C$ 이므로 A는 2주기, C는 3주기 원소이다.

ㄴ. A는 2족 원소이므로 A의 원자가 전자 수는 2, 홀전자 수는 0이며, B는 1족 원소이므로 B의 원자가 전자 수는 1, 홀전자 수는 1이다.

ㄷ. 안정한 이온은 C가 +2가이고, D는 +3가이다. 따라서 기체 상태의 원자로부터 안정한 이온이 되는 데 필요한 에너지는 C의 경우 $738+1451=2189$ (kJ/mol)이고, D의 경우 $578+1817+2745=5140$ (kJ/mol)이다. ㉮ ⑤

17 | 자료 분석하기 |



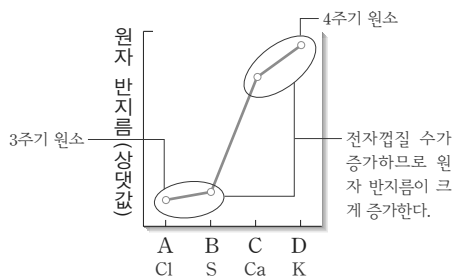
- A : 제4 이온화 에너지가 급격히 증가하므로($E_3 \ll E_4$) 원자가 전자 수가 3인 3주기 13족 원소이다.
- B : 제3 이온화 에너지가 급격히 증가하므로($E_2 \ll E_3$) 원자가 전자 수가 2인 3주기 2족 원소이다.

알짜풀이 ● ㄱ. B는 원자가 전자 수가 2인 2족 원소이다. 따라서 B의 안정한 이온은 B^{2+} 이고, 산화 이온은 O^{2-} 이므로 B의 산화물의 화학식은 BO 이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 A가 3, B가 2이므로 $A > B$ 이다.

ㄷ. A^{3+} 과 B^{2+} 은 등전자 이온이므로, 이온 반지름은 원자 번호가 더 작은 B^{2+} 이 A^{3+} 보다 크다. ㉮ ⑤

18 | 자료 분석하기 |



- S과 Cl은 3주기 16, 17족 원소이고, 원자 번호는 $S < Cl$ 이므로 원자 반지름은 $S > Cl$ 이다.
- K과 Ca은 4주기 1, 2족 원소이고, 원자 번호는 $K < Ca$ 이므로 원자 반지름은 $K > Ca$ 이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 주기율표에서 오른쪽 위에 있는 원소일수록 전기 음성도가 크므로 주어진 원소 중에서 전기 음성도가 가장 큰 원소는 A(Cl)이다.

오답넘기 ● ㄴ. B의 안정한 이온은 $B^{2-}(S^{2-})$ 이고, C의 안정한 이온은 $C^{2+}(Ca^{2+})$ 으로 두 이온은 Ar의 전자 배치를 가지는 등전자 이온이다. 등전자 이온의 반지름은 원자 번호가 증가할수록 작아지므로 안정한 이온의 반지름은 C 이온이 B 이온보다 작다.

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커진다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 C(Ca)가 D(K)보다 크다. ㉮ ①

우공비 BOX

쉽게쉽게

이온 반지름 < 10이면 양이온을 형성하는 금속 원소이고, 이온 반지름 > 10이면 음이온을 형성하는 비금속 원소 예요.

비법 특강

● 본책 106~107쪽

1 ③ 2 ③ 3 ③ 4 ④

1

알짜풀이 ● ㄱ. A와 D는 원자가 전자 수가 1로 같다.

ㄴ. B와 C는 전자가 들어 있는 전자껍질 수가 2로 같다.

오답넘기 ● ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 E가 D보다 크다. ㉮ ③

2 | 자료 분석하기 |

원소	A	B	C	D
유효 핵전하	2.5	3.3	4.8	5.5
이온 반지름	0.53	0.41	1.93	1.79
원자 반지름				

- 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하므로 원자 번호는 $A < B < C < D$ 이다.
- A와 B는 이온 반지름 < 원자 반지름이므로 금속 원소이다.
- C와 D는 이온 반지름 > 원자 반지름이므로 비금속 원소이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 원자 번호는 A가 가장 작다.

ㄴ. Ar과 같은 전자 배치의 C와 D 이온이 Ne과 같은 전자 배치의 A와 B 이온보다 반지름이 크다. 등전자 이온에서 원자 번호가 증가할수록 이온 반지름이 작아지므로 이온 반지름은 C 이온 > D 이온 > A 이온 > B 이온이다.

오답넘기 ● ㄷ. B 이온은 Ne과 같은 전자 배치이고, C 이온은 Ar과 같은 전자 배치이다. ㉮ ③

3

알짜풀이 ● 원자가 전자 수가 A는 3, B는 1, C는 2이므로 A는 13족, B는 1족, C는 2족 원소이다.

ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 가장 많다.

ㄴ. 제1 이온화 에너지는 같은 주기일 때 2족 원소가 13족 원소보다 크므로 C가 A보다 크다.

오답넘기 ● ㄷ. B의 전자 배치는 $K(2)L(8)M(1)$ 로 B의 제2 이온화 에너지는 L 전자껍질에서 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지이다. ㉮ ③

4 | 자료 분석하기 |



- 같은 2주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도가 증가하므로 원자 번호는 $A < B < C < D$ 이다.
- 원자 번호가 큰 C의 이온이 B의 이온보다 이온 반지름이 크므로 B의 이온은 양이온이고, C의 이온은 음이온이다.

보충 설명

원자핵 주위에 존재하는 전자 수가 같을 때 원자핵의 (+)전하가 큰 입자일수록 원자핵이 전자를 강하게 끌어당겨 입자 반지름이 작아져요.

알짜풀이 ● ④ C의 이온과 D의 이온은 Ne과 같은 전자 배치를 가지는 음이온이다. 등전자 이온의 이온 반지름은 원자 번호가 증가할수록 작아지며, 원자 번호가 $D > C$ 이므로 이온의 반지름은 C의 이온 $>$ D의 이온이다.

오답넘기 ● ① A는 양이온을 형성하는 2주기 금속 원소로 안정한 이온은 He과 같은 전자 배치를 가진다.

② 양이온을 형성하는 B는 금속 원소이다.

③ 전기 음성도가 $D > C$ 이므로 C와 D 사이의 공유 전자쌍은 D 원자 쪽으로 치우친다.

⑤ 2주기 원소 중 바닥상태에서 홀전자가 없는 것은 Be과 Ne뿐인데, D는 음이온을 형성하는 비금속 원소이므로 바닥상태 전자 배치에서 홀전자가 있다. **답 ④**

수능 문제

실력 군하기

● 본책 108~111쪽

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

01

알짜풀이 ● 나. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다. C와 D는 같은 3주기 원소로 원자 번호가 $D > C$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하도 $D > C$ 이다.

다. B는 원자가 전자 수가 6인 16족 원소로 옥텟 규칙을 만족하는 안정한 이온이 될 때 전자 2개를 얻어 B^{2-} 이 된다.

오답넘기 ● 가. A와 C의 원자가 전자 수는 1로 같다. **답 ④**

02

알짜풀이 ● 가. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름은 작아진다. A와 B는 같은 2주기 원소이며, 원자 번호가 $B > A$ 이므로 원자 반지름은 $A > B$ 이다.

오답넘기 ● 나. A의 안정한 이온의 전자 배치는 K(2)이므로 원자 번호 2인 He의 전자 배치와 같다. C의 전자 배치는 K(2)L(8)이므로 Ne의 전자 배치이다.

다. B^{2-} 과 D^{+} 은 등전자 이온으로, 원자 번호(핵전하)가 작은 B^{2-} 의 이온 반지름이 더 크다. **답 ①**

03

알짜풀이 ● 가. A와 C는 서로 다른 주기이며, C의 주기가 더 크고 1족이므로 원자 반지름은 $C > A$ 이다.

나. 등전자 이온의 이온 반지름은 원자 번호(핵전하)가 증가할수록 작아진다. B^{-} 과 C^{+} 은 등전자 이온이며 원자 번호가 $C > B$ 이므로 이온 반지름은 $B^{-} > C^{+}$ 이다.

다. A, B는 2주기 비금속 원소, C, D는 3주기 금속 원소로 안정한 이온의 전자 수는 10으로 같다. **답 ⑤**

우공비 BOX

필수 자료

- 이온 반지름 $<$ 원자 반지름
: 양이온 \Rightarrow 금속 원소
- 이온 반지름 $>$ 원자 반지름
: 음이온 \Rightarrow 비금속 원소

조심조심

O는 2p 오비탈에 쌍을 이루어 배치된 전자 사이에 반발력이 작용하여 에너지가 높아지므로 N보다 전자를 떼어 내기가 더 쉬워요. 따라서 이온화 에너지는 O가 N보다 작아요.

쉽게쉽게

원자 반지름은 주기율표에서 왼쪽 아래에 위치한 원소일수록 커져요.

04

알짜풀이 ● 가. 같은 주기에서 전기 음성도는 17족 원소가 1족 원소보다 크므로 (가)는 17족 원소이고, (나)는 1족 원소이다.

나. B는 3주기 17족 원소이고, C는 3주기 1족 원소이다. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $B > C$ 이다.

다. A는 2주기 17족, C는 3주기 1족 원소로, 안정한 이온의 전자 배치는 네온(Ne) 원자의 전자 배치와 같다. **답 ⑤**

05

알짜풀이 ● 이온 반지름이 원자 반지름보다 작은 A와 B는 금속 원소이고, 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 C와 D는 비금속 원소이다.

가. 같은 주기에서 이온화 에너지는 비금속 원소가 금속 원소보다 크므로 이온화 에너지는 $C > A$ 이다.

오답넘기 ● 나. A와 B는 금속 양이온을 형성하는데, 원자 번호가 $B > A$ 이므로 이온의 전하량은 $B > A$ 이다.

다. B는 금속 원소, D는 비금속 원소이므로 전기 전도성은 $B > D$ 이다. **답 ①**

06

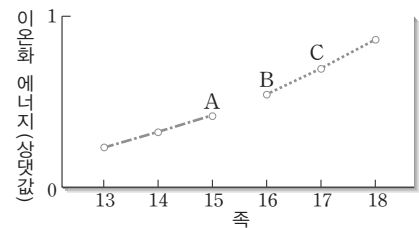
알짜풀이 ● 이온 반지름이 원자 반지름보다 작은 A와 B는 금속 원소이고, 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 C와 D는 비금속 원소이다. 금속 원소 A와 B 중 원자 반지름이 큰 A는 Na이고, 작은 B는 Li이다. 비금속 원소 C와 D 중 원자 반지름이 큰 C가 Cl이고, 작은 D가 F이다.

가. 금속 원소 A와 B 중 원자 반지름이 작은 B는 Li이다.

다. A의 이온인 Na^{+} 과 D의 이온인 F^{-} 은 전자 수가 10으로, Ne과 같은 전자 배치의 등전자 이온이다.

오답넘기 ● 나. 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 이온화 에너지가 대체로 증가하며, 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 이온화 에너지가 감소한다. 따라서 2주기 17족 원소인 D(F)의 이온화 에너지가 가장 크다. **답 ④**

07 | 자료 분석하기 |



같은 주기에서 16족 원소는 15족 원소보다 이온화 에너지가 작다. 16족 원소인 B의 이온화 에너지가 15족 원소인 A의 이온화 에너지보다 크다는 사실로부터 B는 2주기 16족 원소이고, A는 3주기 15족 원소임을 알 수 있다.

알짜풀이 ● 다. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름은 작아진다. B와 C는 같은 주기 원소이고, C가 B보다 원자 번호가 크므로 원자 반지름은 $B > C$ 이다.

오답넘기 ● ㄱ. A는 3주기 15족 원소인 인(P)이다.

ㄴ. B는 2주기 16족 원소인 산소(O)로, 2주기 15족 원소인 질소(N)보다 이온화 에너지가 작다. ㉔ ③

08

알짜풀이 ● C는 제2 이온화 에너지가 제1 이온화 에너지보다 급격하게 커지므로 3주기 1족 원소이다. 따라서 A는 2주기 17족, B는 2주기 18족, D는 3주기 2족 원소이다.

ㄱ. A의 이온과 D의 이온은 등전자 이온이고, A의 원자 번호가 D보다 작으므로 이온 반지름은 A의 이온이 더 크다.

ㄴ. B는 제1 이온화 에너지가 가장 크므로 2주기 비활성 기체이다.

ㄷ. C는 3주기 1족 원소이므로 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다. 따라서 제2 이온화 에너지는 $2p$ 오비탈에서 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지이다. ㉔ ⑤

09

알짜풀이 ● 바닥상태 전자 배치의 홀전자 수는 Li 1, C 2, O 2, F 1이다. 바닥상태 전자 배치의 홀전자 수가 (가)=(나)이고, 원자가 전자 수가 (다)>(가)>(나)이므로 (다)는 F, (가)는 O, (나)는 C이다. 제1 이온화 에너지가 (마)>(가)이므로 (마)는 N이고, 남은 (라)는 Li이다.

ㄴ. (라)는 Li로 원자가 전자 수가 1이므로 제1 이온화 에너지보다 제2 이온화 에너지가 급격히 증가한다. 따라서 제2 이온화 에너지는 (라)>(다)이다. 제1 이온화 에너지

ㄷ. 등전자 이온의 반지름은 원자 번호가 증가할수록 작아진다. 따라서 O인 (가)와 N인 (마) 중에서 Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 (마)>(가)이다.

오답넘기 ● ㄱ. (나)는 C이다. ㉔ ⑤

10

알짜풀이 ● ㄱ. 같은 3주기 원소의 전기 음성도는 원자 번호가 증가할수록 증가하므로 전기 음성도는 (나)>(가)이다.

ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다. 따라서 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $b > a$ 이다.

ㄷ. 안쪽 전자껍질에 있는 전자에 의한 **가려막기 효과**가 같은 전자껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과보다 크므로 b 에 영향을 주는 가려막기 효과는 $d > c$ 이다. ㉔ ⑤

11

알짜풀이 ● 순차적 이온화 에너지의 변화로부터 A는 2족, B는 17족 원소임을 알 수 있다.

ㄱ. 원자 번호가 $B > A$ 이므로 원자 반지름은 $A > B$ 이다.

ㄴ. 2족 금속 원소인 A와 17족 비금속 원소인 B로 이루어진 화합물의 화학식은 AB_2 이다.

오답넘기 ● ㄷ. A의 안정한 이온 A^{2+} 의 전자 배치는 Ne과 같고, B의 안정한 이온 B^- 의 전자 배치는 Ar과 같다. 따라서 안정한 이온의 반지름은 B의 이온 $>$ A의 이온이다. ㉔ ③

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

A에서 $E_1 \sim E_5$ 까지는 가장 바깥 전자껍질의 원자가 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지이고, E_6 는 안쪽 전자껍질의 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지예요. 따라서 E_6 이 E_5 보다 급격하게 증가해요.

● 조심조심 ●

(가)를 F, (나)를 Li로 하면 원자가 전자 수가 F보다 많은 (다)가 존재해야 하는데, F보다 원자가 전자 수가 많은 원자는 존재하지 않으므로 (가)는 O, (나)는 C가 되는 것이예요.

● 용어 알기 ●

가려막기 효과

전자가 2개 이상인 다전자 원자에서는 다른 전자들이 원자핵의 (+)전하를 가림으로써 전자가 실제 느끼는 핵전하의 크기가 감소하게 되는데, 이를 가려막기 효과라고 해요.

● 쉽게쉽게 ●

전기 음성도의 주기적 경향성
주기율표에서 오른쪽 위로 갈수록, 즉 주기가 작은 비금속 원소일수록 전기 음성도가 커지고, 왼쪽 아래로 갈수록, 즉 주기가 큰 금속 원소일수록 전기 음성도가 작아져요.

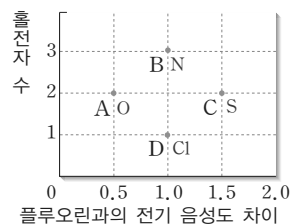
12

알짜풀이 ● ㄱ. A는 제6 이온화 에너지가 급격히 증가하므로($E_5 \ll E_6$), A의 원자가 전자 수는 5이다. B는 제7 이온화 에너지가 급격히 증가하므로($E_6 \ll E_7$), B의 원자가 전자 수는 6이다.

ㄴ. 바닥상태 전자 배치는 A가 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이고, B가 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이다. 따라서 A의 홀전자 수는 3이고, B의 홀전자 수는 2이다.

오답넘기 ● ㄷ. 기체 상태의 원자 B에서 전자 2개를 떼어 내는 데 필요한 에너지는 $E_1 + E_2 = (1.3 + 3.4) \times 10^3 = 4.7 \times 10^3$ (kJ/mol)이다. ㉔ ③

13 | 자료 분석하기 |



• 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수가 3인 B는 질소(N), 1인 D는 염소(Cl)이고, 2인 A와 C는 각각 산소(O)와 황(S) 중 하나이다.

• 플루오린은 전기 음성도가 가장 큰 원소이므로 어떤 원소와 플루오린과의 전기 음성도 차이가 클수록 그 원소의 전기 음성도가 작은 것이다. 산소와 황은 모두 16족이며, 같은 족에서는 주기가 클수록 전기 음성도가 작으므로 전기 음성도가 더 큰 A가 산소(O), C가 황(S)이다.

알짜풀이 ● ㄷ. C와 D는 각각 S, Cl로 모두 3주기 원소이다.

오답넘기 ● ㄱ. 같은 주기에서 15족 원소의 이온화 에너지가 16족 원소의 이온화 에너지보다 더 크다. 따라서 이온화 에너지는 B(N)가 A(O)보다 크다.

ㄴ. A와 C는 각각 O, S로 같은 족 원소이며, 3주기 원소인 C가 원자 반지름이 더 크다. ㉔ ②

14

알짜풀이 ● A와 B는 3주기 금속 원소이고, C와 D는 2주기 비금속 원소이다. 전기 음성도 차이로부터 전기 음성도는 $C > D > B > A$ 임을 알 수 있다.

ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도가 증가한다. 따라서 2주기 원소인 C, D의 전기 음성도가 $C > D$ 이므로 원자 번호도 $C > D$ 이다.

ㄴ. C의 전기 음성도가 A보다는 3.1만큼 크고, B보다는 2.8만큼 크므로 B의 전기 음성도는 A보다 0.3만큼 크다. D의 전기 음성도가 A보다 2.6만큼 크므로 B보다는 2.3만큼 크다.

오답넘기 ● ㄷ. 같은 3주기 원소인 A, B에서 전기 음성도가 $B > A$ 이므로 원자 번호도 $B > A$ 이다. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름은 작아지므로 원자 반지름은 $A > B$ 이다. ㉔ ③

15 | 자료 분석하기 |

원소	A	B	C	D
유효 핵전하	2.5	3.3	4.8	5.5
이온 반지름	(가)	0.41	1.93	(나)
원자 반지름				

- 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하므로 원자 번호는 $A < B < C < D$ 이다.
- B는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이므로 양이온이 되는 금속 원소이고, C는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 이므로 음이온이 되는 비금속 원소이다.
- B보다 원자 번호가 작은 A는 금속 원소, C보다 원자 번호가 큰 D는 비금속 원소이다.

알짜풀이 • ㄱ. A는 금속 원소로 양이온을 형성하므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 이 1보다 작고, D는 비금속 원소로 음이온을

형성하므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 이 1보다 크다. 따라서 (가)는 (나)보다 작은 값이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도가 증가한다. A~D는 같은 3주기 원소로, 원자 번호가 가장 작은 A의 전기 음성도가 가장 작다.

오답범기 • ㄴ. A의 이온과 B의 이온은 Ne과 같은 전자 배치를, C의 이온과 D의 이온은 Ar과 같은 전자 배치를 가진다. 등전자 이온인 C의 이온과 D의 이온 중 원자 번호가 작은 C의 이온의 이온 반지름이 더 크다. ㉔ ③

16 | 자료 분석하기 |

전기 음성도 차				
$ a-c $	$ a-e $	$ b-c $	$ b-d $	$ d-e $
1.0	0.5	2.8	0.3	2.6

- 주어진 원소에서 금속은 Na, Mg이고, 비금속은 N, O, F이다.
- $|b-c|$, $|d-e|$ 는 상대적으로 큰 값을 갖고, $|a-c|$, $|a-e|$, $|b-d|$ 는 상대적으로 작은 값을 가진다.
 ➔ $|b-c|$, $|d-e|$ 는 금속과 비금속의 전기 음성도 차이이고, $|a-c|$, $|a-e|$, $|b-d|$ 는 금속과 금속 또는 비금속과 비금속의 전기 음성도 차이이다.
- A, C, E가 같은 종류이고, B, D가 같은 종류이므로, A, C, E는 각각 비금속인 N, O, F 중 하나이고, B와 D는 금속인 Na와 Mg 중 하나이다.

알짜풀이 • 주어진 원소를 전기 음성도의 크기 순으로 나열하면 $F > O > N > Mg > Na$ 이다. F의 전기 음성도가 4.0이고, F와 O의 전기 음성도 차이가 0.5이므로 O의 전기 음성도는 3.5이다.

$|a-c| > |a-e|$ 이므로 A와 C는 주어진 비금속 원소 중 전기 음성도가 가장 큰 F과 가장 작은 N 중 하나이고, E는 전기 음성도가 중간에 해당하는 O이다.

한편, $|b-d| = 0.3$ 이므로 Mg와 Na의 전기 음성도 차는 0.3이다.

우공비 BOX

보충 설명

같은 주기에서 금속과 금속, 비금속과 비금속 사이의 전기 음성도 차이보다 금속과 비금속 사이의 전기 음성도 차이가 더 커요.

쉽게 쉽게

2주기 원소의 경우 원자 번호가 1씩 커질 때마다 전기 음성도가 0.5씩 증가하는 경향이 있다는 점을 기억하고 있으면 문제를 좀더 쉽게 해결할 수 있어요.

용어 알기

음극선

진공관에 고전압의 전류를 흘려 방전시킬 때 음극에서 나오는 선이예요. 톰슨의 음극선 실험을 통해 음극선이 전자의 흐름이라는 것이 밝혀졌어요.

또한 $|d-e| = e-d = 2.6$ 이고 $e = 3.5$ 이므로 $d = 0.9$ 이다. B가 Mg, D가 Na라면 $b = 1.2$ 이고, $|b-c| = c-b = 2.8$ 이므로 $c = 4.0$ 이어서 C가 F, A가 N이 된다.

반면 B가 Na, D가 Mg라면 $b = 0.6$ 이고, $|b-c| = c-b = 2.8$ 이므로 $c = 3.4$ 가 되는데, 이 경우 $|a-c| = 1.0$ 의 조건에 맞지 않으므로 틀린 가정이 된다.

따라서 정리하면 A는 N, B는 Mg, C는 F, D는 Na, E는 O이다.

ㄴ. B(Mg)와 E(O)는 1:1로 결합하여 안정한 화합물인 BE(MgO)를 형성한다.

오답범기 • ㄱ. N의 전기 음성도는 a 이다.

ㄷ. 등전자 이온의 반지름은 원자 번호가 증가할수록 작아진다. 따라서 Ne의 바닥상태 전자 배치를 갖는 이온 중 이온 반지름이 가장 작은 원소는 B(Mg)이다. ㉔ ②

대단원
마무리

핵심 요약 노트

● 본책 112~113쪽

- ① α 입자 산란 실험 ② 원자핵 ③ 동위 원소 ④ 강한 핵력 ⑤ 증가 ⑥ 핵융합 ⑦ 철 ⑧ 전자껍질 ⑨ $2n^2$ ⑩ $4s$ ⑪ $3d$ ⑫ 훈트 규칙 ⑬ 원자가 전자 수 ⑭ 주기 ⑮ 감소 ⑯ 감소 ⑰ 전기 음성도

대단원
마무리

단원 평가 문제

● 본책 114~119쪽

- 01 ③ 02 ③ 03 ② 04 ② 05 ③ 06 ⑤ 07 ⑤
08 ③ 09 ③ 10 ② 11 ⑤ 12 ① 13 ③ 14 ③
15 ② 16 ① 17 ④ 18 ① 19 ⑤ 20 ⑤ 21 ⑤
22 ④ 23 ④ 24 실험 I : 전자, 실험 II : 원자핵
25 $a=x, b \neq y$ 26 해설 참조 27 (1) (가) 14 (나) 8 (다) 9 (라) 23 (2) D 28 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이 29 해설 참조 30 A-(나), B-(가), C-(다), D-(라) 31 D

01

알짜풀이 • ㄱ. 원자핵은 원자의 중심에 위치하며 (+)전하를 띤다.

ㄴ. 톰슨의 음극선 실험을 통해 전자가 발견되었다.

오답범기 • ㄷ. 중성자는 채드윅이 베릴륨 원자핵에 α 입자를 충돌시키는 실험에서 발견하였다. ㉔ ③

02

알짜풀이 • ㄱ. 대부분의 α 입자가 금박을 그대로 통과하고, 극히 일부분의 α 입자만 휘어지거나 튕겨 나왔으므로 원자핵은 원자에 비해 크기가 매우 작고, 밀도가 크다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 금박에서 (+)전하를 띤 α 입자가 크게 휘어지거나 튕겨 나오는 것은 원자핵이 (+)전하를 띤기 때문이다.

오답탐기 ● α . 원자핵 주위의 특정한 궤도 위에서 전자가 원운동한다는 것은 보어의 주장으로, 러더퍼드의 실험 결과로 추론할 수 있는 사실이 아니다. ㉓ ③

03

알짜풀이 ● α . B의 중성자 수는 (질량수 - 양성자 수) = $20 - 9 = 11$ 이므로 중성자 수가 10인 C보다 많다.

오답탐기 ● γ . A는 양성자 수보다 전자 수가 많으므로 (-) 전하를 띤 음이온이다.

α . C와 D는 양성자 수가 다르므로 서로 다른 종류의 원소이다. 따라서 C와 D의 원자는 화학적 성질이 서로 다르다. ㉓ ②

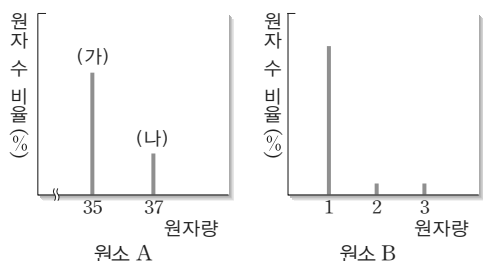
04

알짜풀이 ● α . 별 내부에서 핵융합 반응을 통해 생성되는 원소 중 가장 무거운 원소는 철이다.

오답탐기 ● γ . 무거운 원소가 생성될 때 원자핵의 질량과 전하량은 증가한다.

α . 헬륨 핵융합을 통해 탄소가 생성되는 반응의 핵반응식은 $3^2_2\text{He} \rightarrow ^{12}_6\text{C}$ 이다. ㉓ ②

05 | 자료 분석하기 |



원소 A는 질량수가 35, 37인 것이 있으며 존재 비율은 ^{35}A 가 ^{37}A 보다 크다. 원소 B는 질량수가 1, 2, 3인 것이 있으며, ^1B 의 존재 비율이 다른 동위 원소에 비해 월등히 크다.

알짜풀이 ● γ . (가)와 (나)는 A의 동위 원소로 질량수가 큰 (나)의 중성자 수가 (가)보다 많다.

α . 분자량이 다른 A_2 에는 $^{35}\text{A}^{35}\text{A}$ (분자량 70), $^{35}\text{A}^{37}\text{A}$ (분자량 72), $^{37}\text{A}^{37}\text{A}$ (분자량 74)의 세 종류가 있다.

오답탐기 ● α . 원소 B에서 질량수가 1인 것이 2와 3인 것보다 존재 비율이 크므로 B의 평균 원자량은 2보다 작다. ㉓ ③

06

알짜풀이 ● 원자핵 속 양성자 수는 $\frac{3.2 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = 20$ 이다.

γ . 원자 번호는 양성자 수와 같으므로 20이다.

α . X는 +2가의 양이온이므로 전자 수는 $20 - 2 = 18$ 이다.

α . 중성자 수는 $41 - 20 = 21$ 이다. ㉓ ⑤

07

알짜풀이 ● γ . A는 $n=1 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이, C는 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이로, A에서 흡수되는 에너지와 C에서 방출되는 에너지의 크기는 같다.

우공비 BOX

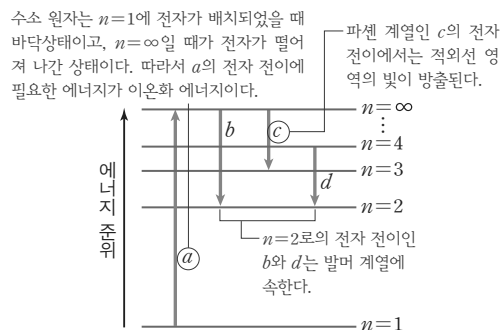
필수 자료

- 양성자 수
= 원자 번호
= 원자의 전자 수
- 질량수
= 양성자 수 + 중성자 수
= 원자 번호 + 중성자 수

α . $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이인 B에서 방출되는 빛은 가시광선 영역에 속한다.

α . $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이인 B에 해당하는 에너지의 크기는 $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이인 D와 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이인 C에 해당하는 에너지의 차이와 같다. ㉓ ⑤

08 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● γ . a는 바닥상태인 수소 원자의 전자가 떨어지거나 갈 때 필요한 에너지와 같으므로 이온화 에너지에 해당한다. 따라서 수소 원자가 a에 해당하는 에너지를 흡수하면 수소 이온이 된다.

α . 방출되는 빛의 에너지는 b가 d보다 크다. 파장은 에너지에 반비례하므로 방출되는 빛의 파장은 b가 d보다 짧다.

오답탐기 ● α . c에서 방출되는 빛의 에너지는

$$E_c = 0 - \left(-\frac{1312}{3^2} \right) = \frac{1312}{9} \text{ (kJ/mol)이다.}$$

d에서 방출되는 빛의 에너지는

$$E_d = -\frac{1312}{4^2} - \left(-\frac{1312}{2^2} \right) = \frac{3 \times 1312}{16} \text{ (kJ/mol)이다.}$$

따라서 방출되는 빛의 에너지는 d가 c보다 크다. ㉓ ③

09

알짜풀이 ● γ . (가)는 2s 오비탈로, 오비탈의 모양이 공 모양이므로 방향에 관계없이 원자핵으로부터의 거리가 같으면 전자가 발견될 확률이 같다.

α . 7N 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 로, 2p 오비탈에 전자가 모두 들어 있다.

오답탐기 ● α . 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주양자수에 의해서만 달라지므로 2s와 2p 오비탈의 에너지 준위는 같다. ㉓ ③

10

알짜풀이 ● α . 오비탈은 원자핵 주위에서 전자가 발견될 확률을 나타낸 것이다.

오답탐기 ● γ . 보어 모형에서는 전자가 원자핵 주위의 궤도를 원운동한다고 하였지만, 오비탈은 전자가 원운동하는 궤도가 아니며, 전자의 운동은 정확히 알 수 없어서 전자가 존재할 확률만 나타낸 것이다.

α . 확률 분포의 방향성에서 차이가 나는 오비탈은 모양이 서로 다르다. ㉓ ②

쉽게쉽게

c는 $n=3$ 으로 전이할 때이고, d는 $n=2$ 로 전이할 때이므로 d에서 방출되는 에너지가 c보다 더 커요.

조심조심

동위 원소의 조합에서 차이가 있는 A_2 분자를 $^a\text{A}^a\text{A}$, $^{a+2}\text{A}^a\text{A}$, $^{a+2}\text{A}^a\text{A}$ 의 네 종류라고 생각해서는 안돼요. $^a\text{A}^{a+2}\text{A}$ 와 $^{a+2}\text{A}^a\text{A}$ 는 같은 것이니까요.

조심조심

오비탈(orbital)
보어의 원자 모형에서 전자가 원운동하는 궤도(orbit)와는 전혀 다른 개념으로, 전자의 존재 확률 분포를 나타낸 것이에요.

11

알짜풀이 ● 황의 원자 번호가 16이므로 전자 수는 16이다. 따라서 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이다.

ㄱ, ㄴ. 바닥상태에서 가장 바깥 전자껍질에 있는 전자가 원자가 전자이므로 원자가 전자 수는 6이고, $3p^4$ 의 전자 배치는 $3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$ 이므로 홀전자 수는 2이다.

ㄷ. 황의 안정한 이온은 S^{2-} 으로, 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 이다. ㉔ ⑤

12

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 배치될 때 가능한 한 홀전자가 많도록 배치되어 있으므로 훈트 규칙을 만족한다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)는 바닥상태 전자 배치이고, (라)는 들뜬 상태 전자 배치이다.

ㄷ. (나)의 이온과 (다)의 이온은 전자 수가 10인 등전자 이온으로 원자 번호(핵전하량)가 큰 (다)의 이온의 반지름이 더 작다. ㉔ ①

13

알짜풀이 ● ③ B의 안정한 이온은 B^{2+} 이고, C의 안정한 이온은 C^- 이므로 B와 C로 이루어진 안정한 화합물의 화학식은 BC_2 이다.

오답نب기 ● ① A와 C의 원자가 전자 수는 7로 같다.

② B와 C는 같은 3주기 원소이다.

④ 안정한 이온이 되었을 때 A의 이온과 B의 이온의 전자 수는 10으로 같다.

⑤ A~C 중 이온 반지름이 원자 반지름보다 작은 것은 양이온을 형성하는 B이다. ㉔ ③

14

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 주어진 A~C의 전자 배치는 바닥상태가 아닌 들뜬상태 전자 배치이다. 전자 수가 A는 4, B는 7, C는 8이므로 모두 2주기 원소이며, 바닥상태 전자 배치는 A : K(2)L(2), B : K(2)L(5), C : K(2)L(6)이다.

오답نب기 ● ㄷ. 원자가 전자 수는 바닥상태에서 가장 바깥 전자껍질에 있는 전자 수이므로 A는 2, B는 5, C는 6이다. ㉔ ③

15

알짜풀이 ● 전자를 3개 잃어서 생긴 A^{3+} 의 전자 수가 10이므로 A 원자의 전자 수는 13이다. 따라서 A 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2 3p_x^1$ 이므로 홀전자 수는 1이며 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 7이다. 따라서 두 수를 합한 값은 $1+7=8$ 이다. ㉔ ②

16

알짜풀이 ● ㄴ. 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 C가 3, G는 1로 C가 G보다 많다.

C : $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$

G : $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 3p_z^1$

오답نب기 ● ㄱ. A는 수소로 금속인 B, F와 성질이 비슷하지 않다. ㉔ ①

우공비 BOX

쉽게쉽게

15족 원소의 홀전자 수

15족 원소의 경우 가장 바깥 전자껍질의 전자 배치가 $ns^2 np_x^1 np_y^1 np_z^1$ 이므로 홀전자 수는 3이다.

ㄷ. 고체 상태에서 전기가 통하는 금속 원소는 B와 F이고, 나머지 A, C, D, E, G는 비금속 원소이다. ㉔ ①

17

알짜풀이 ● ㄴ. 전자 배치가 C는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이고, E는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로 C와 E는 모두 3주기 원소이다.

ㄷ. C^{2+} , D^- , E^+ 는 전자가 10개씩인 등전자 이온이다. 원자 번호는 $C > E > D$ 이므로 이온 반지름은 $D^- > E^+ > C^{2+}$ 이다.

오답نب기 ● ㄱ. A는 18족 원소인 헬륨(He), B는 2족 원소인 베릴륨(Be)이므로 원자가 전자 수는 각각 0, 2이다. ㉔ ④

18

알짜풀이 ● 2주기에서 원자 번호에 따른 홀전자 수는 다음과 같이 변한다.

족	1	2	13	14	15	16	17
원소	${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1

ㄱ. 양성자 수 n 인 A의 홀전자 수가 0개이므로 A는 베릴륨(Be)이고 원자 번호, 즉 양성자 수는 4이다.

오답نب기 ● ㄴ. A는 2족이고, B는 13족이므로 제1 이온화 에너지는 A가 B보다 크다.

ㄷ. 바닥상태에서 D의 홀전자 수는 3인데, D^- 이 되면 2가 된다. 따라서 홀전자 수는 D^- 과 C가 같다. ㉔ ①

19

알짜풀이 ● 전기 음성도가 $\text{Na} < \text{Mg} < \text{O} < \text{F}$ 이므로 A는 Na, B는 Mg, C는 O, D는 F이다.

ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름은 $A(\text{Na}) > B(\text{Mg})$ 이다.

ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자의 유효 핵전하는 증가하므로 원자가 전자의 유효 핵전하는 $D(\text{F}) > C(\text{O})$ 이다.

ㄷ. A~D의 안정한 이온은 네온과 같은 전자 배치를 가지는 등전자 이온이므로 원자 번호가 가장 큰 B(Mg)의 이온이 반지름이 가장 작다. ㉔ ⑤

20

알짜풀이 ● ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 번호는 $A < B < C$ 이며, 양성자 수도 $A < B < C$ 이다.

ㄴ. B의 안정한 이온은 전자를 얻어 생성된 음이온으로 전자 간 반발력이 증가하기 때문에 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다.

ㄷ. A는 이온 반지름이 원자 반지름보다 작으므로 양이온을 형성하는 금속 원소이고, C는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크므로 음이온을 형성하는 비금속 원소이다. 같은 주기에서 비금속 원소가 금속 원소보다 이온화 에너지가 크므로 이온화 에너지는 $C > A$ 이다. ㉔ ⑤

조심조심

수소는 1족 원소이지만 비금속 원소로, 다른 1족의 알칼리 금속 원소와는 성질이 달라요.

21

알짜풀이 ● γ . Na^+ 과 Mg^{2+} 은 전자 수와 전자껍질 수가 같은데, 핵전하가 다르므로 원자핵과 전자 사이의 인력 차이가 생겨서 이온 반지름이 다르다.

ι . O^{2-} 과 S^{2-} 은 각각 2주기와 3주기 16족 원소의 이온으로, 전자껍질 수가 다르므로 이온 반지름이 다르다.

d . Cl 와 Cl^- 은 핵전하, 전자껍질 수 등이 같은데, 가장 바깥 전자껍질의 전자 수가 다르다. 따라서 전자 사이의 반발력 차이 때문에 입자의 반지름이 다르다. ㉡ ⑤

22 | 자료 분석하기 |

원소	순차적 이온화 에너지(E_n , kJ/mol)						
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
A	1011	1907	2914	4963	6273	21267	25431
B	1402	2856	4578	7475	9445	53267	64360
C	1314	3388	5300	7469	10989	13326	71330

● A와 B는 제6 이온화 에너지가 급격히 증가하므로($E_5 \ll E_6$), 원자가 전자 수가 5인 15족 원소이다.

● 제1 이온화 에너지는 $A < B$ 이므로 B는 2주기 15족인 질소(N)이고, A는 3주기 15족인 인(P)이다.

● C는 제7 이온화 에너지가 급격히 증가하므로($E_6 \ll E_7$), 원자가 전자 수가 6인 16족 원소인데, 같은 주기에서 16족 원소가 15족 원소보다 제1 이온화 에너지가 작으므로 C는 2주기 16족인 산소(O)이다.

알짜풀이 ● ι . A와 B의 원자가 전자 수는 5로 같다.

d . C는 산소(O)로, 안정한 이온인 O^{2-} 의 전자 수는 네온(Ne) 원자의 전자 수와 같다.

오답넘기 ● γ . A(P)는 3주기 원소이며, C(O)는 2주기 원소이다. ㉡ ④

23

알짜풀이 ● X는 제2 이온화 에너지가 급격히 커지므로 1족 원소이고, Y는 제4 이온화 에너지가 급격히 커지므로 13족 원소이다.

ι . 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 작아지므로 X의 원자 반지름은 Y보다 크다.

d . Y의 안정한 이온은 Y^{3+} 이므로 Y의 산화물의 화학식은 Y_2O_3 이다.

오답넘기 ● γ . 원자가 전자 수는 X가 1이고, Y가 3이므로 합은 4이다. ㉡ ④

24

알짜풀이 ● 실험 I은 음극선 실험으로, 이를 통해 전자가 발견됨에 따라 톰슨의 원자 모형이 제안되었다. 실험 II는 α 입자 산란 실험으로, 실험 결과 원자핵이 발견됨에 따라 러더퍼드의 원자 모형이 제안되었다.

㉡ 실험 I : 전자, 실험 II : 원자핵

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

Cl^- 은 Cl 가 전자를 얻어 형성되는데, 전자껍질 수와 핵전하량은 달라지지 않지만 전자 사이의 반발력이 커져서 이온 반지름이 원자 반지름보다 커져요.

● 쉽게 쉽게 ●

양이온은 전자 수가 양성자 수보다 적고, 음이온은 전자 수가 양성자 수보다 많아요.

25

알짜풀이 ● a , x 는 원자 번호, b , y 는 질량수, c , z 는 이온의 전하이다. 원자 번호가 같고($a=x$), 질량수가 다르면($b \neq y$) A와 B는 동위 원소이다. ㉡ $a=x$, $b \neq y$

26

알짜풀이 ● c 는 이온의 전하로, $c > 0$ 이면 양이온이다. 양이온은 전자 수가 양성자 수보다 적어 (+)전하를 띠는 이온이다.

○ **모범답안** ● $c > 0$ 이면 전자 수가 양성자 수보다 적은 양이온이므로 A의 전자 수가 a 보다 적어야 한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 전자 수가 적어야 한다고만 설명한 경우	50 %

27

(1) **알짜풀이** ● (가)는 $7+7=14$, (나)는 $16-8=8$ 이다. (다)는 $19-10=9$ 이며, (라)는 $11+12=23$ 이다.

㉡ (가) 14 (나) 8 (다) 9 (라) 23

(2) **알짜풀이** ● 양성자 수보다 전자 수가 적으면 (+)전하를 띠므로 D 한 가지이다.

오답넘기 ● A와 B는 전기적으로 중성인 원자이고, C는 (-)전하를 띤다. ㉡ D

28

알짜풀이 ● D는 가시광선 영역에서 파장이 가장 긴 것으로 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출된다.

㉡ $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이

29

알짜풀이 ● B선은 $n=5 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출되고, C선은 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출되므로 B와 C의 에너지 차이는 $n=5$ 와 $n=4$ 의 에너지 준위 차이와 같다.

모범답안 ● B와 C의 에너지 차이는 $n=5$ 와 $n=4$ 의 에너지 준위 차이와 같다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %

30

알짜풀이 ● 전자 배치에서 (가)~(다)는 2주기 원소로, (가)는 16족, (나)는 15족, (다)는 18족 원소이고, (라)는 3주기 1족 원소이다. 따라서 (라)는 이온화 에너지가 가장 작은 D이고, 이온화 에너지 크기는 (가) < (나) < (다)이므로, A는 (나), B는 (가), C는 (다)이다.

㉡ A-(나), B-(가), C-(다), D-(라)

31

알짜풀이 ● 제2 이온화 에너지가 가장 큰 것은 +1가 양이온의 전자 배치가 18족 비활성 기체의 전자 배치와 같은 D이다. ㉡ D

06 분자 구조의 다양성

14 ② 분자 구조의 다양성

개념 확인 문제

● 본책 123쪽

1 (1) ○ (2) × (3) × 2 다이아몬드 3 (1) 뉴클레오타이드 (2) ㉠ 인산(당) ㉡ 당(인산) (3) 수소 4 2중 나선 구조

1

(2) 풀러렌과 탄소 나노튜브는 **동소체** 관계이다. 동위 원소는 양성자 수가 같지만 중성자 수가 달라 질량수가 서로 다른 원소를 의미한다.

(3) 다이아몬드는 탄소 원자 1개가 다른 탄소 원자 4개와 결합하는 반면, 그래핀은 탄소 원자 1개가 다른 탄소 원자 3개와 결합하고 있다.

용어 알기

동소체

같은 원소로 이루어져 있거나 원자의 배열 구조가 달라 모양과 성질이 서로 다른 물질이다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 124~125쪽

기/본/문/제 01 ① 02 ⑤ 03 (다) 04 ② 05 ④

실/력/문/제 06 ⑤ 07 ④ 08 ④ 09 ③

01

알짜풀이 ● ㄱ. (나)는 탄소 원자(C)를 중심으로 다른 탄소 원자 4개가 결합한다.

오답نب기 ● ㄴ. (가)는 수소와 탄소, (나)는 탄소로만 이루어져 있으므로 동소체 관계가 아니다.

ㄷ. 서로 다른 원소로 이루어져 있으므로 완전 연소 생성물은 서로 다르다. ㉠ ①

02

알짜풀이 ● (가)는 다이아몬드, (나)는 흑연, (다)는 풀러렌(C_{60})이다.

⑤ (가)와 (다)는 입체 구조이지만, (나)는 평면 구조이다.

오답نب기 ● ① 다이아몬드는 탄소 원자 1개에 다른 탄소 원자 4개가 결합되어 있으므로 전기를 통하지 않는다.

②, ③ 흑연은 연필심의 재료이다. 흑연은 층과 층 사이에 약한 인력이 존재한다. ㉡ ⑤

03

알짜풀이 ● 풀러렌(C_{60})은 분자로 이루어진 물질이며, 내부 빈 공간이기 때문에 밀도가 작다. 또한 안정된 구조를 가지므로 높은 온도와 압력에 견딜 수 있다. ㉢ (다)

04

알짜풀이 ● ② 아데닌(A)은 티민(T)과 상보적 결합을 한다.

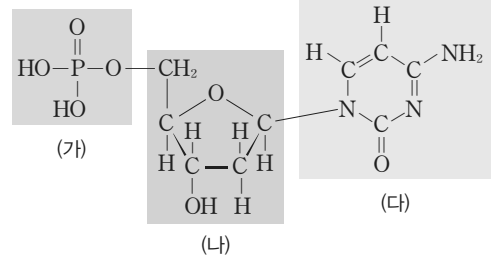
오답نب기 ● ① DNA의 기본 단위는 뉴클레오타이드이며, 인산-당-염기로 구성되어 있다.

③ 상보적인 염기쌍 사이에는 수소 결합을 형성한다.

④ 기본 단위에서 유전 정보를 가지고 있는 것은 염기이다.

⑤ 당과 인산 사이의 결합은 공유 결합으로 2중 나선 구조의 바깥쪽 골격을 형성하며, 안쪽의 염기쌍 사이의 수소 결합이 끊어지면서 유전 정보를 전달한다. ㉣ ②

05 | 자료 분석하기 |



• (가)는 인산, (나)는 당, (다)는 염기이다.

• (나)는 5탄당으로 디옥시리보스이다.

• (다)는 상보적인 염기와 수소 결합을 한다.

→ 아데닌(A)-티민(T)은 2개, 사이토신(C)-구아닌(G)은 3개의 수소 결합을 한다.

알짜풀이 ● ㄴ. DNA 2중 나선 구조에서 (다)는 수소 결합에 의해 상보적 염기와 쌍을 이룬다.

ㄷ. DNA 2중 나선 구조에서 (가)와 (나)는 바깥쪽 골격을 형성한다.

오답نب기 ● ㄱ. (나)는 5탄당인 디옥시리보스이다. ㉣ ④

● 보충 설명 ●

흑연의 전기 전도성

흑연을 구성하는 탄소 원자가 가지는 4개의 원자가 전자 중 3개는 공유 결합에 참여하고, 1개는 육각형 층상 구조 사이에서 자유롭게 움직일 수 있으므로 흑연은 전기 전도성이 있어요.

조심조심

(가)의 완전 연소 생성물은 CO_2 와 H_2O 이고, (나)의 완전 연소 생성물은 CO_2 예요.

06

알짜풀이 ● (가)는 흑연, (나)는 그래핀, (다)는 탄소 나노튜브이며, 이들은 탄소로 이루어진 동소체 관계이다.

ㄱ. (가)~(다)는 동소체이므로 완전 연소 생성물은 이산화탄소(CO_2)로 같다.

ㄴ. (가)~(다)는 모두 탄소 원자 1개가 다른 탄소 원자 3개와 결합하므로 전기 전도성이 나타난다.

ㄷ. (가)~(다) 모두 탄소 원자 1개에 결합하는 다른 탄소의 원자 수는 3개이다. ㉣ ⑤

07

알짜풀이 ● ㄴ. 풀러렌은 탄소 원자 60개로 이루어져 있으므로 1몰에 포함된 탄소 원자 수는 $60 \times 6.02 \times 10^{23}$ 이다.

ㄷ. 탄소 원자 1개가 다른 탄소 원자 3개와 공유 결합을 이룬다.

오답نب기 ● ㄱ. 풀러렌은 속이 빈 구조로 다이아몬드보다 밀도가 작다. ㉣ ④

08

알짜풀이 ● (가)는 포도당($C_6H_{12}O_6$)이고, (나)는 디옥시리보스($C_5H_{10}O_4$)이다.

ㄴ. (나)는 인산과 공유 결합하여 DNA의 골격을 이룬다.
 ㄷ. 한 분자를 완전 연소시킬 때 생성되는 CO_2 수는 화합물에 포함된 탄소 수에 따라 달라진다. 탄소 수는 (가)가 (나)보다 많으므로 생성되는 CO_2 수도 (가)가 (나)보다 많다.

오답범기 ● ㄱ. (나)는 DNA의 기본 단위 중 하나이다. ㉡ ④

09

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 결합 a는 염기쌍 사이의 수소 결합이다. 유전 정보가 복제될 때 결합 a가 끊어지면서 유전 정보를 복사한 새로운 사슬이 만들어진다.

오답범기 ● ㄷ. 결합 b는 인산과 당 사이의 공유 결합이다. ㉡ ③

15 ㉡ 화학 결합의 전기적 성질

개념 확인 문제

● 본책 127쪽

1 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × 2 염화 이온 3 공유 결합 4 화학 결합에 전자가 관여한다.

1

(1) 고체 상태의 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 단단히 결합하고 있기 때문에 이온들이 자유롭게 이동하지 못하므로 전기 전도성이 없다.

(3) 설탕은 공유 결합 물질로 고체 상태나 액체 상태에서도 전류가 흐르지 않는다.

(5) 이온 때문에 전기 전도성이 있는 것은 이온 결합 물질이다.

2

전하를 띠는 입자는 정전기적 인력에 의해 반대 전하를 띠는 전극으로 이동한다. 따라서 (+)극으로 이온화는 입자는 (-)전하를 띠는 염화 이온이다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 128~129쪽

기/본/문/제 01 ⑤ 02 ② 03 (1) $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ (2) $\text{Na}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}$ 04 ② 05 ㄴ 06 ③

실/력/문/제 07 ④ 08 ⑤ 09 ③ 10 ③

01

알짜풀이 ● ⑤ NaCl 용융액을 전기 분해하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 물질로 분해되므로 이온 결합의 형성에 전자가 관여함을 알 수 있다.

오답범기 ● ①, ② NaCl 용융액을 전기 분해하면 (+)극에서는 전자를 잃어 Cl_2 기체가 발생하고, (-)극에서는 전자를 얻어 금속 Na 이 얻어진다.

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

염화 나트륨(NaCl) 수용액을 전기 분해하면 (-)극에서는 나트륨 이온(Na^+)보다 물(H_2O)이 전자를 얻기 더 쉬우므로 H_2 기체가 발생해요.

○ ③ NaCl 용융액 대신 NaCl 수용액을 사용하면 (-)극에서 금속 나트륨이 얻어지는 대신 H_2 기체가 발생한다.

④ 고체 NaCl 에 전류를 흘려 주면 이온이 이동하지 않는다.

㉡ ⑤

02

알짜풀이 ● ㄷ. 용융액 상태인 이온 결합 물질 (나)에 전류를 흘려 주면 Na^+ 은 (-)극으로, Cl^- 은 (+)극으로 이동한다.

오답범기 ● ㄱ. 고체 상태인 이온 결합 물질 (가)는 양이온과 음이온이 정전기적 인력에 의해 결합되어 있어 이동하지 못하므로 전기 전도성이 없다.

ㄴ. (나)에서 용융액 속 입자는 Na^+ , Cl^- 의 형태로 존재하므로 전하를 띤다.

㉡ ②

03

알짜풀이 ● 염화 나트륨 용융액에 전류를 흘려 주면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 (+)극에서는 염소 기체가 발생하고, (-)극에서는 금속 나트륨이 생성된다.

㉡ (1) $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ (2) $\text{Na}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}$

04 | 자료 ㉡ 분석하기 |

전해질

- (+)극 : $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
 ➔ 산소 기체 발생
- (-)극 : $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$
 ➔ 수소 기체 발생
- (+)극과 (-)극에서 발생하는 기체의 부피비는 1 : 2이다.

알짜풀이 ● ② 기체 A는 수소(H_2)이고, 기체 B는 산소(O_2)이다.

○ **오답범기** ● ① 순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 Na_2SO_4 과 같은 전해질을 녹여 전기 분해한다.

③ 물은 H와 O로 구성되어 있다.

⑤ A와 B가 결합되어 있는 물질이 전기 분해되므로 화학 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

㉡ ②

05

알짜풀이 ● (가)는 고체 및 수용액 상태에서 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질이고, (나)는 액체 및 수용액 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질임을 알 수 있다.

ㄴ. 공유 결합 물질은 전하를 띠는 입자가 존재하지 않으므로 액체 상태에서도 전류가 흐르지 않는다.

오답범기 ● ㄱ. (가)는 공유 결합 물질이다.

ㄷ. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 양이온과 음이온이 규칙적으로 결합되어 있는 구조이다.

㉡ ㄴ

06

알짜풀이 ●(나)는 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만, 액체와 수용액 상태에서는 전류가 흐르므로 이온 결합 물질이다. 보기의 물질 중 이온 결합 물질은 염화 칼륨이다. **답 ③**

07

알짜풀이 ●나, 다. 전체 반응식을 보면 NaCl 2몰을 전기 분해했을 때 Na 2몰이 생성되고, Cl_2 기체 1몰이 생성된다. 따라서 고체 NaCl 1몰을 용융시켜 전기 분해하면 Na 1몰이 생성된다.

오답نب기 ●가. 이온 결합 물질이므로 용융액에 전해질을 따로 넣지 않아도 된다. **답 ④**

08

알짜풀이 ●(가)는 수용액 상태에서 전류가 흐르지 않으므로 공유 결합 물질이고, (나)는 수용액 상태에서 전류가 흐르므로 이온 결합 물질이다.

나. 포도당은 공유 결합 물질이다.

다. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전류가 흐르지 않는다.

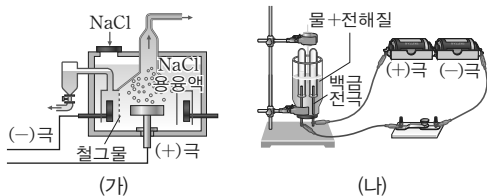
오답نب기 ●가. (가)는 수용액 상태에서 전류가 흐르지 않으므로 수용액에 이온이 존재하지 않는다. **답 ⑤**

09

알짜풀이 ●가, 나. 물의 구성 성분은 수소와 산소이며, 순수한 물은 전기 분해가 일어나지 않으므로 전해질인 황산 나트륨을 조금 넣어 물에 전기가 잘 통하게 해 준다.

오답نب기 ●다. (+)극에서는 산소 기체가, (-)극에서는 수소 기체가 발생하며, 이때 발생하는 기체의 부피비는 산소 : 수소 = 1 : 2 이다. **답 ③**

10 | 자료 분석하기 |



- (가)는 염화 나트륨 용융액의 전기 분해 장치로, (+)극과 (-)극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.
 (+)극 : $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$
 (-)극 : $2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Na}$
- (나)는 물의 전기 분해 장치로, (+)극과 (-)극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.
 (+)극 : $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
 (-)극 : $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$

알짜풀이 ●가. 전기 분해 실험을 할 때 (-)극에서는 전자를 얻는 반응이 일어난다.

다. 전기 분해 실험을 통해 각 물질이 성분 원소로 얻어지므로 이온 결합과 공유 결합이 형성될 때 전자가 관여함을 알 수 있다.

오답نب기 ●나. (+)극에서 발생하는 기체는 (가)는 염소 기체, (나)는 산소 기체이다. **답 ③**

우공비 BOX

●보충 설명
 다이아몬드와 흑연은 탄소 원자들이 공유 결합으로 연속적으로 연결되어 있고, 풀러렌은 탄소 60개로 이루어진 분자예요. 즉, 풀러렌 1몰은 분자 1몰을 의미하기 때문에 풀러렌 1몰에 포함되어 있는 탄소 원자 수는 $60 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개랍니다.

●쉽게설계
 흑연은 층 사이의 인력이 약하므로 힘을 가하면 층이 밀려 부서지기 쉬운 층상 구조예요.

●보충 설명
염화 나트륨 용융액의 전기 분해
 •(+)극 : 염소(Cl_2) 기체 발생
 •(-)극 : 나트륨(Na) 생성
물의 전기 분해
 •(+)극 : 산소(O_2) 기체 발생
 •(-)극 : 수소(H_2) 기체 발생

우공비

비법 특강

●본책 130쪽

1 ③ 2 ①

1

알짜풀이 ●(가)는 흑연, (나)는 풀러렌(C_{60}), (다)는 탄소 나노튜브이다.

가. 흑연은 전기 전도성이 있기 때문에 전극으로 사용할 수 있다.

다. (나)와 (다)에서 탄소 원자 1개와 결합한 다른 탄소 원자의 수는 3개로 같다.

오답نب기 ●나. 풀러렌(C_{60})은 내부가 비어 있는 구조이므로 흑연보다 밀도가 작다. **답 ③**

2

알짜풀이 ●(가)는 다이아몬드, (나)는 흑연, (다)는 풀러렌(C_{60})이다.

나. (가)~(다)는 모두 탄소의 동소체이므로 완전 연소 생성물은 이산화 탄소로 같다.

오답نب기 ●가. (가)는 탄소 원자 1개에 다른 탄소 원자 4개가 결합한 정사면체 모양이고, (나)는 탄소 원자 1개에 다른 탄소 원자 3개가 결합한 평면 구조이다. 따라서 (가)와 (나)는 탄소 사이의 결합각이 서로 다르다.

다. (가)와 (나)는 1몰에 포함된 탄소 원자 수가 6.02×10^{23} 개이고, (다)는 탄소 60개로 이루어진 분자이므로 1몰에 포함된 탄소 원자 수가 $60 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개이다. **답 ①**

수능문제

실력 굳히기

●본책 131~133쪽

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

01

알짜풀이 ●가. (가)는 다이아몬드, (나)는 흑연으로 동소체 관계이다.

다. 외부에서 힘을 가하면 층상 구조인 (나)는 단단하게 결합된 (가)보다 쉽게 부서진다.

오답نب기 ●나. (가)는 3차원적인 그물 구조인 반면, (나)는 평면 층상 구조이다. **답 ③**

02

알짜풀이 ●(가)는 흑연, (나)는 풀러렌(C_{60}), (다)는 탄소 나노튜브이다.

가. 흑연은 연필심의 주성분이다.

나. (가)~(다)는 모두 탄소의 동소체로서 탄소 원자 사이의 결합은 공유 결합이다.

ㄷ. (가)~(다)는 모두 탄소 원자 1개와 결합한 다른 탄소 원자의 수가 3개로 같다. ㉓ ⑤

03

알짜풀이 ● ㄴ. 탄소 원자 1개당 공유 결합한 탄소 원자의 수는 3개로 같다.

오답نب기 ● ㄱ. 흑연과 풀러렌은 밀도가 다르므로 같은 부피를 차지하는 질량도 다르다.

ㄷ. 흑연 1몰에는 아보가드로수인 6.02×10^{23} 개의 탄소 원자가 있으며, 풀러렌 1몰에는 $60 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개의 탄소 원자가 존재한다. 따라서 각 물질 1몰이 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 의 질량은 풀러렌이 흑연의 60배이다. ㉓ ②

04

알짜풀이 ● DNA는 인산과 당의 공유 결합에 의해 바깥 골격을 이루고 있으며, 안쪽에는 상보적인 염기쌍이 수소 결합을 하여 2중 나선 구조를 이룬다.

ㄱ. X는 5탄당인 디옥시리보스이다.

오답نب기 ● ㄴ. Y는 사이토신과 상보적 염기이므로 구아닌(G)이다.

ㄷ. 상보적 염기쌍 사이에는 수소 결합을 한다. ㉓ ①

05

알짜풀이 ● ㄴ. 사이토신(C)과 상보적 염기인 ㉓은 구아닌(G)이고, 아데닌(A)과 상보적 염기인 ㉔은 티민(T)이다.

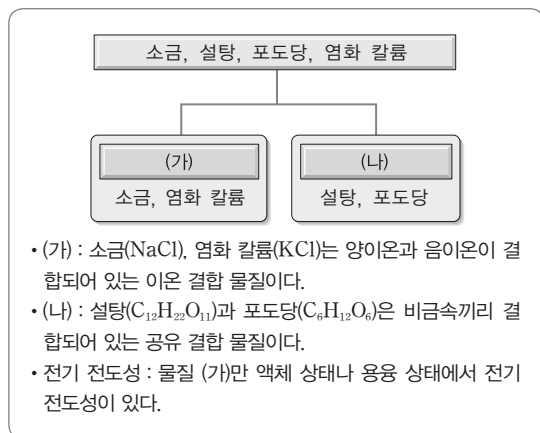
ㄷ. 당과 인산은 공유 결합을 이루어 2중 나선의 바깥쪽 골격을 형성하고, 안쪽에는 상보적 염기쌍이 존재한다.

오답نب기 ● ㄱ. 당은 입체 구조이고, 염기는 평면 구조이다. ㉓ ⑤

06

알짜풀이 ● DNA의 사슬 가닥 골격은 인산인 (가)와 당인 (나)의 공유 결합(결합 a)에 의해 연결된 구조이다. 결합 b는 염기쌍 사이에 형성된 수소 결합이다. ㉓ ②

07 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● (가)는 이온 결합 물질이고, (나)는 공유 결합 물질이다. (가)는 수용액 상태에서 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전류가 흐르고, (나)는 수용액 상태에서 이온이 존재하지 않으므로 전류가 흐르지 않는다. ㉓ ⑤

우공비 BOX

조심조심

이온 결합 물질의 용융액을 전기 분해하면 금속과 기체가 발생해요. 이온 결합 물질은 금속 양이온과 비금속 음이온이 결합하기 때문이죠.

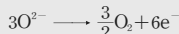
쉽게쉽게

- DNA 외부 골격 : 당-인산의 공유 결합
- DNA 안쪽 : 상보적인 염기쌍의 수소 결합

보충 설명

Al_2O_3 용융액의 전기 분해

(+)극 :



→ 산소 기체 발생

(-)극 :



→ 알루미늄 생성

보충 설명

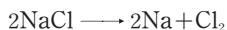
공유 결합 물질은 고체 상태, 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없어요. 하지만 흑연은 예외적으로 고체 상태에서도 전기 전도성이 있어요.

08

알짜풀이 ● ㄴ. (+)극에서는 Cl^- 이 전자를 잃고 Cl_2 기체가 된다.

오답نب기 ● ㄱ. (-)극에서는 Na^+ 이 전자를 얻고 금속 Na이 된다.

ㄷ. 전체 반응식은 다음과 같다.



따라서 2몰의 NaCl을 전기 분해하면 2몰의 Na과 1몰의 Cl_2 가 얻어진다. ㉓ ②

09

알짜풀이 ● ㄴ. 화합물 X를 분해했을 때 기체 A_2 와 B_2 가 생성되었으므로 A와 B는 비금속 원소이다. 따라서 A와 B 사이의 결합은 공유 결합이다.

ㄷ. 각 극에서 얻어진 기체의 몰 수비가 $\text{A}_2 : \text{B}_2 = 1 : 2$ 이므로 X에서 성분 원소의 비는 A 원자 수 : B 원자 수 = 1 : 2이다.

오답نب기 ● ㄱ. 전기 분해 실험의 경우 (+)극에서는 전자를 잃는 반응이 일어나고, (-)극에서는 전자를 얻는 반응이 일어난다. ㉓ ④

10

알짜풀이 ● 물질 X는 고체 상태에서 전류가 흐르지 않지만, 용융된 액체 상태에서는 전류가 흐르므로 이온 결합 물질이다. ㄴ. 염화 칼슘(CaCl_2)은 이온 결합 물질이므로 X와 같이 전기 전도성이 있다.

ㄷ. 이온 결합 물질인 X가 물에 쉽게 용해될 경우 X 수용액 상태에서도 전하를 띠는 이온이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전류가 흐른다.

오답نب기 ● ㄱ. X는 이온 결합 물질이다. ㉓ ⑤

11

알짜풀이 ● ㄴ. 금속인 Al과 이온 결합 물질인 Al_2O_3 의 용융액은 모두 전기 전도성이 있다.

ㄷ. Al_2O_3 용융액을 전기 분해하면 (-)극에서는 금속 Al이 생성되고, (+)극에서는 O_2 기체가 발생한다.

오답نب기 ● ㄱ. 알루미늄이 산화 알루미늄으로 되는 반응의 화학 반응식은 $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$ 이다. 따라서 2몰의 Al으로부터 1몰의 Al_2O_3 이 얻어진다. ㉓ ④

12

알짜풀이 ● (가)는 흑연(C), (나)는 염화 나트륨(NaCl), (다)는 설탕($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)과 염소(Cl_2)이다.

ㄴ. 염화 나트륨은 수용액 상태에서 전하를 띠는 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

오답نب기 ● ㄱ. 흑연은 공유 결합 물질이지만 전기 전도성이 있다. 양이온과 음이온이 결합한 물질은 이온 결합 물질로, 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

ㄷ. 설탕의 화학식은 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 이고, 염소 기체의 화학식은 Cl_2 이므로 공통된 원소를 포함하고 있지 않다. ㉓ ①

07

화학 결합

16 ② 이온 결합

개념 확인 문제

● 본책 136쪽

- 1 옥텟 규칙 2 양이온, +1 3 산소, 염소 4 (1) ○ (2)
× (3) ○ (4) ○

3

화합물을 형성할 때 금속은 전자를 잃어 양이온이 되기 쉽고, 비금속은 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 137~139쪽

- 기/본/문/제** 01 ⑤ 02 ③ 03 (1) (가) Mg^{2+} (나) Al^{3+} (다) S^{2-} (라) Br^- (2) $MgBr_2$, Al_2S_3 04 ④ 05
② 06 (1) A : Na^+ , B : Cl^- (2) AB 07 ⑤
실/력/문/제 08 ④ 09 ① 10 ② 11 ③ 12 해설
참조 13 ⑤ 14 ③ 15 ⑤ 16 ②

01

알짜풀이 ● 금속은 원자가 전자를 잃고 양이온이 될 때 옥텟을 만족하고, 비금속은 전자를 얻어 음이온이 되면서 옥텟을 만족한다.

⑤ 13족인 Al은 전자 3개를 잃고, Al^{3+} 이 된다.

오답نب기 ● ① 17족인 F은 원자가 전자가 7개이므로 전자 1개를 얻어 F^- 이 된다.

② 16족인 O는 원자가 전자가 6개이므로 전자 2개를 얻어 O^{2-} 이 된다.

③ 2족인 Mg은 원자가 전자 2개를 잃고 Mg^{2+} 이 된다.

④ 1족인 Na은 원자가 전자 1개를 잃고 Na^+ 이 된다. ㉠ ⑤

02

알짜풀이 ● ③ 이온 사이에 작용하는 전체 에너지가 최소가 되는 거리에서 가장 안정하므로 이온 결합이 형성된다.

오답نب기 ● ①, ② 인력이 최소가 되는 거리는 두 이온이 무한대로 떨어져 있을 때이고, 반발력이 최대가 되는 거리는 두 이온이 완전히 겹칠 때이므로 결합이 형성되지 않는다.

㉠ ③

03

(1) **알짜풀이** ● 각 원소의 원자가 전자 수는 Mg 2개, Al 3개, S 6개, Br 7개이므로, 옥텟을 만족하는 이온은 각각 Mg^{2+} , Al^{3+} , S^{2-} , Br^- 이다. ㉠ (가) Mg^{2+} (나) Al^{3+} (다) S^{2-} (라) Br^-

(2) **알짜풀이** ● 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 (가)와 (라)로 이루어진 화합물은 $MgBr_2$ 이고, (나)와 (다)로 이루어진 화합물은 Al_2S_3 이다. ㉠ $MgBr_2$, Al_2S_3

우공비 BOX

조심조심

이온 결합력은 이온 결합 길 이보다 이온 전하량에 영향을 더 받아요.

쉽게쉽게

전기가 통하려면 전하를 띤 전자가 이동하거나 전하를 띤 이온이 이동해야 해요.

● 보충 설명 ●

같은 주기의 입자의 크기

같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자핵의 전하량이 증가하므로 원자 반지름이 작아져요. 이온 반지름의 경우 양이온 반지름은 전자껍질이 감소하므로 원자 반지름보다 작아지고, 음이온 반지름은 전자의 반발력으로 인해 원자 반지름보다 커져요.

04

알짜풀이 ● 이온 결합력은 양이온과 음이온의 전하량이 클수록, 이온 결합 길이가 짧을수록 강하다. 각 이온의 전하는 Na^+Cl^- , Na^+Br^- , $Ca^{2+}O^{2-}$, $Ba^{2+}O^{2-}$ 이고, 이온의 전하량이 같을 때 이온 결합 길이는 $NaCl < NaBr$, $CaO < BaO$ 순이다. 따라서 이온 결합력과 녹는점은 $NaBr < NaCl < BaO < CaO$ 순이다. ㉠ ④

05

알짜풀이 ● ② 이온 결합 물질은 용융 상태에서 이온이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기를 잘 통한다.

오답نب기 ● ① 고체 상태에서는 이온이 이동할 수 없으므로 전기가 통하지 않는다.

③ 대부분 상온에서 고체로 존재한다.

④ 전하를 띤 이온으로 구성되어 있어서 무극성 용매에는 잘 용해되지 않지만 물과 같은 극성 용매에는 잘 용해된다.

⑤ 양이온과 음이온 수비가 1 : 1인 물질도 있지만 그렇지 않은 물질도 있다. ㉠ ②

06

(1) **알짜풀이** ● 나트륨(Na)은 3주기 1족 원소이고, 염소(Cl)는 3주기 17족 원소이다. 원자 반지름은 Na이 Cl보다 크지만 이온 반지름은 Na^+ 보다 Cl^- 이 더 크다. 따라서 NaCl의 결정 구조에서 입자 크기가 작은 A가 Na^+ , 입자 크기가 큰 B가 Cl^- 이다. ㉠ A : Na^+ , B : Cl^-

(2) **알짜풀이** ● 염화 나트륨을 구성하는 Na^+ 과 Cl^- 의 전하를 비교하면 두 이온은 1 : 1의 개수비로 결합해야 하므로, 화학식은 AB이다. ㉠ AB

07

알짜풀이 ● 이온 결합 물질은 외부에서 충격을 받아 이온의 층이 밀리면 같은 전하를 띤 이온 사이의 반발력에 의해 쉽게 부스러진다. 보기의 물질 중 이온 결합 물질은 양이온인 Cu^{2+} 과 음이온인 SO_4^{2-} 으로 이루어진 $CuSO_4$ 이다. ㉠ ⑤

08

알짜풀이 ● ㉠. A는 3주기 2족의 금속 원소이고, B는 2주기 16족의 비금속 원소이다. 따라서 이온화 에너지는 A가 B보다 작다.

㉡. 화합물을 구성하는 각각의 이온은 A^{2+} 과 B^{2-} 으로 가장 바깥쪽 전자껍질의 전자가 8개이다. 따라서 옥텟을 모두 만족한다.

오답نب기 ● ㉢. A^{2+} 과 B^{2-} 의 이온 전하량의 비가 서로 같으므로 화학식은 AB이다. ㉠ ④

09

알짜풀이 ● ㉠. r_0 는 이온 결합 길이로, 양이온 반지름과 음이온 반지름의 합과 같다.

오답نب기 ● ㉢. ㉡. 이온 사이의 인력과 반발력은 두 이온 사이의 거리가 멀수록 작아진다. A의 위치에서는 두 이온이 너무 가까워 반발력이 인력보다 크다. ㉠ ①

10

알짜풀이 ● Na와 Cl은 3주기 원소이고, K와 Br은 4주기 원소이므로, 이온 반지름이 각각 $\text{Na}^+ < \text{K}^+$, $\text{Cl}^- < \text{Br}^-$ 이다. 따라서 이온 결합 길이(r_0)는 $\text{NaCl} < \text{KBr}$ 이다. 이온 전하량이 같을 때 이온 결합 에너지(E)는 이온 결합 길이가 짧을수록 크므로 $\text{NaCl} > \text{KBr}$ 이다. ㉢ ②

11

알짜풀이 ● ㄱ. 금속 원소는 전자를 잃어 양이온이 되려고 하고, 비금속 원소는 전자를 얻어 음이온이 되려고 한다.
ㄴ. 이온 결합은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의한 결합이다.

오답탐기 ● ㄷ. 이온 결합 세기는 이온의 전하량이 클수록, 이온 결합 길이가 짧을수록 강하다. ㉢ ③

12

알짜풀이 ● A와 C는 각각 2주기 17족, 16족 원소이고, B와 D는 각각 3주기 2족, 1족 원소이다. 따라서 A와 D의 화합물과 B와 C의 화합물은 이온 결합 물질이다.

모범답안 ● B와 C의 화합물이 A와 D의 화합물보다 녹는점이 높다. 각 이온의 전하량은 A^- , B^{2+} , C^{2-} , D^+ 이고, 양이온과 음이온의 전하량이 클수록 이온 결합력이 강하며, 이온 결합력이 강할수록 녹는점이 높다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 두 화합물의 녹는점만 비교한 경우	40 %

13 | 자료 분석하기 |

이온 사이의 거리가 비슷할 때 이온의 전하량이 클수록 이온 결합력이 강하다.

화합물	NaF	NaCl	MgO	CaO
이온 사이의 거리(pm)	231	276	210	240
녹는점(°C)	993	801	2852	2614

이온의 전하량이 같으므로 이온 사이의 거리가 짧을수록 이온 결합력이 강하다.

- 이온 결합력은 이온 사이의 거리가 짧을수록, 양이온과 음이온의 전하량이 클수록 강하다.
- 이온 결합력이 강할수록 녹는점이 높다.

알짜풀이 ● ㄱ. CaO의 녹는점이 NaF보다 높은 것으로 보아 이온 사이의 거리가 비슷할 때 이온의 전하량이 클수록 이온 결합력이 강한 것을 알 수 있다.

ㄴ. 이온의 전하량이 같을 때 녹는점은 $\text{NaF} > \text{NaCl}$, $\text{MgO} > \text{CaO}$ 이므로 이온 사이의 거리가 짧을수록 이온 결합력이 강한 것을 알 수 있다.

ㄷ. LiCl의 이온 결합 길이는 NaCl보다 짧으므로 LiCl의 녹는점은 NaCl의 녹는점인 801 °C보다 높을 것이다. ㉢ ⑤

14

알짜풀이 ● A는 2주기 1족, B는 2주기 16족, C는 3주기 2족, D는 3주기 17족 원소이다.

ㄱ. 금속인 A와 비금속인 B가 결합하여 생성된 화합물은

우공비 BOX

조심조심

화학식을 쓸 때 양이온, 음이온 순서로 써요.

보충 설명

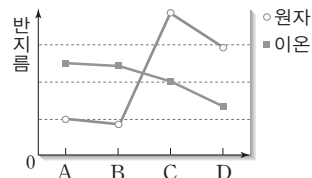
A~D가 이온이 될 때 전자 껍질 수는 2개로 모두 같아요. 따라서 A와 D의 화합물과 B와 C의 화합물의 이온 사이의 거리는 비슷해요.

이온 결합 물질로, 액체 상태나 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄴ. B와 C가 결합하여 생성된 화합물은 전기적으로 중성이어야 하므로 화학식은 CB이다.

오답탐기 ● ㄷ. B와 C가 결합하여 생성된 화합물은 A와 D가 결합하여 생성된 화합물보다 이온의 전하량이 더 크므로 녹는점이 높다. ㉢ ③

15 | 자료 분석하기 |



- 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 A와 B는 비금속 원소이다.
- 원자 반지름이 이온 반지름보다 큰 C와 D는 금속 원소이다.
- 원자 반지름이 크게 증가하는 C와 D는 3주기 원소이고, A와 B는 2주기 원소이다.
- A~D는 원자 번호 순이므로 A는 16족, B는 17족, C는 1족, D는 2족 원소이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 원자 반지름이 크게 증가하는 C와 D는 3주기 원소이고, A와 B는 2주기 원소이다.

ㄴ. A는 비금속 원소이고, D는 금속 원소이므로 A와 D로 이루어진 화합물은 이온 결합 물질이며, 상온에서 고체이다.

ㄷ. A와 D로 이루어진 화합물은 B와 C로 이루어진 화합물보다 이온의 전하량이 더 크므로 이온 결합 세기가 더 강하다. ㉢ ⑤

16

알짜풀이 ● 외부에서 힘을 가했을 때 결정이 쪼개지는 것은 이온 결합 물질의 특성이다.

ㄷ. 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 정전기적 인력에 의해 결합하여 생성되기 때문에 녹는점과 끓는점이 비교적 높다.

오답탐기 ● ㄱ, ㄴ. 이온 결합 물질은 전하를 띠는 이온으로 이루어져 있으므로 극성 용매에 잘 녹고, 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만 수용액 상태나 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다. ㉢ ②

17 Ⅱ 공유 결합

개념 확인 문제

● 본책 141쪽

1 공유 결합 2 홀전자 3 산소, 이산화 탄소 4 공유 전자쌍

3

수소 원자는 홀전자가 1개이므로 수소 분자는 단일 결합을, 산소 원자는 홀전자가 2개이므로 산소 분자는 2중 결합을, 이산화 탄소 분자는 탄소 원자의 홀전자가 4개이고, 산소 원자의 홀전자가 2개이므로 2중 결합을 형성한다.

또, 질소 원자는 홀전자가 3개이므로 질소 분자는 3중 결합을, 염소 원자는 홀전자가 1개이므로 염소 분자는 단일 결합을 형성한다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 142~143쪽

기/본/문/제 01 ⑤ 02 ② 03 ① 04 (1) (나) (2)

436 kJ/mol (3) 37 pm 05 ④ 06 ①

실/력/문/제 07 ⑤ 08 ⑤ 09 ① 10 ②

01

알짜풀이 ● ⑤ 1~3 주기 원소의 원자들 사이에 공유 결합이 이루어지려면 비금속 원소끼리 결합을 해야 한다.

오답넘기 ● ①, ④ 공유 결합은 비금속 원소의 원자들이 결합할 때 홀전자를 내어 놓아 이루어진 전자쌍을 공유하여 만들어진다.

② 같은 원자 사이에 공유 결합을 이룰 때 두 원자 사이의 핵 간 거리의 $\frac{1}{2}$ 을 공유 결합 반지름이라고 한다.

③ 일반적으로 공유 결합을 통하여 가장 바깥 전자껍질의 원자들이 8개가 되는 옥텟을 이룬다. ㉠ ⑤

02

알짜풀이 ● H는 1족의 비금속 원소이고, F, Cl, Br은 17족의 비금속 원소이다. H는 원자 번호 1인 원소로 전자를 1개만 가지기 때문에 공유 결합이 형성되면 He의 전자 배치와 같게 된다. 따라서 공유 결합한 H에는 비공유 전자쌍이 존재하지 않는다. ㉠ ②

03

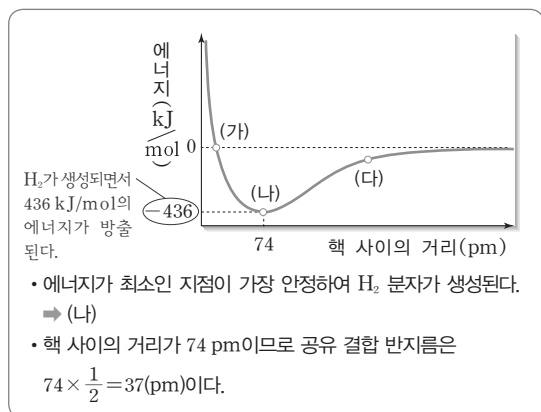
알짜풀이 ● 각 분자를 루이스 구조식 또는 전자점식을 이용하여 나타낸 것과 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

ㄱ. $\text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$ 2개 ㄴ. $\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}$ 4개

ㄷ. $\begin{array}{c} \text{F} \cdots \text{N} \cdots \text{F} \\ | \\ \text{F} \end{array}$ 10개 ㄹ. $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H} \cdots \text{C} \cdots \text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ 0개

㉠ ①

04 | 자료 분석하기 |



(1) **알짜풀이** ● H₂ 분자가 생성되는 지점은 에너지가 가장 낮은 (나) 지점이다. ㉠ (나)

우공비 BOX

쉽게쉽게

- 이온 결합 물질 : 금속 원소와 비금속 원소의 결합
- 공유 결합 물질 : 비금속 원소와 비금속 원소의 결합

보충 설명

공유 결합에서 수소는 옥텟을 이루지 않지만 수소(H)의 가장 바깥 전자껍질의 전자 수는 헬륨과 같이 2개이어서 안정해요. 그래서 어떤 학자들은 헬륨과 같은 수소의 전자 배치를 옥텟에 포함시키기도 해요.

필수 자료

공유 결합은 결합하는 원자가 홀전자를 각각 내놓아 공유하는 결합이고, 배위 결합은 한 원자가 전자쌍을 일방적으로 제공하여 결합하는 것을 말해요.

보충 설명

에너지가 '-' 값을 갖는 것은 결합을 형성할 때 에너지를 흡수한다는 뜻이에요. 따라서 에너지의 크고 작음을 비교할 때는 절댓값으로 비교하세요.

(2) **알짜풀이** ● H₂ 분자가 생성되면서 436 kJ/mol의 에너지를 방출하므로 H₂ 분자 사이의 공유 결합을 끊어 원자로 만드는 데 필요한 공유 결합 에너지는 436 kJ/mol이다.

㉠ 436 kJ/mol

(3) **알짜풀이** ● 공유 결합 반지름은 핵 사이의 거리의 $\frac{1}{2}$ 이므로, H₂ 분자의 공유 결합 반지름은 37(pm)이다. ㉠ 37 pm

05

알짜풀이 ● 공유 결합 물질은 분자 사이의 인력이 약하므로 녹는점과 끓는점이 대체적으로 낮다.

오답넘기 ● 이온으로 이루어져 있지 않으므로 고체 상태나 액체 상태에서 전기 전도성이 없다. ㉠ ④

06

알짜풀이 ● 고체 상태나 액체 상태에서 모두 전기를 통하지 않는 물질은 공유 결합 물질이다. AC, AF는 비금속 원소끼리 결합한 공유 결합 물질이다. ㉠ ①

07

알짜풀이 ● ㄱ. A는 홀전자가 3개 존재하므로 A₂에는 3중 결합이 존재한다.

ㄴ. B₂의 공유 전자쌍은 2개, C₂의 공유 전자쌍은 1개이다.

ㄷ. B 원자 1개는 홀전자가 2개이므로 C 원자 2개와 공유 결합을 하여 BC₂가 된다. ㉠ ⑤

08

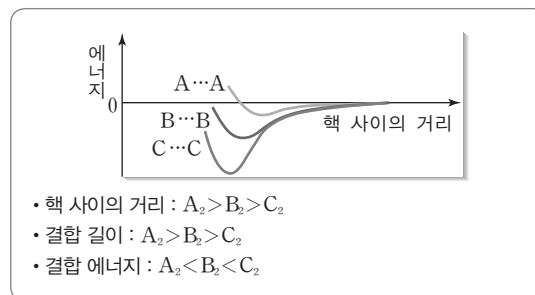
알짜풀이 ● (가)는 공유 결합, (나)는 배위 결합, (다)는 이온 결합으로 이루어진다.

ㄱ. (가)에서 N가 3개의 H와 각각 전자쌍을 공유하여 N-H 결합을 3개 형성한다.

ㄴ. (나)의 NH₃에서 N가 가진 비공유 전자쌍을 H⁺과 공유하여 배위 결합이 형성된다. H₃O⁺이 생성될 때에도 배위 결합이 형성된다.

ㄷ. (다)에서 생성된 NH₄Cl은 이온 결합 물질로, 수용액 상태에서 이온이 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다. ㉠ ⑤

09 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄴ. C₂가 B₂보다 결합 에너지가 크므로 원자 사이의 결합력이 크다.

오답넘기 ● ㄱ. 결합 길이가 가장 짧은 것은 원자핵 사이의 거리가 가장 짧은 C₂이다.

ㄷ. 원자핵 사이의 거리가 짧을수록 에너지는 커진다. ㉠ ①

10 | 자료 분석하기 |

물질	녹는점 (°C)	끓는점 (°C)	전기 전도성		물에 대한 용해도
			고체	액체	
A	680	1120	○	○	작다
B	-210	-196	×	×	작다
C	-78	-33	×	×	크다
D	800	1413	×	○	크다

- A는 고체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 금속 결합 물질이다.
- B와 C는 녹는점과 끓는점이 낮고, 고체와 액체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질이다. ➡ 공유 결합 물질은 물에 대한 용해도가 작는데, C처럼 물에 대한 용해도가 큰 것은 극성 물질(NH_3 , HCl 등)이기 때문이다.
- D는 녹는점과 끓는점이 높고, 고체 상태에서는 전기 전도성이 없으나 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다.

알짜풀이 ● D. 이온 결합 물질은 성분 입자인 양이온과 음이온이 정전기적 인력에 의해 결합된 물질이다.

오답넘기 ● A. 금속 결합 물질은 금속 원소 한 종류로만 이루어져 있다.

나. 공유 결합 물질 중 한 가지 원소로만 이루어진 물질도 있지만, 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질도 있다. ㉔ ㉕

우공비

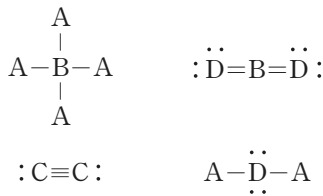
비법 특강

● 본책 145쪽

1 ① 2 ③ 3 ② 4 ③

1

알짜풀이 ● A는 1족, B는 14족, C는 15족, D는 16족 원소이며, 각 물질의 루이스 구조식은 다음과 같다.



ㄱ. A_2D 의 중심 원자(D)의 전자쌍은 4개로 비활성 기체의 전자 배치와 같으며 옥텟을 만족한다.

오답넘기 ● 나. BD_2 에는 2중 결합이, C_2 에는 3중 결합이 존재한다.

다. 비공유 전자쌍을 가지지 않는 분자는 BA_4 이다. ㉔ ①

2

알짜풀이 ● ㄱ. r_0 에서 에너지가 가장 안정하므로 이때 이온 결합이 형성된다. r_0 는 양이온과 음이온의 반지름의 합과 같다.

다. 이온 결합력이 클수록 녹는점이 높아진다. 이온 결합력은 양이온과 음이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 강하다. 따라서 녹는점은 CaO 이 KCl 보다 높다.

우공비 BOX

조심조심

이온 결합은 정전기적 인력에 의해 형성되므로 결합 에너지가 이온 사이의 인력과 관계가 있고, 공유 결합 에너지는 결합 수 및 결합 길이와 관계가 있어요.

오답넘기 ● 나. E (이온 결합 에너지)는 이온 사이의 거리가 짧은 MgO 이 CaO 보다 크다. ㉔ ③

3

알짜풀이 ● 다. 공유 결합 반지름은 결합 길이의 $\frac{1}{2}$ 에 해당하므로 결합 길이가 짧을수록 공유 결합 반지름이 짧다. 따라서 $\text{A}_2\sim\text{C}_2$ 에서 공유 결합 반지름이 짧을수록 결합 에너지가 크다는 것을 알 수 있다.

오답넘기 ● ㄱ. D_2 의 결합 길이는 $\text{A}_2\sim\text{C}_2$ 의 결합 길이와 차이가 많이 나므로 3주기 원소로 이루어진 분자라는 것을 알 수 있다. 같은 2주기 원소로 이루어진 $\text{A}_2\sim\text{C}_2$ 에서 A_2 의 결합 길이가 가장 길고, 결합 에너지가 가장 작으므로 A는 F(플루오린)이다. F_2 에는 단일 결합이 존재한다.

나. 분자 사이의 인력은 구성 원자 사이의 결합 에너지와 관계없다. ㉔ ②

4

알짜풀이 ● A와 B는 녹는점과 끓는점이 높으므로 이온 결합 물질(MgO , BaO)이고, C와 D는 녹는점과 끓는점이 낮으므로 공유 결합 물질(NH_3 , CH_4)이다.

다. C와 D는 공유 결합 물질이다.

오답넘기 ● ㄱ. A는 이온 결합 물질 중 녹는점과 끓는점이 높으므로 이온 결합 길이가 짧은 MgO 이다.

나. B는 액체 상태에서 전기 전도성이 있지만, D는 액체 상태에서 전기 전도성이 없다. ㉔ ③

수능

실력 굳히기

● 본책 146~149쪽

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

쉽게쉽게

어떤 원소의 원자가 전자 수는 그 원소가 속한 족 번호의 1의 자리와 같아요.

● 보충 설명 ●

A는 2주기 16족의 산소(O), B는 3주기 1족의 나트륨(Na), C는 3주기 2족의 마그네슘(Mg), D는 3주기 17족의 염소(Cl)예요.

01

알짜풀이 ● A, B, C는 2주기 원소이므로 각 물질에서 공유 전자쌍을 이루는 전자의 절반이 각 성분 원자에 속하는 전자이다. 따라서 원자가 전자 수가 A는 6개, B는 4개, C는 7개이므로 A는 16족, B는 14족, C는 17족 원소이다. 따라서 원자 번호는 $B < A < C$ 순이다. ㉔ ③

02

알짜풀이 ● 원자 A는 2주기 16족 원소이고, B는 3주기 1족 원소, C는 3주기 2족 원소, D는 3주기 17족 원소이다.

나. A와 D는 비금속 원소이고, B와 C는 금속 원소이므로 BD와 CA는 이온 결합 물질이다. 원자 번호는 $B < C$ 이므로 양이온의 반지름은 $B > C$ 이다.

오답넘기 ● ㄱ. CA는 이온 결합 물질이고, B는 금속이다. 고체의 전기 전도성은 금속이 더 크다.

다. 비금속끼리의 결합은 공유 결합이므로 AD_2 는 공유 결합 물질이다. ㉔ ②

03

알짜풀이 ● E_1 은 두 이온 사이의 에너지가 가장 낮은 상태의 에너지이므로 이온 결합이 형성될 때 방출되는 에너지, 즉 이온 결합 에너지이다.

E_2 는 $K^+(g)$ 과 $Cl^-(g)$ 이 각각의 원자로부터 생성될 때의 에너지 변화이므로 $|K(g)$ 의 이온화 에너지|에서 $|Cl(g)$ 의 전자 친화도|를 뺀 값과 같다. ㉮ ③

04

알짜풀이 ● 나. 이온 결합 길이 R 은 K^+ 과 Cl^- 의 이온 반지름의 합과 같다.

ㄷ. Na^+ 은 K^+ 보다 이온 반지름이 짧으므로 $NaCl$ 의 이온 결합 에너지는 KCl 보다 크다.

오답نب기 ● 가. a에서는 이온 사이의 반발력이 인력보다 크다. 이온 사이의 반발력과 인력이 같은 지점은 이온 결합 길이가 R 인 지점으로, 이온 결합이 형성되는 지점이다. ㉮ ⑤

05

알짜풀이 ● 가. NaX 의 이온 결합 길이가 NaY 보다 짧으므로 원자 번호는 $X < Y$ 이다.

오답نب기 ● 나, ㄷ. 이온 결합 에너지가 $NaX > NaY$ 이므로 이온 결합력은 $NaX > NaY$ 이고, 이온 사이의 정전기적 인력도 $NaX > NaY$ 이다. 이온 결합력이 클수록 녹는점이 높으므로 녹는점은 $NaX > NaY$ 이다. ㉮ ①

06

알짜풀이 ● 가. A는 2주기 2족의 금속 원소이고, B는 3주기 17족의 비금속 원소이므로, A와 B로 이루어진 화합물 X의 화학식은 AB_2 이다.

오답نب기 ● 나. X는 이온 결합 물질이므로 상온에서 승화하지 않는다.

ㄷ. X는 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만 액체 상태에서는 전류가 흐른다. ㉮ ①

07

알짜풀이 ● 이온 결합력이 강할수록 녹는점이 높으며, 이온 결합력은 이온의 전하량이 클수록, 이온 결합 길이가 짧을수록 강하다. 주어진 물질의 전하는 Na^+F^- , Na^+Br^- , $Mg^{2+}O^{2-}$ 이고, 이온 결합 길이는 $NaF < NaBr$ 이므로, 녹는점은 $NaBr < NaF < MgO$ 이다.

따라서 (가)는 $NaBr$, (나)는 NaF , (다)는 MgO 이다. ㉮ ③

08

알짜풀이 ● A는 1주기 1족 원소, B는 2주기 15족 원소, C는 3주기 2족 원소이다.

가. B의 홀전자는 3개이므로 화합물 (가)에서 공유 전자쌍은 3개이다.

나. 화합물 (나)는 금속 원소인 C와 비금속 원소인 B가 결합하여 이루어지므로 이온 결합 물질이다.

ㄷ. 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)의 화학식은 BA_3 이다. 또 (나)를 형성할 때 B^{3-} 과 C^{2+} 이 결합한 화합물의 전체 전하량은 0이어야 하므로 (나)의 화학식은 C_3B_2 이다. ㉮ ⑤

우공비 BOX

조심조심

이온화 에너지는 흡수되는 에너지이고, 전자 친화도는 방출되는 에너지예요.

쉽게쉽게

X, Y는 같은 족의 원소이므로 주기가 작아지면 이온 반지름이 짧아져요. 따라서 원자 번호도 작아져요.

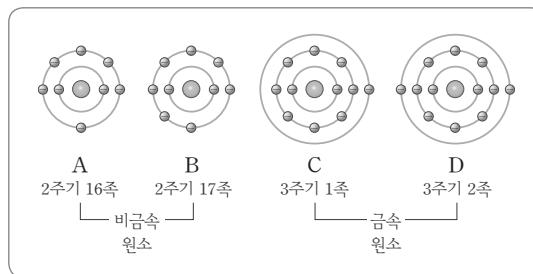
●보충 설명●

이온 결합 물질이 액체 상태에서 전류가 흐르는 것은 이온이 이동할 수 있기 때문이에요.

●보충 설명●

전기 음성도가 같지 않은 원자끼리 공유 결합을 할 때 전기 음성도가 큰 원자가 전자쌍을 더 잡아당기므로 원자끼리 더 많이 겹쳐요. 따라서 같은 원자끼리 결합했을 때보다 핵 사이의 거리는 더 짧아지죠.

09 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● 나. 공유 결합 물질은 A_2 , B_2 , AB_2 가 생성될 수 있다.

ㄷ. A와 C가 결합할 때 A는 전자 2개를 얻어 -2 의 음이온이 되고, C는 전자 1개를 잃어 $+1$ 의 양이온이 된다. 이때 각 이온은 가장 바깥 전자껍질에 8개의 전자를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

오답نب기 ● 가. 옥텟 규칙을 만족하는 원자는 없다. ㉮ ④

10

알짜풀이 ● 가. AB는 양이온과 음이온이 결합하여 생성된 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄷ. A는 3주기 2족 원소이고, C는 2주기 17족 원소이다. A는 $+2$ 의 양이온이 되고, C는 -1 의 음이온이 되어 화합물 AC_2 를 생성한다.

오답نب기 ● 나. B는 16족 원소로 원자가 전자가 6개이므로, B_2 는 2중 결합을 이룬다. 반면 C는 단일 결합을 이루므로 공유 전자쌍의 수는 B_2 가 C_2 보다 많다. ㉮ ④

11

알짜풀이 ● 가. 원자의 크기로부터 핵 사이의 거리 a, b, c에 해당하는 분자는 각각 H_2 , HBr , Br_2 이고, 결합 에너지의 크기는 $E_3 > E_2 > E_1$ 이므로 Br_2 의 결합 에너지가 가장 작다.

오답نب기 ● 나. 단일 결합인 $H-Br$ 에서 H보다 Br의 전기 음성도가 크므로 공유 전자쌍을 효과적으로 잡아당겨 핵 사이의 거리가 H와 Br의 원자 반지름의 합보다 작게 되므로 $b < \frac{a+c}{2}$ 이다.

ㄷ. 결합 수에 따라 결합 에너지가 달라지므로 E_2 는 E_1 이나 E_3 과 관계가 없다. ㉮ ①

12 | 자료 분석하기 |

구분	X_2	HY	HZ
결합 에너지(kJ/mol)	—	432	570
끓는점(°C)	59	-85	—

- 끓는점이 59°C 이므로 X_2 는 상온에서 액체 상태인 Br_2 이다.
- 결합 에너지가 $HY < HZ$ 이므로 원자 번호는 $Y > Z$ 이다.
 - ➔ Y는 Cl이고, Z는 F이다.
 - ➔ 원자 번호는 $Z < Y < X$ 이다.
 - ➔ 결합 길이는 $HZ < HY < HX$ 이다.

알짜풀이 ● 나. 원자 반지름은 $Cl > F$ 이므로 결합 길이는 $Y_2(Cl_2)$ 가 $Z_2(F_2)$ 보다 길다.

ㄷ. 결합 길이는 $HZ < HX$ 이므로 결합 에너지는 $HZ > HX$ 이다. 따라서 원자 사이의 결합을 끊을 때 HZ가 HX보다 더 많은 에너지가 필요하다.

오답탐기 ● ㄱ. $X(Br)$ 는 할로젠 원소이므로 X_2 에는 단일 결합이 존재한다. ㉔ ⑤

13

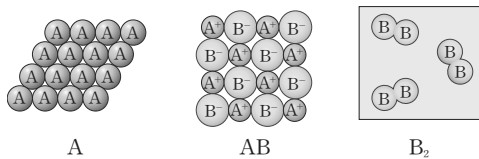
알짜풀이 ● 전기 음성도가 가장 큰 C가 F이므로 A는 N, B는 O, D는 Na, E는 Mg이다.

ㄱ. A_2 의 결합은 3중 결합, B_2 의 결합은 2중 결합이다.

ㄴ. B와 E의 결합은 이온 결합으로 화합물은 전기적으로 중성이어야 한다. 따라서 B와 E는 1 : 1의 입자 수비로 결합하여 이온 결합 물질을 만든다.

오답탐기 ● ㄷ. B와 D가 결합한 화합물은 이온 결합 물질이고, C_2 화합물은 공유 결합 물질이다. 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 이온 결합 물질이다. ㉔ ③

14 | 자료 분석하기 |



- A는 한 가지 원소가 규칙적으로 결합된 금속이다.
- AB는 A^+ 과 B^- 이 결합하여 생성된 이온 결합 물질이다.
- B_2 는 분자로 존재하므로 공유 결합 물질이다.
- B는 비금속 원소이다.

알짜풀이 ● ㄱ. A는 금속 원소이고, B는 비금속 원소이므로 A와 B_2 를 반응시키면 AB가 생성된다.

ㄷ. 금속인 A는 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있고, 이온 결합 물질인 AB는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

오답탐기 ● ㄴ. 금속인 A와 이온 결합 물질인 AB의 녹는점은 주어진 자료만으로는 비교할 수 없다. ㉔ ③

15

알짜풀이 ● A는 C(다이아몬드)이고, B는 I_2 , C는 LiCl, D는 Mg이다.

ㄱ. C(다이아몬드)는 탄소 원자 1개에 다른 탄소 원자가 4개 결합하여 이동할 전자가 없으므로 전기 전도성이 없다.

ㄴ. I는 17족 원소이므로 I_2 은 단일 결합으로 형성된다.

ㄷ. 이온 결합 물질인 LiCl은 용융 상태에서 전기 전도성이 있고, 금속인 Mg은 자유 전자가 이동하므로 전기 전도성이 있다. ㉔ ⑤

16

알짜풀이 ● X는 고체 상태에서 전기를 통하지 않다가 액체 상태가 되면 전기를 통하는 이온 결합 물질이다. Y는 계속 가열해도 전기를 통하지 않으므로 공유 결합 물질이다. 따라서 X에 해당하는 물질은 NaF, NaCl이고, Y에 해당하는 물질은 H_2O 이다. ㉔ ③

●보충 설명●

B는 O, E는 Mg이므로 두 원자가 결합할 때 B는 O^{2-} , E는 Mg^{2+} 가 돼요. 금속 이온이 없는 전자 수와 비금속이 얻는 전자 수가 같으므로 1 : 1의 이온 수비로 결합해요.

●보충 설명●

공유 전자쌍은 결합하는 두 원자가 공유하므로 전자구름이 두 원자 사이에 형성되지만, 비공유 전자쌍은 전자구름이 한 원자에만 모여 있어서 전자구름의 밀도가 크기 때문에 전자쌍 사이의 반발력이 더 커요.

08 분자의 구조

18 ② 전자쌍 반발과 분자의 구조

개념 확인 문제

● 본책 152쪽

- 1 전자쌍 반발 원리 2 평면 삼각형 3 물 4 (1) ① 직선형 ② 굽은형 (2) 109.5° (3) ① 직선형 ② 180° 5 NH_3

3

물(H_2O)은 산소(O) 원자 주위에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은형 구조이다.

5

NH_3 는 중심인 원자 N에 원자 3개가 결합되어 있고, 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형의 입체 구조이다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 153~155쪽

- 기/본/문/제 01 ⑤ 02 ④ 03 ③, ④ 04 ④ 05 (다)-(나)-(가)-(라) 06 ①
실/력/문/제 07 ② 08 ④ 09 ⑤ 10 ③ 11 ④
12 ③ 13 해설 참조 14 ③ 15 ④ 16 ①

01

알짜풀이 ● 공유 전자쌍 사이의 반발력은 비공유 전자쌍 사이의 반발력보다 작다.

오답탐기 ● 전자쌍들은 (-)전하를 띠고 있기 때문에 서로 반발하여 가장 멀리 떨어져 있으려고 한다. 그 이유는 전자쌍들이 가장 멀리 떨어질 때 반발력이 약하고 에너지가 낮아서 안정하기 때문이다. ㉔ ⑤

02

알짜풀이 ● 전자쌍들은 (-)전하를 띠고 있기 때문에 전자쌍들 사이에 서로 반발력이 작용하는데, 반발력을 최소화하여 안정해지기 위해 가장 멀리 떨어진 대칭 구조로 배치된다. ㉔ ④

03

알짜풀이 ● B의 홀전자 수가 3개이므로 BF_3 는 중심 원자인 B에 공유 전자쌍이 3개이다. 따라서 평면 삼각형 구조이다. CO_2 는 중심 원자인 C에 공유 전자쌍이 4개 존재하는데, 결합한 원자 수가 2개이므로 C와 O 사이에 2개의 2중 결합을 하여 직선형 구조를 나타낸다.

오답탐기 ● HF는 직선형, H_2O 은 굽은형, NH_3 는 삼각뿔형 구조를 나타낸다. ㉔ ③, ④

04

알짜풀이 ● (가)는 평면 삼각형, (나)는 정사면체, (다)는 굽은형의 분자 구조이다.

ㄴ. (가)의 결합각은 120° , (나)의 결합각은 109.5° 이다.

ㄷ. (다)는 굽은형이므로 중심 원자 주위에 비공유 전자쌍이 존재한다.

오답نب기 ● ㄱ. 입체 구조인 분자는 (나) 한 가지이다. ㉡ ④

05

알짜풀이 ● (가) CH_4 는 중심 원자인 C에 비공유 전자쌍이 존재하지 않고, 결합하는 원자 수가 4개이므로 정사면체 구조이고, 결합각은 109.5° 이다.

(나) NH_3 는 중심 원자인 N에 비공유 전자쌍이 1개 존재하고, 결합하는 원자 수가 3개이므로 삼각뿔형 구조이고, 결합각은 107° 이다.

(다) H_2O 는 중심 원자인 O에 비공유 전자쌍이 2개 존재하고, 결합하는 원자 수가 2개이므로 굽은형 구조이고, 결합각은 104.5° 이다.

(라) BeF_2 는 중심 원자인 Be에 비공유 전자쌍이 존재하지 않고, 결합하는 원자 수가 2개이므로 직선형 구조이고, 결합각은 180° 이다. ㉡ (다)-(나)-(가)-(라)

06

알짜풀이 ● X는 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)와 (나)에서 X는 비공유 전자쌍을 1개씩 가진다.

나. (가)의 중심 원자는 C(탄소)이고, (나)의 중심 원자는 비공유 전자쌍 1개를 가지므로 X는 N(질소)이다. 따라서 두 중심 원자는 모두 비금속 원소이다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)는 평면 구조이고, (나)는 입체 구조이다. ㄷ. (가)의 중심 원자인 C에는 공유 전자쌍만 존재하고, (나)의 중심 원자인 X에는 비공유 전자쌍 1개가 존재한다. ㉡ ①

07

알짜풀이 ● (나) 전자쌍 수가 3개일 때 전자쌍은 삼각형의 꼭짓점 방향으로 반발하게 된다.

오답نب기 ● (가) 결합각은 전자쌍이 많을수록 작아지므로 3개일 때가 2개일 때보다 작다.

(다) 전자쌍 수가 4개일 때 반발 방향은 사면체 방향이 되어 입체적이다. ㉡ ②

08

알짜풀이 ● ④ 중심 원자 주위의 결합각이 가장 큰 것은 직선형인 (가)이다.

오답نب기 ● ① (가)의 중심 원자는 공유 전자쌍 2개로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

② (나)는 삼각뿔형, (다)는 평면 삼각형으로 분자의 모양은 서로 다르다.

③ (라)는 정사면체로 입체 구조이다.

⑤ (가)~(마) 모두 단일 결합으로 이루어져 있다. ㉡ ④

09

알짜풀이 ● 결합각은 비공유 전자쌍이 많을수록 작아진다. 결합각 α 를 이루는 N 원자는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개를 가지고, 결합각 β 와 γ 를 이루는 C 원자는 공유 전자쌍만 4개를 가진다. 그런데 결합각 β 를 이루는 C 원자는 결합하는 원자가 4개이고, 결합각 γ 를 이루는 C 원자는 결합하는 원자가 3개이므로 결합각 γ 는 β 보다 크다. ㉡ ⑤

우공비 BOX

쉽게쉽게

분자 모형에서 중심 원자에 결합한 원자 수가 공유 전자쌍 수와 같아요. 일반적으로 대칭 구조의 분자 모양이 아닌 경우에는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있어요.

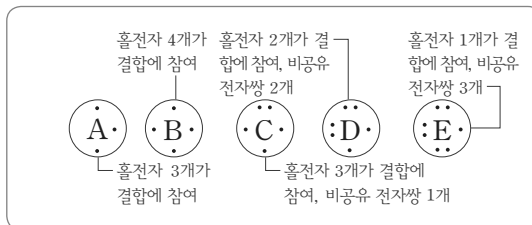
쉽게쉽게

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

10

알짜풀이 ● C는 입체 구조이므로 (다)에 해당하고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자 구조는 (나)와 (다)이므로 A는 (나)에 해당한다. 구성 원자 수는 A와 B가 같으므로 B는 (가)에 해당하고, C와 D가 같으므로 D는 (라)에 해당한다. ㉡ ③

11 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● 나. BE_4 는 공유 전자쌍만 4개이므로 분자 구조는 정사면체이고, 결합각은 109.5° 이다.

ㄷ. BD_2 는 중심 원자인 B에 2중 결합의 전자쌍만 2개 존재하므로 직선형이고, DE_2 는 중심 원자인 D에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 분자 구조는 굽은형이다. 따라서 두 물질의 분자 구조는 모두 평면 구조이다.

오답نب기 ● ㄱ. AE_3 는 중심 원자인 A에 공유 전자쌍만 3개 있으므로 분자 구조는 평면 삼각형이고, CE_3 는 중심 원자인 C에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 분자 구조는 삼각뿔형이다. ㉡ ④

보충 설명

일반적으로 홀전자 수가 많은 원자가 중심 원자가 돼요.

필수 자료

전자쌍 수와 반발 방향은 다음과 같아요.
2개 - 직선형
3개 - 평면 삼각형
4개 - 정사면체

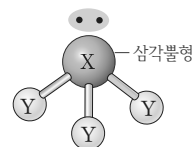
12 | 자료 분석하기 |

X : $1s^2 2s^2 2p^3 \rightarrow$ 15족 원소로, 홀전자 3개

Y : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \rightarrow$ 17족 원소로, 홀전자 1개

• X의 홀전자가 3개이고, Y의 홀전자가 1개이므로 안정한 화합물이 되려면 X가 중심 원자이어야 한다.

• X 1개와 Y 3개가 결합 $\rightarrow \text{XY}_3$ 생성 \rightarrow 중심 원자 X에 Y가 3개 결합, 비공유 전자쌍 1개



알짜풀이 ● X와 Y의 안정한 화합물의 화학식은 XY_3 이다. ㉡ ③

13

모범답안 ● 삼각뿔형, 중심 원자인 X에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 존재하기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 삼각뿔형이라고만 쓴 경우	40 %

14

알짜풀이 ● 분자 구조는 (가)는 직선형, (나)는 굽은형, (다)는 삼각뿔형, (라)는 정사면체이다.

ㄱ. 분자 구조가 평면 구조인 것은 (가)와 (나) 두 가지이다.
 ㄴ. (나), (다), (라)에서 중심 원자가 지닌 전자쌍 수는 모두 4개이므로 전자쌍의 반발 방향은 모두 사면체 구조이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)는 굽은형이므로 결합각은 104.5° 이고, (다)는 삼각뿔형이므로 결합각은 107° 이다. ㉑ ③

15 ○

알짜풀이 ● ㄴ. (나)와 (다)의 구조는 모두 삼각뿔형이다.

ㄴ. (나)와 (다)는 삼각뿔형, (라)는 정사면체이므로 입체 구조이다.

오답نب기 ● (가)는 굽은형이므로 결합각이 104.5° 이고, (나)는 삼각뿔형이므로 결합각이 107° 이다. ㉑ ④

16

알짜풀이 ● ㄱ. 평면 구조를 갖는 것은 직선형인 (가)와 굽은형인 (나)이다.

오답نب기 ● ㄴ. 옥텟 규칙을 만족해야 하므로 비공유 전자쌍이 존재하는 분자는 (나)와 (다)이다.

ㄴ. 결합각은 분자 구조가 직선형인 (가)의 α 가 가장 크고, 삼각뿔형인 (다)의 γ 가 가장 작다. 즉, 결합각은 $\alpha > \beta > \gamma$ 이다. ㉑ ①

19 ㉑ 극성 분자와 무극성 분자

개념 확인 문제

● 본책 157쪽

1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 CH_4 3 극성 공유 결합, 무극성 분자

2

분자 구조가 중심 원자를 중심으로 완전히 대칭 구조인 CH_4 은 무극성 분자이며, 쌍극자 모멘트의 합이 0이다.

3

CO_2 에서 C와 O는 전기 음성도 차이가 나므로 극성 공유 결합이지만, CO_2 는 직선형의 대칭 구조인 분자이므로 무극성 분자이다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 158~159쪽

기/본/문/제 01 ④ 02 (가) 이온 결합 (나) 극성 공유 결합 03 ⑤ 04 (가) Br_2 , CS_2 , CH_4 (나) HF , OF_2 , CH_3F 05 ⑤ 06 ①

실/력/문/제 07 ③ 08 해설 참조 09 ③ 10 ② 11 ①

01

알짜풀이 ● ④ 극성 공유 결합에서 전기 음성도가 큰 원소는 부분적으로 (-)전하를 띤다.

우공비 BOX

조심조심

분자나 이온의 구조를 예측할 때 이온의 전하가 분자 구조에 영향을 주는 것이 아님에 주의하세요. 분자나 이온의 구조를 결정하는 것은 중심 원자가 지닌 전자쌍 수와 종류입니다.

쉽게쉽게

Li와 O 사이의 결합의 종류는 전기 음성도를 이용하여 알 수도 있지만, Li는 금속, O는 비금속이므로 금속과 비금속 사이의 결합은 이온 결합임을 알 수 있어요.

오답نب기 ● ② 서로 다른 원자가 결합하여 전기 음성도 차이에 따라 부분 전하를 띠게 되는 결합을 극성 공유 결합이라고 한다.

③ 공유 결합에서 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘의 크기를 상대적으로 나타낸 값을 전기 음성도라고 한다.

⑤ 두 원자의 전기 음성도 차이가 1.7 이상일 경우 두 원자는 이온 결합을 한다. ㉑ ④

02

알짜풀이 ● (가) Li와 O는 전기 음성도 차이가 2.5로 매우 크므로 Li와 O 사이에는 이온 결합이 형성된다.

(나) H와 C는 전기 음성도 차이가 0.4로 작으므로 H와 C 사이에는 극성 공유 결합이 형성된다.

㉑ (가) 이온 결합 (나) 극성 공유 결합

03

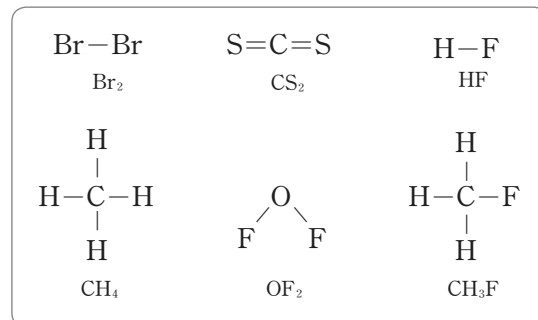
알짜풀이 ● ⑤ $\text{H}-\text{O}$, $\text{H}-\text{N}$, $\text{H}-\text{F}$ 의 결합은 극성 공유 결합에 해당한다.

오답نب기 ● ① 쌍극자 모멘트는 극성의 크기를 나타내므로 쌍극자 모멘트의 합이 클수록 분자의 극성은 커진다.

② 쌍극자 모멘트의 합이 0이면 무극성 분자이므로 부분 전하를 띠지 않는다.

④ 분자 구조가 대칭 구조이면 쌍극자 모멘트의 합이 0이므로 무극성 분자이다. ㉑ ⑤

04 | 자료 ㉑ 분석하기 |



알짜풀이 ● 대칭 구조를 이루어 쌍극자 모멘트의 합이 0인 Br_2 , CS_2 , CH_4 은 무극성 분자이고, 비대칭 구조를 이루어 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 HF , OF_2 , CH_3F 은 극성 분자이다. ㉑ (가) Br_2 , CS_2 , CH_4 (나) HF , OF_2 , CH_3F

05

알짜풀이 ● 물에 잘 녹지 않는 물질은 무극성 분자이다. CCl_4 는 입체 구조이고, 대칭 구조를 이루는 무극성 분자이다. ㉑ ⑤

06

알짜풀이 ● N_2 와 CO_2 는 무극성 분자이고, HBr 와 NH_3 는 극성 분자이다.

ㄴ. 쌍극자 모멘트의 합이 0인 것은 무극성 분자이므로 N_2 와 CO_2 두 가지이다.

오답نب기 ● ㄱ. 물은 극성 분자이므로 물에 잘 녹는 물질은 극성 분자인 HBr 와 NH_3 두 가지이다.

보충 설명

물은 극성 분자예요. 따라서 무극성 분자는 물에 잘 녹지 못해요.

용어 알기

극성

(+)전하와 (-)전하를 동시에 지니는 상태를 의미해요. 극성 공유 결합에서는 전기 음성도가 큰 원자가 부분적인 (-)전하를, 전기 음성도가 작은 원자가 부분적인 (+)전하를 띠므로 극성을 나타내요.

ㄷ. 공유 결합 물질은 액체 상태에서 전류가 흐르지 않는다.

답 ①

07

알짜풀이 ● 분자 구조는 (가)는 굽은형이고, (나)는 삼각뿔형이다. 2주기 원소 중 H와 결합하여 굽은형 구조를 이루는 것은 O(산소)이므로 A는 O이고, H와 결합하여 삼각뿔형 구조를 이루는 것은 N(질소)이므로 B는 N이다.

ㄱ. 전기 음성도는 O가 가장 크고, H가 가장 작다. 따라서 $A(O) > B(N) > H$ 순이다.

ㄷ. (가)의 중심 원자인 O와 F이 결합할 때도 O의 비공유 전자쌍 때문에 굽은형 구조를 이룬다.

오답نب기 ● ㄴ. 비공유 전자쌍의 수가 많을수록 결합각이 작다. 따라서 비공유 전자쌍이 2개인 (가)는 비공유 전자쌍이 1개인 (나)보다 중심 원자의 결합각이 작다.

답 ③

08

알짜풀이 ● 비대칭 구조를 이루는 분자는 극성을 나타낸다.

모범답안 ● PH_3 과 NH_3 는 삼각뿔형, H_2S 는 굽은형으로 비대칭 구조를 이루어 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니기 때문에 PH_3 , NH_3 , H_2S 는 극성 분자이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 극성 분자를 고른 이유만 설명한 경우	60 %
③ 극성 분자만 고른 경우	30 %

09

알짜풀이 ● (가)는 대칭 구조이므로 무극성 분자이고, (나)와 (다)는 비대칭 구조이므로 극성 분자이다.

ㄱ. (나)는 삼각뿔형의 입체 구조이다.

ㄷ. (가)~(다)의 중심 원자는 H와 전기 음성도 차이가 나므로 극성 공유 결합을 한다.

오답نب기 ● ㄴ. (가)는 대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이지만, (다)는 비대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니다.

답 ③

10

알짜풀이 ● A는 1주기 원소인 H(수소)이고, B~E는 2주기 원소이다. B는 O(산소), C는 C(탄소), D는 B(붕소), E는 F(플루오린)이다.

ㄷ. $A_2B(H_2O)$ 는 극성 분자이므로 분자량이 비슷한 무극성 분자인 $CA_4(CH_4)$ 보다 끓는점이 높다.

오답نب기 ● ㄱ. $AE(HF)$ 는 공유 결합 물질이다.

ㄴ. $DE_3(BF_3)$ 은 중심 원자인 B에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 평면 삼각형 구조이다.

답 ②

11

알짜풀이 ● 대전체 쪽으로 액체 줄기가 휘어지는 A는 극성 분자인 H_2O 이고, B는 무극성 분자인 CCl_4 이다.

ㄱ. A는 극성 분자이고, B는 무극성 분자이므로 분자의 극성은 A가 B보다 크다.

오답نب기 ● ㄴ. CCl_4 에서 C와 Cl은 전기 음성도 차이가 나므로 극성 공유 결합을 한다.

우공비 BOX

ㄷ. 극성 분자인 A는 전기장 안에 존재할 때 일정한 방향으로 배열된다.

답 ①

우공비

비법 특강

● 본책 160~161쪽

1 ④ 2 ② 3 ④ 4 ④

1

알짜풀이 ● 공유 결합쌍 개수와 비공유 전자쌍 개수로부터 중심 원자인 A는 14족 탄소(C), B는 15족 질소(N), C는 16족 산소(O)임을 알 수 있다.

ㄴ. (가)는 정사면체, (나)는 삼각뿔형, (다)는 굽은형이므로 입체 구조는 (가)와 (나) 두 가지이다.

ㄷ. 중심 원자가 이루는 결합각은 (가)는 109.5° , (나)는 107° , (다)는 104.5° 이다. 따라서 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.

오답نب기 ● ㄱ. A(C)의 원자 번호가 B(N)의 원자 번호보다 작다.

답 ④

2

알짜풀이 ● ② B는 직선형 구조이므로 중심 원자의 결합각은 180° 이다.

오답نب기 ● ① A는 비대칭 구조를 이루므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니다.

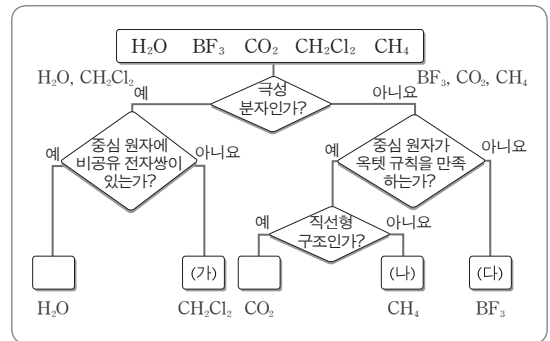
③ C는 중심 원자와 중심 원자에 결합되어 있는 원자의 원자가 전자 수가 다르고, 중심 원자에 같은 원자가 결합되어 있으므로 두 종류의 원자로 구성되어 있다.

④ D는 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 극성 분자이므로 극성인 물에 잘 녹는다.

⑤ C의 중심 원자와 D의 중심 원자의 비공유 전자쌍의 수가 다르므로 서로 다른 원자이다.

답 ②

3 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 CH_2Cl_2 이므로 입체 구조이다.

ㄷ. (다)는 BF_3 이고, 평면 삼각형 구조이므로 결합각은 120° 이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)는 무극성 분자이므로 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되지 않는다.

답 ④

4

알짜풀이 ● (가)는 NH_3 , (나)는 BeH_2 , (다)는 CO_2 , (라)는 H_2O 이다.

ㄴ. (나)와 (라)의 중심 원자에는 2개의 원자가 결합해 있다.
 ㄷ. (다)의 중심 원자인 C는 옥텟 규칙을 만족한다.
오답범기 ● ㄱ. (가)는 비대칭 구조로 극성 분자이다. ㉡ ④

수능분류

실력 굳히기

● 본책 162~165쪽

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

01

알짜풀이 ● 중심 원자의 비공유 전자쌍 수에 따라 (가)는 BF_3 , (나)는 NF_3 , (다)는 OF_2 이다.

ㄱ. BF_3 는 중심 원자인 B 주위에 공유 전자쌍이 3개 있고, 비공유 전자쌍이 없으므로 평면 삼각형의 구조이다.
 ㄷ. 중심 원자에 비공유 전자쌍 수가 많을수록 결합각은 작아진다. 따라서 (나)보다 (다)의 비공유 전자쌍이 더 많으므로 결합각은 (나) > (다)이다.

오답범기 ● ㄴ. NF_3 는 중심 원자인 N 주위에 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 삼각뿔형 구조이다. ㉡ ④

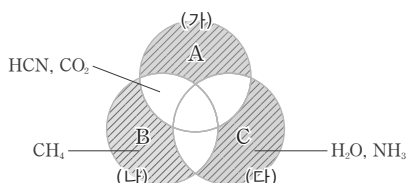
02

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 중심 원자(X)의 종류에 따라 수소 화합물이 달라진다. 즉, 중심 원자(X)가 C일 때 수소 화합물은 CH_4 이고, N일 때는 NH_3 이며, O일 때는 H_2O 이다. 세 가지 수소 화합물의 중심 원자가 갖는 전자쌍 수는 4개로 모두 같으나, 비공유 전자쌍의 수는 CH_4 0개, NH_3 1개, H_2O 2개이므로 비공유 전자쌍이 없는 CH_4 의 결합각이 109.5° 로 가장 크다.

ㄷ. NH_3 와 H_2O 는 전기 음성도가 큰 N나 O가 중심 원자인 수소 화합물이므로 분자 사이에 수소 결합이 형성될 수 있다.

㉡ ⑤

03 | 자료 분석하기 |



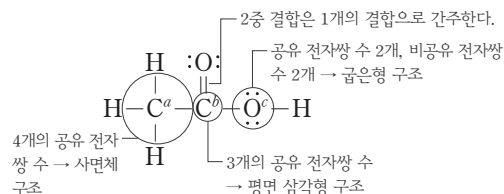
(가) 직선형 구조이다. → HCN , CO_2
 (나) 공유 전자쌍이 4개이다. → HCN , CO_2 , CH_4
 (다) 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있다. → H_2O , NH_3

알짜풀이 ● (가)는 HCN , CO_2 , (나)는 HCN , CO_2 , CH_4 , (다)는 H_2O , NH_3 이다. (가)와 (나)의 공통은 HCN 과 CO_2 이고, (나)와 (다)의 공통과 (가)와 (다)의 공통은 없다. 따라서 A 영역은 0개, B 영역은 CH_4 1개, C 영역은 H_2O , NH_3 2개이다.

㉡ ②

우공비 BOX

04 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● a 위치의 C 원자를 중심으로 사면체 구조이므로 SiH_4 과 CH_4 이 적당한 예이다. b 위치의 C 원자를 중심으로 평면 삼각형 구조이므로, BF_3 가 적당한 예이다. c 위치의 O 원자를 중심으로 굽은형 구조이므로, H_2O 과 H_2S 가 적당한 예이다.

오답범기 ● BeH_2 은 직선형, NH_3 는 삼각뿔형 구조이다. ㉡ ④

● 보충 설명 ●

평면 구조는 분자를 이루는 모든 원자가 같은 평면에 있는 구조로 직선형, 굽은형, 평면 삼각형 구조가 해당돼요. 입체 구조는 삼각뿔형, 정사면체 구조가 해당돼요.

조심조심

중심 원자가 가지고 있는 전자쌍의 수가 같을 때 비공유 전자쌍의 수가 많을수록 결합각은 작아져요.

조심조심

HCN 같은 직선형 구조의 분자나 CHCl_3 같은 사면체형 분자는 중심 원자에 결합한 원자의 종류가 모두 같지 않기 때문에 극성을 나타내요. 무극성 분자가 되려면 대칭 구조이고 결합하는 원자의 종류가 모두 같아서 쌍극자 모멘트의 합이 0이어야 해요.

05

알짜풀이 ● 분자 구조가 입체적이고, 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 극성 분자는 ④이다. ④는 중심 원자 주위에 존재하는 전자쌍이 4개이다.

오답범기 ● ①은 직선형, ②는 굽은형, ③은 평면 삼각형으로 평면 구조이며, ⑤는 정사면체의 입체 구조이지만 쌍극자 모멘트의 합이 0이다. ㉡ ④

06

알짜풀이 ● A의 원자가 전자 수가 4개이고, A~D는 원자 번호가 연속된 원소이므로 A는 탄소(C), B는 질소(N), C는 산소(O), D는 플루오린(F)이다.

ㄱ. B(N)의 홀전자 수가 3개로 가장 많다.

오답범기 ● ㄴ. A(C)와 C(O)는 전기 음성도 차이가 나므로 극성 공유 결합을 형성한다.

ㄷ. $\text{CD}_2(\text{OF}_2)$ 는 대칭 구조가 아니므로 쌍극자 모멘트의 합은 0이 아니다. ㉡ ①

07

알짜풀이 ● 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 0개인 것은 HCN 과 BF_3 이다. HCN 은 직선형 구조이지만 대칭이 아니므로 극성 분자이고, BF_3 는 평면 삼각형 구조이므로 무극성 분자이다. 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1개인 것은 NH_3 이고, 2개인 것은 H_2O 이다. 따라서 (가)는 HCN , (나)는 NH_3 , (다)는 H_2O , (라)는 BF_3 이다.

ㄴ. BF_3 는 평면 삼각형 구조이다.

오답범기 ● ㄱ. HCN 은 중심 원자 C에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 직선형 구조이다.

ㄷ. 중심 원자가 가지고 있는 전자쌍 수가 같을 때 비공유 전자쌍의 수가 많을수록 결합각은 작다. 따라서 (다)의 결합각은 (나)의 결합각보다 작다. ㉡ ②

08

알짜풀이 ● ㄴ. (나)의 중심 원자 B는 공유 전자쌍만 3개 있으므로 (나)는 평면 삼각형 구조이고, (다)는 중심 원자 주위에 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 굽은형이다. 따라서 (나)와 (다)는 평면 구조이다.

오답범기 ● ㄱ. (가)의 C와 O 사이의 2중 결합을 단일 결합으로 간주하면 (가)는 평면 삼각형으로 결합각은 120° 이고, (라)는 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 결합각이 107° 이다.
 ㄴ. 극성 분자는 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 (가), (다), (라) 세 가지이다. ㉑ ①

09 | 자료 분석하기 |

- (나)는 굽은형이므로 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 2개 존재하고, 분자 내 비공유 전자쌍 수가 2개이므로 중심 원자에 결합하는 원자는 비공유 전자쌍을 가지지 않는 H가 결합해야 하므로 H_2O 이다.
 ➔ X, Y는 H와 O에 해당한다.
- (다)는 선형이고, 무극성이므로 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않는 C가 중심 원자이다. 분자 내 비공유 전자쌍 수가 4개이므로 C에 결합하는 원자는 2개의 산소이다.
 ➔ Y, Z는 C와 O에 해당한다.
 ➔ (나)와 (다)에 의해 Y는 O이고, X는 H, Z는 C이다. 따라서 W는 N이다.
 ➔ (가)는 NH_3 , (나)는 H_2O , (다)는 CO_2 , (라)는 HCN이다.

알짜풀이 ● ⑤ 분자당 구성 원자 수는 (가)가 4개로 가장 많다.

오답범기 ● ① (가) NH_3 는 중심 원자인 N에 공유 전자쌍 3개, 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 분자 구조는 삼각뿔형이다.
 ② (라) HCN는 중심 원자인 C에 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 구조는 선형이다.
 ③ (나) H_2O 는 분자 구조가 굽은형이므로 결합각이 104.5° 로 가장 작다.
 ④ (다) CO_2 의 중심 원자인 C는 2개의 원자와 결합되어 있고 비공유 전자쌍이 없으므로 2중 결합을 이룬다. ㉑ ⑤

10

알짜풀이 ● 입체 구조 중 극성 분자인 (가)는 $CHCl_3$, 무극성 분자인 (나)는 CF_4 이다. 평면 구조 중 극성 분자인 (다)는 H_2S , 무극성 분자인 (라)는 CO_2 이다.

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나) 모두 4개이다.

오답범기 ● ㄴ. (가)~(라)는 모두 서로 다른 원자들이 결합하여 생성된 분자이므로 극성 공유 결합이 존재한다.

ㄴ. (다)는 굽은형 구조이고, (라)는 직선형 구조이므로 결합각은 (라)가 (다)보다 크다. ㉑ ①

11

알짜풀이 ● ㄱ. $CA_3(NH_3)$ 는 극성 물질이므로 극성 용매인 $A_2D(H_2O)$ 에 잘 녹는다.

ㄴ. $BD_2(CO_2)$ 와 $BA_4(CH_4)$ 분자는 대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이다.

오답범기 ● ㄴ. $DE_2(OF_2)$ 는 굽은형으로 평면 구조이고, $BE_4(CF_4)$ 는 정사면체로 입체 구조이다. ㉑ ④

12

알짜풀이 ● 원자가 전자 수는 A는 4개, B는 5개, D는 7개이고, 전자껍질이 2개이므로 A는 탄소(C), B는 질소(N), D는 플루오린(F)이다. C는 원자가 전자 수가 1개이고, 전자껍질이 3개이므로 나트륨(Na)이다.

우공비 BOX

쉽게쉽게

H_3O^+ 은 삼각뿔형, H_2O 은 굽은형이요.

용어 알기

배위 결합

한 원자가 일방적으로 내놓은 비공유 전자쌍을 두 원자가 공유하여 이루어지는 결합이요.

쉽게쉽게

원자가 전자 수로부터 A는 수소(H), B는 탄소(C), C는 질소(N), D는 산소(O)임을 알 수 있어요.

필수 자료

- 극성 분자 : 쌍극자 모멘트의 합 $\neq 0$ (비대칭 구조)
- 무극성 분자 : 쌍극자 모멘트의 합 $= 0$ (대칭 구조)

ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 C보다 많다.

ㄴ. $AD_4(CF_4)$ 는 정사면체 구조이고, $BD_3(NF_3)$ 는 삼각뿔형 구조이다. 따라서 결합각은 AD_4 가 BD_3 보다 크다.

ㄴ. $CD(NaF)$ 는 이온 결합 물질이고, $BD_3(NF_3)$ 는 공유 결합 물질이므로 CD가 BD_3 보다 녹는점이 높다. ㉑ ⑤

13

○ **알짜풀이** ● ② H_2O 과 H_3O^+ 의 O는 전자쌍을 4개 가지지만 비공유 전자쌍을 각각 2개, 1개씩 가지므로 결합각은 $H_3O^+ > H_2O$ 이다.

오답범기 ● ① H_3O^+ 에는 1개의 비공유 전자쌍이 있다.

③ BF_3 에서 B와 F 사이의 결합은 전기 음성도 차이가 나므로 극성 공유 결합이다.

④ BF_3 는 평면 삼각형의 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0인 무극성 분자이다.

⑤ BF_3 와 F^- 은 배위 결합을 하여 중심 원자 B가 전자쌍을 4개 가지는 정사면체 구조의 BF_4^- 을 형성한다. ㉑ ②

14

알짜풀이 ● (가)는 분자 구조가 평면 삼각형으로 무극성 분자이고, (나)는 삼각뿔형으로 극성 분자이다. 따라서 분자가 극성인지 무극성인지 확인할 수 있는 실험을 해야 한다. 극성 분자는 전기장 내에서 일정한 방향으로 배열하지만, 무극성 분자는 전기장의 영향을 받지 않는다.

오답범기 ● 기체 상태의 밀도는 질량과 부피와 관계가 있고, 일반적으로 화학 반응 속도로 구조를 예측하기 어렵다. ㉑ ①

15

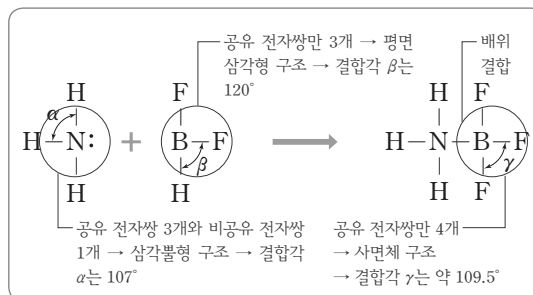
알짜풀이 ● 원자가 전자 수로부터 A는 1주기 1족, B~D는 각각 2주기 14, 15, 16족이다.

ㄴ. $BA_4(CH_4)$ 는 무극성 분자이고, $CA_3(NH_3)$ 는 극성 분자이므로 끓는점은 극성 분자인 CA_3 가 BA_4 보다 높다.

ㄴ. BD_2 는 무극성 분자이다. 따라서 전기장의 영향을 받지 않으므로 일정한 방향으로 배열하지 않는다.

오답범기 ● ㄱ. CD는 비금속 사이의 결합이므로 공유 결합 물질이다. ㉑ ④

16 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. 결합각의 크기는 $\beta > \gamma > \alpha$ 순이다.

오답범기 ● ㄴ. 분자 구조가 입체인 것은 NH_3 , NH_3BF_3 이고, 평면인 것은 BF_3 이다.

ㄴ. NH_3BF_3 은 공유 결합 물질이므로 고체와 액체 상태에서 전류가 흐르지 않는다. ㉑ ①

09

탄소 화합물

20강 사슬 모양 탄화수소

개념 확인 문제

● 본책 168쪽

1 (1) 사슬 모양 (2) 포화 (3) ⑦ 2중(3중) ④ 3중(2중)

2 C_2H_4 , C_4H_8 3 분자 내 탄소 원자 수

2

사슬 모양 탄화수소 중 일반식인 C_nH_{2n+2} 를 만족하는 것은 단일 결합으로 이루어진 포화 탄화수소이고, C_nH_{2n} 을 만족하는 것은 2중 결합 1개를 포함하는 불포화 탄화수소이다.

3

에테인의 분자식은 C_2H_6 , 에텐의 분자식은 C_2H_4 이다. 따라서 분자 내 탄소 원자 수만 같은 값을 갖는다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 169~171쪽

기/본/문/제 01 ⑤ 02 ㄱ, ㄴ, ㄷ 03 ③ 04 ④ 05

③ 06 (1) (가), (라) (2) (나), (다) (3) (다)

실/력/문/제 07 ② 08 해설 참조 09 ⑤ 10 ② 11

⑤ 12 ③ 13 ① 14 ② 15 ⑤

01

알짜풀이 ● ⑤ 탄소 화합물은 결합의 극성 정도가 작고 대체로 무극성 분자가 많으며, 구성 원자 사이에는 공유 결합을 형성하고 있어 반응성이 대체로 작다.

오답넘기 ● ① 탄소 화합물은 대체로 무극성을 나타내므로 분자 사이의 인력이 작아 끓는점이 대체로 낮다.

② 탄소 원자는 원자가 전자가 4개이므로 탄소 1개가 최대 4개의 다른 원자와 결합할 수 있다.

③ 탄소 원자 사이에는 전자쌍 1개를 공유하는 단일 결합뿐만 아니라 전자쌍 2개, 3개를 공유하는 2중 결합, 3중 결합이 존재한다.

④ 탄소 원자는 결합 방식이 다양하여 탄소 원자들이 길게 연속적으로 연결된 사슬 모양 탄화수소뿐만 아니라 탄소 원자들이 고리 모양의 골격을 이루는 고리 모양 탄화수소도 존재한다. ㉠ ⑤

02

알짜풀이 ● ㄱ. 메테인(CH_4)은 탄소 원자 1개와 수소 원자 4개로 이루어져 있으므로 가장 간단한 탄화수소이다.

ㄴ. 2중 결합이 존재하는 탄화수소는 수소 원자가 더 결합할 수 있는 불포화 탄화수소이다.

ㄷ. 탄화수소는 탄소(C)와 수소(H)로만 이루어진 화합물이므로 완전 연소시키면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)만 생성된다. ㉠ ㄱ, ㄴ, ㄷ

● 필수 자료 ●

알케인의 구조 이성질체

알케인에서 탄소 원자 사이의 단일 결합은 결합축을 중심으로 회전이 가능하므로 탄소 원자 수가 2개, 3개인 알케인은 구조 이성질체가 존재하지 않아요. 탄소 원자 수가 4개인 뷰테인부터는 구조 이성질체가 존재해요. 탄소 원자 수가 증가할수록 구조 이성질체의 수는 점차 많아져요.

● 조심조심

화학 반응이 일어나려면 결합이 끊어져야 하는데 탄소 화합물은 결합이 잘 끊어지지 않아서 대체로 반응이 잘 일어나지 않아요.

● 용어 알기

완전 연소

산소가 충분한 상태에서 연소시키는 것을 말해요. 산소가 불충분하면 불완전 연소가 돼요.

03

알짜풀이 ● ㄱ. (가)~(다)는 탄소 원자 주위에 전자쌍이 4개 존재하므로 탄소 원자를 중심으로 사면체의 입체 구조를 갖는다.

ㄴ. 알케인은 탄소 수가 많아질수록 분자 사이의 인력이 증가하여 끓는점이 높아진다. 따라서 끓는점이 가장 높은 것은 (다)이다.

오답넘기 ● ㄷ. 탄소 수가 4개인 뷰테인부터 구조 이성질체가 존재한다. ㉠ ③

04

알짜풀이 ● (가)와 (나)는 분자식은 같지만 구조식이 달라 물질의 성질이 다른 구조 이성질체이다.

ㄱ. 분자식이 같으므로 분자량이 같다.

ㄷ. 탄화수소가 완전 연소하면 탄화수소를 구성하는 탄소 원자 수만큼 이산화 탄소(CO_2) 분자가 생성되고, 수소 원자 수의 $\frac{1}{2}$ 만큼 물(H_2O) 분자가 생성된다. (가)와 (나)를 구성하는 탄소 원자 수와 수소 원자 수가 같으므로 한 분자를 완전 연소시키기 위해 필요한 산소의 양은 같다.

오답넘기 ● ㄴ. 분자의 모양이 다르므로 분자 사이의 인력이 달라서 끓는점이 다르다. ㉠ ④

05

알짜풀이 ● 알케인은 사슬 모양의 지방족 탄화수소이다. 일반식은 C_nH_{2n} 으로, 2중 결합을 포함하고 있는 불포화 탄화수소이다. ㉠ ③

06

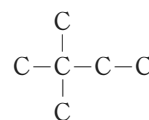
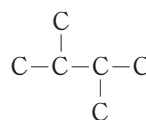
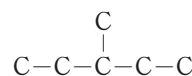
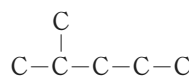
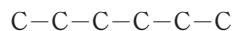
(1) **알짜풀이** ● 알케인은 사슬 모양의 포화 탄화수소로 일반식은 C_nH_{2n+2} 이다. ㉠ (가), (라)

(2) **알짜풀이** ● 불포화 탄화수소는 탄소 원자 사이에 이중 결합을 포함하는 알켄과 알카인이 해당한다. 알켄의 일반식은 C_nH_{2n} 이고, 알카인의 일반식은 C_nH_{2n-2} 이다. ㉠ (나), (다)

(3) **알짜풀이** ● 3중 결합을 포함하고 있는 탄화수소는 알카인이다. ㉠ (다)

07

알짜풀이 ● ② 헥세인에는 분자식이 같지만 탄소의 골격이 서로 다른 구조 이성질체가 존재한다. 헥세인의 구조 이성질체를 탄소 골격만으로 나타내면 다음과 같다.

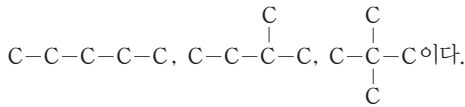


오답넘기 ● ① 헥세인은 분자 내 탄소 원자 수가 6개인 사슬 모양의 탄화수소이다.

- ③ 핵세인은 탄소와 수소로만 이루어진 탄화수소이므로 완전 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성된다.
- ④ 핵세인은 탄소 원자 사이의 결합이 모두 단일 결합인 포화 탄화수소이다.
- ⑤ 분자 내 모든 탄소 원자 주위에 전자쌍 4개가 존재하므로 각 탄소 원자를 중심으로 사면체 구조를 갖는다. 따라서 결합각($\angle HCC$)이 약 109.5° 인 입체 구조이다. **답 ②**

08

모범답안 ● 화학식은 C_5H_{12} 이며, 이성질체의 구조식은



채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 이성질체 구조식만 그린 경우	60 %
③ 화학식만 쓴 경우	30 %

09

알짜풀이 ● ㄱ. 주어진 탄화수소는 일반식이 모두 C_nH_{2n+2} 인 알케인이므로 탄소 원자 사이의 결합은 모두 단일 결합이다.

- ㄴ. 분자를 구성하는 탄소 원자 수가 많을수록 분자 사이의 인력이 커지므로 끓는점이 높아진다.
- ㄷ. 25°C 에서 액체 상태로 존재하려면 녹는점은 25°C 보다 낮고, 끓는점은 25°C 보다 높아야 한다. 주어진 탄화수소 중 끓는점이 25°C 보다 높은 것은 (라)이다. **답 ⑤**

10

알짜풀이 ● ㄴ. (가)~(다)의 분자식이 모두 C_6H_{14} 이므로 분자량이 같다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 같으므로 (가)~(다)의 밀도가 같다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)~(다)의 분자식은 같지만 분자의 구조가 다르므로 분자 사이의 인력이 서로 다르다. 따라서 끓는점이 서로 다르다.

ㄷ. 완전 연소했을 때 생성되는 이산화 탄소 수는 탄화수소의 탄소 원자 수와 같다. (가)~(다)의 탄소 원자 수는 모두 같으므로 생성되는 이산화 탄소 수도 같다. **답 ②**

11

알짜풀이 ● ㄱ. 탄소 원자 사이에 결합 수가 증가할수록 결합의 세기가 강해지고 결합 길이도 짧아진다. 따라서 탄소 원자 사이의 결합 길이는 단일 결합 > 2중 결합 > 3중 결합이므로 탄소 원자 사이의 결합 길이는 (가)가 (나)보다 길다.

ㄴ. (나)는 각 탄소를 중심으로 평면 삼각형 구조이며, (다)는 각 탄소를 중심으로 직선형 구조이다. 즉, (나)와 (다)는 모두 평면 구조이므로 성분 원자들이 모두 동일한 평면에 존재한다.

ㄷ. (나)는 평면 삼각형 구조를 가지므로 결합각($\angle HCC$)은 약 120° 이고, (다)는 직선형 구조를 가지므로 결합각($\angle HCC$)은 180° 이다. 따라서 결합각은 (다)가 (나)보다 크다. **답 ⑤**

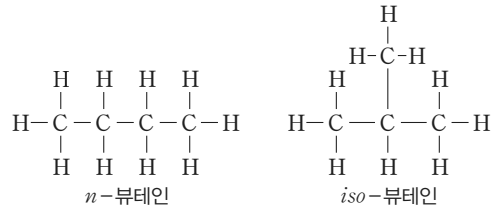
우공비 BOX

12

알짜풀이 ● 탄소 원자 수가 4개인 사슬 모양의 탄화수소 중 2중 결합을 가지는 탄화수소 A는 뷰텐(C_4H_8)이고, 3중 결합을 가지는 B는 뷰타인(C_4H_6)이다. 다중 결합이 없는 사슬 모양의 탄화수소 C는 뷰테인(C_4H_{10})이다.

ㄱ. 분자량은 수소 원자 수가 더 많은 A가 B보다 크다.

ㄷ. C는 사슬 모양의 포화 탄화수소인 뷰테인(C_4H_{10})이다. 뷰테인에는 분자식이 같지만 구조식이 다른 두 가지 이성질체가 존재한다.



오답نب기 ● ㄴ. 뷰타인은 단일 결합을 가진 탄소 원자 중심으로는 사면체 구조이며, 3중 결합을 가진 탄소 원자와 결합한 원자만 같은 평면에 존재한다. 즉, 뷰타인은 모든 원자가 동일한 평면에 존재하지 않으므로 입체 구조를 이룬다. **답 ③**

13

알짜풀이 ● 탄화수소(C_nH_m)가 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 분자 수는 n 개, H_2O 분자 수는 $\frac{m}{2}$ 개이다. 탄화수소 X가 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 분자 수는 H_2O 분자 수의 2배이므로 탄화수소 X를 구성하는 탄소 원자 수와 수소 원자 수는 같아야 한다. 보기의 물질 중 C_2H_2 는 사슬 모양의 불포화 탄화수소로, 주어진 조건을 충족한다. **답 ①**

14

알짜풀이 ● ㄷ. (가)와 (나) 분자 1개에 탄소 원자 수가 3개로 같으므로 분자 1개가 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 분자 수는 3개로 같다.

오답نب기 ● ㄱ. 분자식이 (가)는 C_3H_8 , (나)는 C_3H_6 로 다르므로 이성질체가 아니다.

ㄴ. (가)와 (나)는 탄소 원자 사이에 단일 결합이 존재하므로 사면체의 입체 구조를 이룬다. 따라서 구성 원자들이 모두 같은 평면에 위치하지 못한다. **답 ②**

15

알짜풀이 ● 생성된 CO_2 수는 탄화수소의 C 원자 수와 같고, H_2O 수는 탄화수소의 H 원자 수의 $\frac{1}{2}$ 배이다. (가)~(다)의 분자 10개씩을 완전 연소시켰으므로 탄화수소 분자 1개를 연소시키면 주어진 자료의 $\frac{1}{10}$ 배의 CO_2 와 H_2O 이 생성된다. 따라서 (가)는 C_2H_6 , (나)는 C_2H_4 , (다)는 C_2H_2 이다.

ㄱ. (가)는 에테인으로 포화 탄화수소이므로 단일 결합만으로 이루어진 물질이다.

ㄴ. (나)는 2중 결합이 존재하고, (다)는 3중 결합이 존재하므로 결합 길이는 (나)가 (다)보다 길다.

ㄷ. (다)는 C_2H_2 이므로 3중 결합이 존재한다. **답 ⑤**

●보충 설명●

아보가드로 법칙

같은 온도와 압력에서 같은 부피의 기체에는 같은 수의 기체 분자가 들어 있어요.

조심조심

이성질체의 조건

이성질체 관계가 있으려면, 우선 분자식이 같아야 해요. 분자식이 다르면 이성질체가 아니에요.

조심조심

알케인의 구조

탄소 수가 3개 이상인 알케인의 경우에는 탄소 원자 사이가 단일 결합인 부분도 존재해요. 따라서 이 탄소 원자 주위에는 전자쌍이 4개 존재하므로 사면체 구조를 가지게 되어 입체 구조를 이루어요.

21 ㉔ 고리 모양 탄화수소

개념 확인 문제

● 본책 173쪽

1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 2 C_4H_8 , C_3H_6 , C_6H_{12} 3
(가) 5개 (나) 5개

1

(2) 사이클로헥센에는 탄소 원자 사이에 2중 결합이 존재한다.
(4) 벤젠의 탄소와 탄소 사이의 결합 길이는 단일 결합과 2중 결합의 중간 정도의 길이로 모두 같다.

2

고리 모양의 포화 탄화수소의 일반식은 C_nH_{2n} 이다.

문제 다지기

● 본책 174~175쪽

기/본/문/제 01 ③ 02 ① 03 ③ 04 ③ 05 ②

실/력/문/제 06 ④ 07 해설 참조 08 ② 09 ②

10 ②

01

알짜풀이 ● ③ 사이클로알케인에서 탄소 원자 수가 3개인 사이클로프로페인은 탄소 원자 사이의 결합각이 약 60° 이고, 탄소 원자 수가 4개인 사이클로뷰테인은 탄소 원자 사이의 결합각이 약 90° 이다.

오답넘기 ● ① 사이클로알케인은 고리 모양의 포화 탄화수소로, 탄소 원자 사이의 결합은 모두 단일 결합이다.

② 사이클로알케인의 일반식은 C_nH_{2n} 이고, 사슬 모양으로 탄소 원자 사이에 2중 결합이 1개 있는 알켄의 일반식도 C_nH_{2n} 이다. 즉, 분자식이 서로 같고 구조식이 다른 이성질체 관계이다.

④ 사이클로알케인에서 탄소 원자 주위에는 전자쌍이 4개 존재하므로 모두 입체 구조를 갖는다.

⑤ 사이클로알케인의 일반식은 C_nH_{2n} 으로 탄소 원자와 수소 원자의 개수비는 1 : 2이다. ㉔ ③

02

알짜풀이 ● ㄱ. 탄소 원자 사이의 결합이 단일 결합으로만 이루어진 포화 탄화수소이다.

오답넘기 ● ㄴ. 모두 입체 구조이다.

ㄷ. 사이클로프로페인은 삼각형 구조를 이루고 있어 탄소 원자 사이의 결합각($\angle CCC$)이 약 60° 이지만, 사이클로헥세인은 탄소 원자 사이의 결합각이 약 109.5° 이다. ㉔ ①

03

알짜풀이 ● ③ 사이클로헥센은 일반식이 C_nH_{2n-2} 인 고리 모양의 불포화 탄화수소이다.

우공비 BOX

보충 설명

사이클로헥센처럼 탄소 원자 사이에 2중 결합이 있는 경우 평면 구조라고 생각하기 쉬워요. 물론 2중 결합을 하는 탄소 원자와 이 탄소 원자에 결합된 수소 원자는 같은 평면에 존재해요. 그러나 단일 결합을 하고 있는 탄소 원자 주위에는 전자쌍이 4개 존재하므로 사면체의 입체 구조를 이루어요.

쉽게쉽게

벤젠은 평면 구조이고, 탄소와 탄소 사이의 결합 길이는 모두 같다는 것을 기억하세요.

오답넘기 ● ①, ② 사이클로헥센은 탄소 원자 사이에 2중 결합이 포함되어 있다. 단일 결합을 하고 있는 탄소 원자는 탄소 원자 주위에 전자쌍이 4개 존재하므로 사면체 구조이다. 따라서 평면 구조가 아니다.

④ 헥센의 분자식은 C_6H_{12} 이고, 사이클로헥센은 C_6H_{10} 이다.

⑤ 사이클로헥센은 탄소 원자 사이에 2중 결합이 존재하므로 탄소 원자 사이의 결합 길이가 모두 같지 않다. ㉔ ③

04

알짜풀이 ● ③ 벤젠은 두 가지 구조가 혼성된 공명 구조로, 탄소 원자 사이의 결합이 모두 같다. 따라서 벤젠에서 탄소 원자 사이의 결합 길이는 모두 같다.

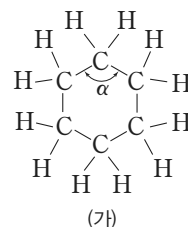
오답넘기 ● ① 탄소 원자 사이가 모두 단일 결합이 아니므로 불포화 탄화수소이다.

②, ⑤ 벤젠에서 탄소 원자 주위에 3개의 원자가 결합하고 있으므로 결합각($\angle CCC$)이 120° 인 정육각형의 평면 구조를 갖는다.

④ 탄소 원자 사이의 결합 길이는 2중 결합과 단일 결합의 중간 정도의 길이로 단일 결합 길이보다 짧다. ㉔ ③

05 | 자료 분석하기 |

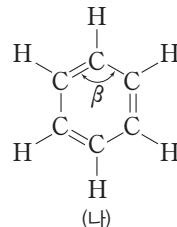
탄소 원자가 4개의 원자와 결합
→ 사면체의 입체 구조



• (가)는 사이클로헥세인(C_6H_{12}), (나)는 벤젠(C_6H_6)이다.

• (가)는 탄소 원자를 중심으로 사면체 모양을 하는 입체 구조이며, 결합각($\angle CCC$)은 약 109.5° 이다. (나)는 탄소 원자 6개가 고리 모양으로 연결된 정육각형의 평면 구조로 결합각($\angle CCC$)은 120° 이다.

탄소 원자가 3개의 원자와 결합
→ 평면 구조



알짜풀이 ● ㄷ. (가)는 탄소 원자 사이가 단일 결합이고, (나)는 단일 결합과 2중 결합의 중간 형태의 결합이므로 결합 길이는 (가) > (나)이다.

오답넘기 ● ㄱ. (가)는 입체 구조이지만, (나)는 정육각형의 평면 구조이다.

ㄴ. 결합각은 α가 약 109.5° 이고, β가 120° 이므로 $\alpha < \beta$ 이다. ㉔ ②

06

알짜풀이 ● ㄴ. (가)는 탄소 원자의 고리 모양이 삼각형이므로 탄소 원자 사이의 결합각이 약 60° 이고, (나)는 사각형이므로 약 90° , (다)는 오각형이므로 약 108° 이다. 따라서 결합각은 (다)가 가장 크다.

ㄷ. 세 가지 탄화수소는 모두 고리 모양의 포화 탄화수소인 사이클로알케인으로 일반식이 C_nH_{2n} 이다. 따라서 한 분자를 구성하는 탄소 원자 수와 수소 원자 수의 비가 1 : 2로 모두 같다.

오답넘기 ● ㄱ. (가)~(다)는 모두 단일 결합 물질이므로 분자를 구성하는 모든 원자가 같은 평면에 존재하지 않는 입체 구조이다. ㉮ ④

07

알짜풀이 ● (가)에서는 원자들이 가려져 있지만, (나)에서는 원자들이 서로 엇갈려 있다. 따라서 원자 사이의 반발력은 (나)가 작으므로 더 안정하다.

모범답안 ● (나), 분자를 구성하는 원자들이 서로 엇갈려 있는 (나)가 (가)보다 원자 사이의 반발력이 작기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② (나)라고 쓰고, 단순히 반발력이 작다고 설명한 경우	60 %
③ (나)라고만 쓴 경우	30 %

08

알짜풀이 ● 분자식은 (가) C_6H_{12} , (나) C_6H_{10} , (다) C_6H_6 이다.
ㄷ. 탄화수소를 완전 연소시킬 때 생성되는 이산화 탄소의 분자 수는 탄화수소의 탄소 원자 수와 같다. 한 분자를 이루는 탄소 원자 수가 모두 6개로 같으므로 한 분자를 완전 연소시키면 모두 이산화 탄소 분자 6개가 생성된다.

오답넘기 ㄱ. (가)와 (나)는 입체 구조이고, (다)는 평면 구조이다.

ㄴ. (가)는 포화 탄화수소이고, (나)와 (다)는 불포화 탄화수소이다. ㉮ ②

09

알짜풀이 ● ㄷ. (가)와 (나)는 분자식이 C_3H_6 으로 같지만 구조식이 다른 구조 이성질체 관계이다.

오답넘기 ● ㄱ. (가)는 2중 결합이 있으므로 사슬 모양의 불포화 탄화수소이지만, (나)는 모두 단일 결합으로 이루어져 있으므로 고리 모양의 포화 탄화수소이다.

ㄴ. (가)와 (나)의 분자식은 같으므로 분자량이 같다. ㉮ ②

10

알짜풀이 ㄱ, ㄴ. 프로펜은 알켄으로 분자식이 C_3H_6 이고, 사이클로헥세인은 사이클로알켄으로 분자식이 C_6H_{12} 이다. 따라서 두 화합물 모두 탄소 원자와 수소 원자 수의 비는 1 : 2이다. 사이클로헥세인을 구성하는 탄소 원자 수와 수소 원자 수는 프로펜의 2배이므로 분자의 상대적 질량비는 1 : 2이다.

오답넘기 ㄷ. 프로펜과 사이클로헥세인의 실험식이 CH_2 로 같으므로 같은 질량을 완전 연소시키기 위해 필요한 산소의 양은 서로 같다. ㉮ ②

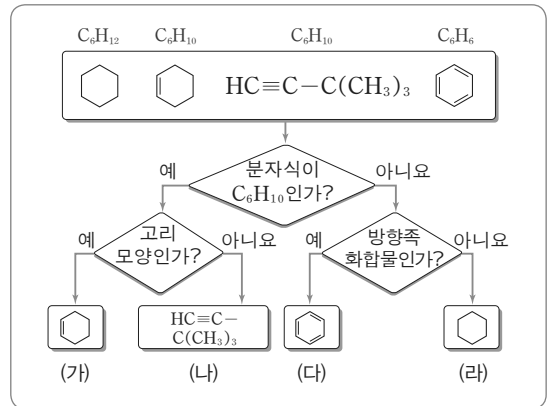
우공비 BOX

조심조심

사이클로헥세인의 두 가지 형태

사이클로헥세인은 상온에서 의자형과 배형 두 가지 형태로 존재해요. 이 두 가지 형태는 구조식이 같기 때문에 구조 이성질체는 아니에요.

1 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. (가)와 (나)는 다중 결합을 포함하고 있으므로 불포화 탄화수소이다.

ㄴ. (나)에는 3중 결합이 존재한다.

ㄷ. 탄소 원자 사이의 결합 길이는 단일 결합인 (라)가 (다)보다 길다. ㉮ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2

알짜풀이 ● (가) 사이클로펜테인과 펜텐은 분자식이 C_5H_{10} 으로 같지만 구조식이 다른 구조 이성질체이다.

(나) C—C 결합 길이가 같은 것은 벤젠과 단일 결합으로만 이루어진 사이클로펜테인이다.

(다) 주어진 분자는 모두 탄소와 수소로만 이루어져 있으므로 완전 연소시키면 이산화 탄소와 물만 생성된다. ㉮ ⑤

3

알짜풀이 ● B는 탄소 수가 3개이고 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{수소 수}}$ 가 0.5이므로 A는 B보다 수소의 비율이 더 크고, 사슬 모양의 탄화수소이므로 A는 C_3H_8 이다.

ㄱ. 분자 내에 수소 수가 A가 B보다 더 많기 때문에 분자량은 A가 B보다 크다.

ㄴ. A와 B의 구조식은 각각 $CH_3-CH_2-CH_3$,

$CH_2=CH-CH_3$ 이다. 따라서 결합한 원자 수가 4개인 C가 각각 존재하므로 A와 B 모두 입체 구조이다.

ㄷ. 평균 결합 길이는 단일 결합으로만 이루어진 A가 더 길다. ㉮ ⑤

4

알짜풀이 ● (가)는 에테인(C_2H_6), (나)는 에텐(C_2H_4), (다)는 프로펜(C_3H_8)이다.

ㄴ. 포화 탄화수소는 (다) 한 가지이다.

오답넘기 ● ㄱ. 고리 모양 탄화수소는 없다.

ㄷ. (가)와 (나)는 평면 구조이고, (다)는 입체 구조이다. ㉮ ①

5

알짜풀이 ● ㄴ, ㄷ. 단일 결합만 존재하는 (가)는 포화 탄화수소이고, 다중 결합이 존재하는 (나)는 불포화 탄화수소이다. 결합 길이는 (가)가 (나)보다 더 길다.

오답넘기 ● ㄱ. (가)는 입체 구조이지만, (나)는 평면 구조이다. ㉮ ④

필수 자료

사이클로알켄인과 알켄

사이클로알켄인	알켄
고리 모양	사슬 모양
포화 탄화수소	불포화 탄화수소
탄소 원자 수가 같은 경우 분자식이 같은 이성질체 관계예요.	

쉽게쉽게

탄소 수가 3개인 사슬 모양 탄화수소는 C_3H_8 , C_3H_6 , C_3H_4 이 있어요.

우공비

비법 특강

● 본책 176~178쪽

1 ㄱ, ㄴ, ㄷ 2 ⑤ 3 ⑤ 4 ① 5 ④ 6 ①

6

알짜풀이 ● (가)는 사이클로헥세인(C_6H_{12}), (나)는 사이클로헥센(C_6H_{10}), (다)는 사이클로헥사다이엔(C_6H_8), (라)는 벤젠(C_6H_6)이다.

ㄱ. 분자량이 가장 큰 것은 수소 수가 가장 많은 (가)이다.

오답탐기 ● 나. 분자 내 탄소와 탄소 사이의 결합 길이가 모두 같은 것은 (가)와 (라)이다.

ㄷ. 완전 연소했을 때 생성된 물 분자 수는 탄화수소의 수소 원자 수의 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 물 분자 수가 가장 많은 것은 (가)이다. **답 ①**

수능분제

실력 굳히기

● 본책 179~183쪽

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

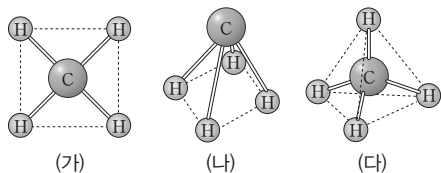
01

알짜풀이 ● ㄱ. 탄소 수가 4개인 사슬 모양 포화 탄화수소의 화학식은 C_4H_{10} 이다.

나. 탄화수소는 탄소 수가 많을수록 녹는점과 끓는점이 대체적으로 높아진다. 따라서 C_5H_{12} 의 끓는점은 $-0.5^\circ C$ 보다 높다.

오답탐기 ● ㄷ. 탄소 수가 많아질수록 분자량은 증가하고, 대체적으로 녹는점과 끓는점이 높아진다. **답 ③**

02 | 자료 분석하기 |



- (가), (나), (다)의 분자식은 같다. → 분자량이 같다.
- (가)~(다) 모두 분자식이 같으므로 완전 연소시켰을 때 생성되는 물질의 종류가 같다.
- CH_2Cl_2 의 이성질체
(가), (나) : 대각선 방향의 수소 원자 2개가 Cl 원자 2개로 치환된 경우와 인접한 수소 원자 2개가 Cl 원자 2개로 치환된 경우인 두 종류의 이성질체가 존재한다.
(다) : 어느 수소 원자 2개가 Cl 원자 2개로 치환되더라도 구조가 같고 모두 극성인 물질 한 가지만 존재한다.

알짜풀이 ● ㄷ. (다)의 구조를 갖는 경우 (가), (나)의 구조와는 달리 CH_2Cl_2 의 이성질체가 존재하지 않는다.

오답탐기 ● ㄱ, 나. (가)~(다)는 모두 분자식이 같으므로 분자량이나 완전 연소시켰을 때 생성되는 물질의 종류가 모두 같아서 구분할 수 없다. **답 ③**

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

사이클로헥사다이엔에는 2중 결합이 2개 존재해요. 다중 결합 개수가 2개일 때는 *di*-(다이-), 3개일 때는 *tri*-(트라이-)라고 붙여 읽어요.

쉽게쉽게

알케인 분자 내 탄소 원자 수의 증가와 완전 연소

알케인에서 분자 내 탄소 원자 수가 증가하면 한 분자를 이루는 수소 원자 수도 증가하므로 한 분자를 완전 연소시키는 데 필요한 산소 분자 수는 증가하고, 완전 연소에 필요한 산소의 질량도 증가하게 돼요.

● 보충 설명 ●

수소 원자 2개가 염소 원자로 치환되면 C-H 결합과 C-Cl 결합의 극성 정도가 다르게 되고, C-Cl 결합이 서로 상쇄되지 않으면 분자가 극성을 띠게 돼요. 따라서 서로 반대 방향으로 상쇄되면 무극성이 돼요.

● 보충 설명 ●

탄소 수가 3개인 탄화수소이므로 탄소 수와 수소 수의 비로 탄화수소를 찾으면 돼요. $\frac{\text{탄소 수}}{\text{수소 수}}$ 가 0.5인 B는 수소 수가 탄소 수의 2배이므로 C_3H_6 이에요. $\frac{\text{탄소 수}}{\text{수소 수}}$ 가 0.75인 C는 탄소 수 : 수소 수 = 3 : 4이므로 C_3H_4 이지요. 따라서 A는 C_3H_8 입니다.

03

알짜풀이 ● ㄱ. (가)의 그래프에서 알케인의 분자 내 탄소 원자 수가 증가할수록 끓는점이 높아진다.

ㄷ. (나)의 그래프에서 알케인 1g당 완전 연소에 필요한 산소의 질량은 감소하므로 같은 질량의 알케인의 완전 연소시킬 때 필요한 산소의 질량이 감소한다.

오답탐기 ● 나. 분자 내 탄소 원자 수가 증가하면 수소 원자의 수도 증가하므로 한 분자를 완전 연소시키는 데 필요한 산소의 양은 증가한다. **답 ④**

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가)~(다)에서 탄소 원자에 결합된 원자가 4개 존재하므로 입체 구조를 갖는다.

나. (가)~(다)는 사슬 모양의 포화 탄화수소인 알케인이다. 알케인은 탄소 수가 많아질수록 분자량이 증가하여 끓는점이 높아진다. 따라서 끓는점이 가장 높은 것은 (다)이다.

오답탐기 ● ㄷ. 탄소 수가 4개인 뷰테인부터 분자식이 같고 구조식이 다른 구조 이성질체가 존재한다. **답 ③**

05

알짜풀이 ● 탄소 수가 2개인 탄화수소에는

에테인(H_3C-CH_3), 에텐($H_2C=CH_2$), 에타인($HC\equiv CH$) 세 가지가 있다. 한 분자당 수소 수와 탄소 간 결합 길이는 모두 에타인 < 에텐 < 에테인의 순이다. 따라서 (가)는 에타인, (나)는 에텐, (다)는 에테인이다.

나. 에텐은 분자 내 모든 원자가 동일 평면에 존재하는 평면 구조이다.

ㄷ. 완전 연소될 때 생성되는 물 분자 수는 수소 원자 수의 $\frac{1}{2}$ 이므로, 한 분자가 완전 연소될 때 생성되는 물 분자 수는 (가)는 1개, (나)는 2개, (다)는 3개이다.

오답탐기 ● ㄱ. 탄소 간 결합 길이는 단일 결합인 에테인(다)이 3중 결합인 에타인(가)보다 길다. **답 ④**

06

알짜풀이 ● 사슬 모양의 불포화 탄화수소이면서 한 분자를 이루는 탄소 원자 수와 수소 원자 수가 1 : 2이므로 일반식은 C_nH_{2n} 이다. 또한, 한 분자를 완전 연소시켰을 때 이산화탄소 세 분자가 생성되므로 한 분자를 이루는 탄소 수는 3개이다. 따라서 탄화수소 X의 분자식은 C_3H_6 이다.

ㄱ. 분자량은 $(3 \times 12) + (6 \times 1) = 42$ 이다.

ㄷ. C_3H_6 은 탄소 원자 사이에 2중 결합을 1개 가진다.

오답탐기 ● 나. C_3H_6 의 구조식은 $CH_2=CH-CH_3$ 이므로 탄소 원자 사이의 결합이 단일 결합으로 이루어진 탄소 원자도 있다. 따라서 평면 구조가 아니다. **답 ④**

07

알짜풀이 ● 사슬 모양 탄화수소이므로 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{수소 수}}$ 값이 가장

작은 A는 포화 탄화수소인 프로페인(C_3H_8)이고, B는 2중 결합을 가진 프로펜(C_3H_6), C는 3중 결합을 가진 프로파인(C_3H_4)이다.

ㄱ. 분자량은 수소 수가 가장 많은 A가 가장 크다.

오답범기 ● 나. A~C는 모두 입체 구조이다.

ㄷ. 한 분자를 완전 연소시킬 때 생성되는 이산화 탄소의 분자 수는 탄화수소의 탄소 수와 같으므로 A~C 모두 같다. **답 ①**

08

알짜풀이 ● 구조식을 완성하면 ㉠은 2중 결합, ㉡은 3중 결합이다.

ㄷ. 탄소 원자 사이에 결합 수가 증가할수록 결합 길이가 짧아지므로 탄소 원자 사이의 결합 길이는 단일 결합 > 2중 결합 > 3중 결합이다.

오답범기 ● 가. 2중 결합과 3중 결합을 포함하고 있지만 양쪽의 탄소와 수소가 같은 평면에 존재하고 있지 않다.

나. 3중 결합을 포함한 β가 α보다 더 크다. **답 ②**

09

알짜풀이 ● 탄화수소 한 분자가 완전 연소될 때 생성되는 물 분자 수는 탄화수소의 수소 원자 수의 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 (가)는 C_3H_8 (프로페인), (나)는 C_3H_6 (프로펜), (다)는 C_3H_6 (사이클로프로페인), (라)는 C_3H_4 (프로파인)이다.

나. (나)와 (다)는 분자식이 같고, 구조가 다른 구조 이성질체 관계이다.

오답범기 ● 가. (가)는 분자식이 C_3H_8 이므로, 탄소 원자와 수소 원자 수의 비는 3 : 8이다.

ㄷ. (라)는 구조식이 $CH_3-C\equiv CH$ 이므로, 탄소 원자 사이에 3중 결합을 가지는 불포화 탄화수소이다. **답 ②**

10

알짜풀이 ● (가)의 완전 연소 시 생성되는 물 분자 수가 3개이므로 탄화수소의 수소 원자 수는 6개이다. 따라서 (가)는 C_4H_6 (뷰타인)이다.

(나)는 수소가 첨가될 수 있으므로 불포화 탄화수소이다. 사슬 모양 중 불포화 탄화수소는 C_4H_8 과 C_4H_6 이 있다. 따라서 (나)는 C_4H_8 (뷰텐)이다. (다)는 모두 단일 결합인 고리 모양의 탄화수소이므로 C_4H_8 (사이클로뷰텐)이다.

가. (가)의 분자식은 C_4H_6 이므로 실험식은 C_2H_3 이다.

ㄷ. (나)와 (다)는 분자식이 같고, 구조가 다르므로 구조 이성질체이다.

오답범기 ● 나. (나)는 사슬 모양이므로 구조식이 $CH_3-CH_2-CH=CH_2$ 와 같이 2중 결합이 포함되어 있다. **답 ③**

11 | 자료 분석하기 |

탄화수소	분자식	H 원자 3개와 결합된 C원자($-CH_3$)의 수
(가)	C_3H_4	1
(나)	C_3H_6	1
(다)	C_3H_6	0
(라)	C_3H_8	2

- (가)는 3중 결합을 1개 가진 $H-C\equiv C-CH_3$ 이다.
- (나)는 2중 결합을 1개 가진 $H_2C=CH-CH_3$ 이다.
- (다)는 고리 모양의 사이클로프로페인이다.
- (라)는 포화된 사슬 모양의 $H_3C-CH_2-CH_3$ 이다.

우공비 BOX

보충 설명
C 원자는 홀전자 4개이므로 원자가 최대 4개 결합할 수 있어요. 따라서 C_2H_4 에 수소 한 분자를 첨가하면 C_2H_6 이 생성되죠.

쉽게쉽게

폴리렌은 1개의 탄소 원자가 3개의 다른 탄소 원자와 결합을 해요. 따라서 탄소 원자 1개당 1.5결합을 하는 것이죠.

쉽게쉽게

탄화수소의 분자식이 서로 같을 때는 사슬 모양인지, 고리 모양인지 생각해 봐야 해요.

알짜풀이 ● 가. 가운데 있는 탄소에는 비공유 전자쌍이 없고 2개의 원자와 결합되어 있으므로 3개의 탄소 원자의 중심은 동일 직선상에 존재한다. 따라서 탄소 사이의 결합각은 180° 이다.

나. 2중 결합을 가진 것은 (나) 한 가지이다

ㄷ. 탄소 사이의 결합각이 가장 작은 것은 삼각형 고리 모양의 구조인 (다)이다. **답 ⑤**

12

알짜풀이 ● 나. (가)와 (나)는 모두 입체 구조로 O 원자들은 모두 같은 평면에 존재하지 않는다.

ㄷ. 한 분자를 완전 연소시킬 때 생성되는 물 분자 수는 분자를 구성하는 수소 원자 수가 많을수록 많다. (가)의 분자식은 $C_6H_{12}O_6$, (나)의 분자식은 $C_5H_{10}O_4$ 이므로 (가)가 (나)보다 더 많은 물 분자를 생성한다.

오답범기 ● 가. 분자를 구성하는 탄소 원자 수는 (가)가 (나)보다 더 많다. **답 ⑤**

13

알짜풀이 ● 나. (가)는 평면 구조이므로 분자를 구성하는 모든 원자가 같은 평면에 존재한다.

ㄷ. (가)는 탄소 원자 사이의 결합이 2중 결합, (나)는 단일 결합, (다)는 단일 결합과 2중 결합의 중간 형태의 결합이므로 탄소 원자 사이의 결합 길이는 (가) < (다) < (나)이다.

오답범기 ● 가. (가)에 수소 한 분자를 첨가하면 에테인(C_2H_6)이 생성된다. **답 ④**

14

알짜풀이 ● (가)는 벤젠, (나)는 사이클로헥세인, (다)는 폴리렌(C_{60})의 구조이다.

⑤ (가)는 1개의 탄소 원자에 다른 탄소 원자 2개와 수소 원자 1개가 결합하고, 폴리렌은 1개의 탄소 원자에 다른 탄소 원자 3개가 결합한다.

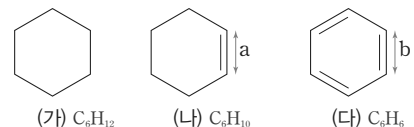
오답범기 ● ① (나)는 C_6H_{12} 로 실험식은 CH_2 이다.

② 폴리렌은 육각형(결합각 약 120°)과 오각형(결합각 약 108°)으로 이루어져 있다.

③ 폴리렌은 한 원자당 3개의 공유 결합을 하고 있으므로 탄소-탄소 결합이 $60 \times 1.5 = 90$ 개이다.

④ (나)는 각 탄소 원자를 중심으로 사면체 모양을 하므로 입체 구조이다. **답 ⑤**

15 | 자료 분석하기 |



- 모두 탄소 수가 6개인 고리 모양 탄화수소이다.
- (가)는 포화 탄화수소이다.
→ 한 분자를 이루는 수소 원자 수는 (가)가 가장 많다.
- (가)와 (나)에는 다른 원자 4개와 결합하는 탄소 원자가 있다.
→ 입체 구조이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 포화 탄화수소인 (가)에서 수소 원자 수가 가장 많다.

ㄴ. (다)는 공명 구조로, 정육각형의 평면 구조를 갖는다.

오답넘기 ● ㄷ. (나)의 a는 2중 결합의 결합 길이이다. (다)의 벤젠은 공명 구조로 탄소 원자 사이의 결합이 모두 같고, 단일 결합과 2중 결합의 중간 형태의 결합이므로 b는 2중 결합인 a보다 길다. ㉢ ④

16

알짜풀이 ● ② (가)는 벤젠으로 정육각형의 평면 구조를 이루어 결합각 α 는 120° 이다. (나)는 사이클로헥세인으로 결합각 β 는 약 109.5° 이다.

오답넘기 ● ③ 1g에 있는 탄소 원자의 전체 질량은 분자 1개에 포함된 탄소와 수소 원자의 질량 백분율로 구할 수 있다. (나)의 분자식은 C_6H_{12} 이고, (다)의 분자식은 C_5H_{12} 로 탄소 원자 수는 (나)가 더 많다. 따라서 분자 1개에 포함된 탄소의 질량 백분율도 (나)가 더 크다.

④ (나)와 (다)의 수소 원자 수가 같으므로 각각 1몰씩 완전 연소시켰을 때 생성되는 물 분자 수는 같다. ㉢ ②

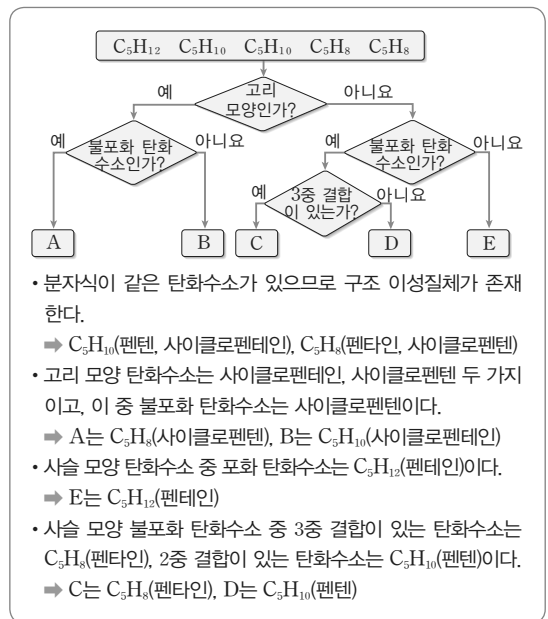
17

알짜풀이 ● ㄱ. 사이클로헥세인과 C_2H_2 을 고려할 때, (가)에 적합한 기준은 ‘모두 단일 결합인가?’이다. ‘사슬 모양인가?’는 사이클로헥세인의 위치로 보아 적당하지 않고, ‘3중 결합이 있는가?’는 C_2H_2 의 위치로 보아 적당하지 않다.

ㄷ. B는 C_2H_4 이다. C_2H_4 은 2중 결합을 포함하므로 평면 삼각형의 평면 구조를 이룬다.

오답넘기 ● ㄴ. (나)에 적당한 기준은 ‘사슬 모양인가?’이다. 이 기준에 따라 C_2H_6 과 사이클로헥세인이 분류된다. ㉢ ④

18 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. A와 C는 분자식이 C_5H_8 로 같다.

ㄷ. E는 C_5H_{12} (펜테인)으로 세 가지 이성질체를 탄소 골격만으로 나타내면 다음과 같다.

우공비 BOX

조심조심

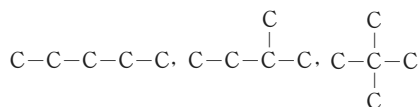
(나)와 (다)에서 모두 2중 결합을 하고 있어 결합 길이가 같다고 판단하기 쉬워요. (다)의 벤젠 구조식은 간단하게 나타낸 것으로, 실제 벤젠에서 탄소 원자 사이의 결합 길이는 단일 결합보다 짧고 2중 결합보다 길며 결합 길이는 모두 같아요.

보충 설명

C_5H_{10} (펜텐)에 수소 한 분자를 첨가하면 C_5H_{12} (펜테인)이 돼요.

보충 설명

• 탄소 수가 같은 알케인과 사이클로알케인은 분자식이 같으므로 이성질체 관계예요.
• 탄소 수가 같은 알카인과 사이클로알케인은 분자식이 같으므로 이성질체 관계예요.



오답넘기 ● ㄴ. B는 포화 탄화수소이고, D는 불포화 탄화수소이므로 D에만 수소를 첨가할 수 있다. ㉢ ③

19

알짜풀이 ● (가)는 벤젠(C_6H_6), (나)는 사이클로헥세인(C_6H_{10}), (다)는 펜테인(C_5H_{12}), (라)는 사이클로펜테인(C_5H_{10})이다.

ㄱ. (가)는 벤젠(C_6H_6)이므로 실험식은 CH이다.

ㄴ. (나)는 사이클로헥세인(C_6H_{10})이고, (라)는 사이클로펜테인(C_5H_{10})으로 분자당 수소 원자 수는 10개로 같다.

오답넘기 ● ㄷ. (다)는 펜테인(C_5H_{12})으로 완전 연소할 때 생성되는 이산화 탄소와 물의 분자 수 비는 5 : 6이다. ㉢ ③

20

알짜풀이 ● (가)는 헥세인(C_6H_{14}), (나)는 사이클로헥세인(C_6H_{12}), (다)는 헥센(C_6H_{12}), (라)는 벤젠(C_6H_6)이다.

ㄱ. (가)와 (나)는 포화 탄화수소이므로 구성하는 모든 결합이 단일 결합이다.

ㄴ. (나)와 (다)는 각각 고리 모양과 사슬 모양이지만 분자식이 C_6H_{12} 로 같으므로 이성질체 관계이다.

오답넘기 ● ㄷ. 탄화수소 1몰이 완전 연소될 때 생성되는 H_2O 분자 수는 탄화수소의 수소 원자 수의 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 생성되는 H_2O 분자 수는 (가)는 7몰, (라)는 3몰이다. ㉢ ③

대단원
마무리

핵심 요약 노트

● 본책 184~185쪽

- ① 동소체 ② 2중 나선 ③ 전자 ④ 전자 ⑤ 전자쌍
⑥ 낮은 ⑦ 전자쌍 반발 원리 ⑧ 비공유 1 ⑨ 전기 음성도 ⑩ 무극성 분자 ⑪ 고리

대단원
마무리

단원 평가 문제

● 본책 186~191쪽

- 01 ③ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ④ 05 ③ 06 ⑤ 07 ①
08 ⑤ 09 ① 10 ① 11 ① 12 ⑤ 13 ④ 14 ④
15 ⑤ 16 ② 17 ③ 18 ④ 19 ③ 20 ⑤ 21 (1)
이온 결합 (2) 해설 참조 22 해설 참조 23 (1) (가) 직선
형 (나) 굽은형 (2) 해설 참조 24 ㄷ, ㄹ 25 해설 참조

01

알짜풀이 ● ㄱ. 정육각형의 층상 구조인 흑연의 결합각($\angle CCC$)은 120° 이고, 정사면체 구조인 다이아몬드의 결합각($\angle CCC$)은 109.5° 이다.

ㄷ. 탄소 원자 사이의 결합이므로 두 물질 모두 공유 결합을 한다.

오답범기 ● ㄴ. 흑연과 다이아몬드의 화학식은 모두 C이므로 1몰의 질량은 흑연과 다이아몬드가 같다. ㉔ ③

02

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 풀러렌(C_{60})으로 분자로 존재하는 물질이다.

ㄴ. (나)는 흑연으로 층 사이에 약한 인력이 작용하며, (다)는 다이아몬드로 그물 구조를 이루어 매우 단단하다. 따라서 외부에서 힘을 가하면 (나)가 (다)보다 쉽게 부서진다.

ㄷ. 흑연 한 층을 떼어낸 것이 그래핀이고, 이 그래핀이 원통 모양의 구조를 이룬 것이 (라)인 탄소 나노튜브이다. ㉔ ⑤

03

알짜풀이 ● ㄱ. 각 탄소 원자는 이웃한 탄소 원자 3개와 공유 결합을 한다.

ㄴ. (가)는 C_{60} , (나)는 C_{70} 이므로 분자 1몰의 질량은 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. 1몰당 탄소 수는 (가) < (나)이므로 1몰을 완전 연소시키는 데 필요한 산소의 양도 (가) < (나)이다. ㉔ ⑤

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 DNA의 외부 골격으로 DNA를 구성하는 뉴클레오타이드의 인산과 당이 결합하여 형성된다.

ㄴ. DNA에서 유전 정보를 담고 있는 염기인 (나)를 외부 골격인 (가)가 보호하고 있다.

오답범기 ● ㄷ. (나)의 염기는 이웃한 다른쪽 가닥의 염기와 수소 결합을 형성하므로 평면 구조를 이룬다. ㉔ ④

05

알짜풀이 ● ㄱ. (가)의 (-)극에서는 수소 기체가 생성되므로, 물 1몰이 분해될 때 수소 기체 1몰이 생성된다.

ㄷ. (가)와 (나)의 전기 분해는 모두 전자의 이동에 의해 일어나므로, 이를 통해 이온 결합과 공유 결합의 형성에 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

오답범기 ● ㄴ. (나)의 (+)극에서는 염소 기체가 발생하며, 염소(Cl_2)는 공유 결합 물질이다. ㉔ ③

06

알짜풀이 ● ㄱ. A는 원자가 전자가 2개인 2족 원소로 금속 원소이고, B와 C는 각각 원자가 전자가 6개, 7개인 비금속 원소이다. 따라서 금속 원소인 A와 비금속 원소인 B로 이루어진 화합물은 이온 결합으로 형성된다.

ㄴ. A와 C가 각각 전자를 잃거나 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려면 A는 전자 2개를 잃고, C는 전자 1개를 얻어야 한다. 따라서 A^{2+} 와 C^{-} 은 1:2의 개수비로 결합하여 AC_2 를 생성한다.

ㄷ. A와 B로 이루어진 화합물과 A와 C로 이루어진 화합물은 모두 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질의 녹는점은 양이온과 음이온의 전하량이 클수록 높으므로 A와 B로 이루어진 화합물의 녹는점이 더 높다. ㉔ ⑤

우공비 BOX

보충 설명

흑연과 다이아몬드의 화학식은 실험식에 속해요. 그래서 C로 나타내요.

조심조심

그래프에서 E가 $A(g)$ 와 $B(g)$ 로부터 $AB(g)$ 가 형성될 때 방출한 에너지라고 판단하면 안 돼요.

화학 결합이 형성될 때 에너지는 상대적 차이값이 중요하기 때문에 에너지의 차이 E에서 처음 기준이 어떤 물질인지 잘 판단해야 해요.

필수 자료

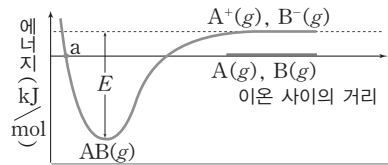
DNA의 구조

- 기본 구조는 인산-당-염기로 구성된 뉴클레오타이드예요.
- 인산-당의 결합에 의해 DNA의 외부 골격이 형성돼요.
- 염기쌍 사이의 수소 결합에 의해 안정적인 구조를 형성하고, 유전 정보를 저장해요.

쉽게쉽게

Cl 가 -1의 음이온이므로 A와 B는 모두 +1의 양이온으로 같은 족의 원소예요.

07 | 자료 분석하기 |



- $A^+(g)$, $B^-(g)$ 에서 AB가 생성될 때, 정전기적 인력에 의한 에너지는 E이다.
- 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 지점에서 결합이 형성된다.

알짜풀이 ● ㄱ. $A(g) \longrightarrow A^+(g) + e^-$ 로 될 때 흡수하는 에너지가 이온화 에너지이고, $B(g) + e^- \longrightarrow B^-(g)$ 로 될 때 방출하는 에너지가 전자 친화도이다. $A(g)$, $B(g)$ 의 에너지보다 $A^+(g)$, $B^-(g)$ 의 에너지가 높은 것은 $|A(g)|$ 의 이온화 에너지가 $|B(g)|$ 의 전자 친화도보다 크기 때문이다.

오답범기 ● ㄴ. a 위치에서는 이온 사이의 반발력이 인력보다 크기 때문에 결합이 형성되지 않는다.

ㄷ. $A^+(g) + B^-(g) \longrightarrow AB(g)$ 의 반응에서는 에너지가 E만큼 방출되므로, $AB(g) \longrightarrow A^+(g) + B^-(g)$ 의 반응에서는 E만큼의 에너지가 흡수되어야 한다. ㉔ ①

08

알짜풀이 ● ㄴ. ㄷ. 결합이 형성될 때 정전기적 인력에 의한 에너지는 ACl 이 BCl 보다 크므로 녹는점도 ACl 이 BCl 보다 높다.

오답범기 ● ㄱ. 이온 반지름은 $A < B$ 이고, A와 B는 같은 족 원소이므로 원자 번호는 $A < B$ 이다. 따라서 전기 음성도는 원자 번호가 작은 A가 B보다 크다. ㉔ ⑤

09

알짜풀이 ● ㄱ. 이온 결합력은 녹는점이 높은 (다)가 (나)보다 크다.

오답범기 ● ㄴ. 정전기적 인력이 클수록 녹는점이 높으므로 (다)의 정전기적 인력이 가장 크다.

ㄷ. 이온 결합력이 클수록 이온 결합 물질의 녹는점이 높다. 이온 결합력은 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 크기 때문에 녹는점이 가장 낮은 (가)는 NaBr, (나)는 NaF, (다)는 MgO이다. 따라서 (나) NaF의 녹는점이 (가) NaBr보다 높은 것은 이온 사이의 거리가 짧기 때문이다. ㉔ ①

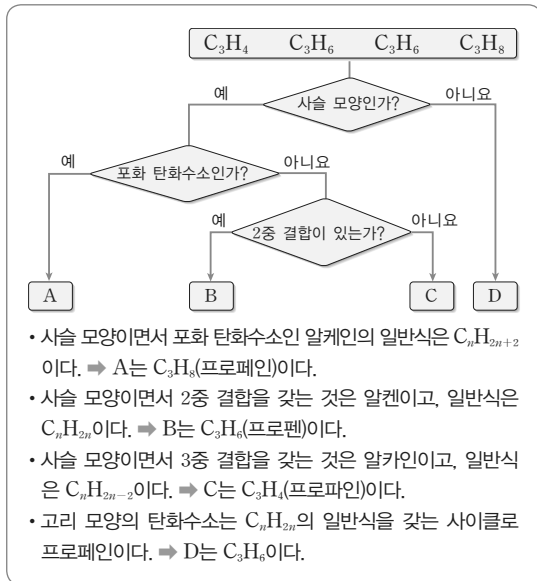
10

알짜풀이 ● ㄱ. A는 홀전자가 3개, B는 홀전자가 2개이므로 공유 전자쌍 수는 A_2 가 B_2 보다 많다.

오답범기 ● ㄴ. A는 비공유 전자쌍이 1개, B는 비공유 전자쌍이 2개이다. 따라서 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 AC_3 가 BE_2 보다 적다.

ㄷ. B와 C는 비금속 원소이므로 BC_2 의 결합은 공유 결합이고, D는 금속 원소이고 E는 비금속 원소이므로 DE의 결합은 이온 결합이다. ㉔ ①

19 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. 탄소 원자 수는 모두 같으므로 분자 내에 수소 원자 수가 가장 많은 A가 분자량이 가장 크다.

ㄴ. B는 2중 결합이 있는 프로펜($H_2C=CH-CH_3$)이고, D는 고리 모양의 사이클로프로페인이다. 따라서 B와 D는 분자식이 C_3H_6 로 같고, 구조가 다른 구조 이성질체이다.

오답نب기 ● ㄷ. $C(HC\equiv C-CH_3)$ 에서 3중 결합을 하고 있지 않은 탄소 원자는 주위에 전자쌍을 4개 가지고 있으므로 사면체형을 이루는 입체 구조이다. D도 모든 탄소가 전자쌍을 4개씩 가지고 있으므로 입체 구조이다. **답 ③**

20

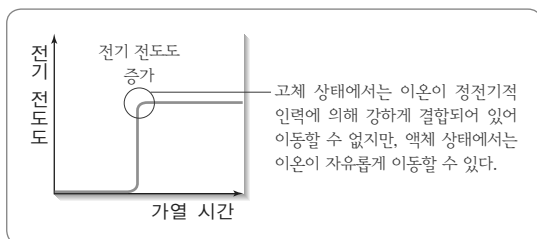
알짜풀이 ● 탄화수소가 완전 연소할 때 생성되는 이산화 탄소의 분자 수는 탄화수소의 탄소 원자 수와 같다. 따라서 탄화수소 A는 C_2H_6 , B는 C_3H_6 , C는 C_4H_6 이다.

ㄱ. A는 포화 탄화수소인 에테인이므로 탄소 원자는 모두 단일 결합을 한다. 따라서 탄소 원자 사이의 결합 길이가 모두 같다.

ㄴ. B와 C는 다중 결합을 포함하고 있으므로 불포화 탄화수소이다.

ㄷ. 탄화수소 1몰을 각각 연소시켰을 때 생성되는 물 분자는 탄화수소의 수소 원자 수의 $\frac{1}{2}$ 이다. A~C의 수소 원자 수는 모두 6개이므로 생성되는 물 분자는 모두 3몰이다. 따라서 이산화 탄소와 물 분자가 같은 비율로 생성되는 탄화수소는 B이다. **답 ⑤**

21 | 자료 분석하기 |



우공비 BOX

용어 알기

용융

고체 상태의 물질이 에너지를 흡수하여 액체로 상태가 변하는 것이예요.

보충 설명

물 분자는 극성 공유 결합을 가지며 비대칭 구조이므로 극성을 나타내요.

- (1) **알짜풀이** ● 물질 X는 고체 상태일 때에는 전기 전도성이 없지만, **용융** 상태에서는 전기 전도성을 갖는다. 따라서 물질 X는 이온 결합 물질임을 알 수 있다. **답** 이온 결합
- (2) **모범답안** ● 물질 X는 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다. 그 이유는 이온 결합 물질을 이루는 양이온과 음이온이 고체 상태에서는 이동할 수 없지만, 액체 상태에서는 이동할 수 있기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 물질 X의 전기 전도성만 바르게 설명한 경우	40 %

22

모범답안 ● 물 분자 구조는 굽은형으로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 극성 분자이다. 따라서 대전된 풍선 쪽으로 물 줄기가 끌려간다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 극성 분자이기 때문이라고만 설명한 경우	40 %

23

(1) **알짜풀이** ● (가)는 중심 원자 A에 공유 전자쌍만 2개 있고, (나)는 중심 원자 B에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있다. **답** (가) 직선형 (나) 굽은형

(2) **모범답안** ● (가)는 불규칙하게 배열되고, (나)는 부분적으로 (-)전하를 띠는 원자는 (+)극 쪽으로, 부분적으로 (+)전하를 띠는 원자는 (-)극 쪽을 향하여 배열된다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② (가)와 (나) 중 한 가지만 바르게 설명한 경우	40 %

24

알짜풀이 ● ㄷ. 탄소 화합물에는 분자식이 같지만 구조식이 다른 화합물이 다양하게 존재할 수 있어 그 종류가 매우 많다.

ㄴ. 탄소 원자는 원자가 전자가 4개로, 다른 원자와 최대로 결합할 수 있는 결합 수가 크고, 전기 음성도의 크기가 중간 정도의 값을 가지므로 다른 원자나 원자단과 쉽게 결합할 수 있기 때문에 화합물의 종류가 많다.

오답نب기 ● ㄱ, ㄴ. 탄소 화합물은 대체로 무극성을 나타내는 경우가 많아 분자 사이의 인력이 작아 녹는점과 끓는점이 낮지만, 이러한 성질이 탄소 화합물의 종류가 많은 것과는 관련성이 적다. **답** ㄷ, ㄴ

25

알짜풀이 ● 공명 구조는 두 구조가 혼성된 것이므로 탄소 원자 사이의 결합이 모두 동일하다. 따라서 탄소 원자 사이의 결합 길이가 모두 같아 벤젠은 정육각형의 분자 구조를 갖는다.

모범답안 ● 공명 구조, 탄소 원자 사이의 결합 길이가 모두 같다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 공명 구조만 쓴 경우	30 %

10

산화-환원 반응

IV. 닳은꼴 화학 반응

우공비 BOX

22장 산소, 전자와 산화-환원

개념 확인 문제

● 본책 196쪽

1 ㉠ 잃는 ㉡ 얻는 2 2몰 3 (1) 환원 (2) 산화 4 (나)

2

환원 반응의 반응식은 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$ 이므로 구리 1몰이 석출될 때 전자 2몰이 이동한다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 197~199쪽

기/본/문/제 01 ㉠ 02 ㉡ 03 ㉡ 04 ㉢

실/력/문/제 05 ㉠ 06 ㉡ 07 ㉣ 08 ㉣ 09 해설

참조 10 ㉢ 11 ㉠ 12 해설 참조

01

알짜풀이 ● ㄱ. 반응 전후에 원자의 종류와 개수가 같아지도록 화학 반응식을 완성하면 (가)는 CO_2 이다.

ㄴ. (가)에서 CH_4 의 탄소는 산소와 결합하여 산화된다.

오답넘기 ● ㄷ. (나)에서 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 의 탄소는 산소와 결합하여 산화된다. ㉢ ㉣

02

알짜풀이 ● ㉡ 철광석에 들어 있는 산화 철(Fe_2O_3)은 산소를 잃고 철(Fe)로 환원된다.

오답넘기 ● ㉠ (가)에서 C가 불완전 연소하여 CO가 된다.

㉢ (나)에서 CO의 산화와 Fe_2O_3 의 환원이 동시에 일어난다.

㉣ 배기가스에는 CO, CO_2 등이 포함되어 있다.

㉡ 석회석이 분해되어 생성된 CaO은 철광석의 불순물인 SiO_2 와 반응하여 슬래그를 생성한다. ㉢ ㉣

03

알짜풀이 ● ㉡ Ag^+ 1개가 환원되어 Ag이 생성될 때 전자 1개를 얻으므로 Ag 1몰이 생성될 때 이동한 전자의 몰 수는 1몰이다.

오답넘기 ● ㉠ (가)에서 Ag^+ 은 전자를 얻어 Ag으로 환원된다.

㉢ (나)에서 Mg은 전자를 잃고 Mg^{2+} 으로 산화된다.

㉣ Zn^{2+} 1개가 환원되어 Zn이 될 때 전자 2개를 얻으므로 Zn 1몰이 생성될 때 이동한 전자의 몰 수는 2몰이다.

㉡ (가)에서 Zn은 Ag보다 산화되기 쉽고, (나)에서 Mg은 Zn보다 산화되기 쉽다. 따라서 산화되기 가장 쉬운 금속은 Mg이다. ㉢ ㉣

04

알짜풀이 ● ㄷ. B 시험관 속 철 못에서 녹의 양이 거의 없는 것으로 보아 철제품에 기름칠을 하여 산소와 물을 차단하면 부식이 방지됨을 알 수 있다.

● 필수 자료 ●

금속과 금속 이온의 산화-환원 반응

반응이 일어날 때 산화되어 양이온의 형태로 용액 속에 존재하는 금속이 산화되기 쉬운 금속이예요.

용어 알기

슬래그

광석을 제련하고 남은 찌꺼기

● 보충 설명 ●

맑은 염산에 금속을 넣었을 때 수소 기체가 발생하려면 넣어 준 금속이 수소보다 산화되기 쉬운 금속이어야 해요. 이때 산화되어 생성되는 금속의 이온이 수소 이온보다 전하량이 큰 경우에는 수용액 속 양이온 수가 감소하게 됩니다.

오답넘기 ● ㄱ. 전해질이 녹아 있는 물은 전자의 이동을 촉진하므로 철의 부식이 빠르게 진행된다. 따라서 C 시험관 속 철 못은 A 시험관 속 철 못보다 녹의 양이 많다.

ㄴ. A 시험관 속 철 못은 물과 산소 모두에 접촉하고 있지만 D 시험관 속 철 못은 산소와만 접촉하고 있다. 따라서 A와 D 시험관 속 철 못에 생긴 녹의 양을 비교하면 철의 부식에 물이 미치는 영향을 알 수 있다. ㉢ ㉣

05

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 CO가 CO_2 로 산화되면서 Fe_2O_3 을 Fe로 환원시킨다.

오답넘기 ● ㄴ. (가)와 (나)에서 공통적으로 생성되는 A는 CO_2 이다. CO_2 는 두 가지 원소로 이루어진 3원자 분자이다.

ㄷ. (다)에서 슬래그가 생성되는 반응은 물질 사이에 산소가 이동하거나 전자가 이동하지 않으므로 산화-환원 반응이 아니다. ㉢ ㉣

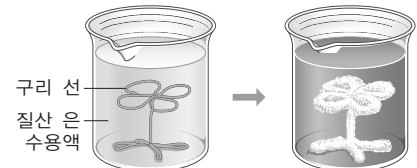
06

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 CuO는 산소를 잃고 Cu로 환원된다.

ㄴ. (나)에서 Na은 전자를 잃고 산화되며, Cl은 전자를 얻고 환원되므로 전자는 Na에서 Cl로 이동한다.

ㄷ. (다)에서 C_3H_8 은 산소를 얻어 산화된다. ㉢ ㉣

07 | 자료 분석하기 |



- 구리 선 표면에 은이 석출되므로 Cu는 산화되어 용액 속에 녹아 들어가고, 용액 속 Ag^+ 이 환원되어 Ag이 된다.

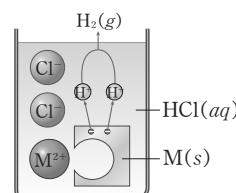
$$\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$$
- 용액 속에 Cu^{2+} 이 증가하므로 용액의 색은 점점 푸른색으로 변한다.

알짜풀이 ● ㄴ. Cu가 전자를 잃고 산화될 때 Ag^+ 이 전자를 얻어 환원되므로 Cu가 Ag보다 산화되기 쉽다.

ㄷ. Ag^+ 1몰이 전자를 얻어 Ag 1몰이 생성될 때 이동한 전자는 1몰이다.

오답넘기 ● ㄱ. Cu 1몰이 반응하여 Cu^{2+} 1몰이 생성될 때 2몰의 Ag^+ 이 반응하여 2몰의 Ag이 생성된다. 따라서 수용액 속 양이온 수는 감소한다. ㉢ ㉣

08 | 자료 분석하기 |



- M은 전자를 잃고 산화된다.

$$\text{M} \longrightarrow \text{M}^{2+} + 2\text{e}^-$$
- H^+ 은 전자를 얻어 환원된다.

$$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$$
- 반응식:

$$\text{M} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{M}^{2+} + \text{H}_2$$

알짜풀이 ● ④ M 1몰이 전자 2몰을 잃고 산화될 때 용액 속 H^+ 2몰이 반응하여 수소 기체(H_2) 1몰이 생성된다.

오답نب기 ● ① M이 전자를 잃고 M^{2+} 으로 산화된다.

② 전자는 M에서 H^+ 으로 이동하며, Cl^- 은 산화-환원 반응에 참여하지 않는다. 따라서 반응이 일어나는 동안 그 수가 변하지 않는다.

③ 수용액 속에서 M^{2+} 1몰이 생성될 때 H^+ 2몰이 반응하므로 반응이 일어나는 동안 수용액 속 양이온 수는 감소한다.

⑤ H^+ 2몰이 반응하여 수소 기체 1몰이 생성되므로 이동한 전자의 몰 수는 2몰이다. **답 ④**

09

모범답안 ● 아연판 표면에서 Zn 1몰이 전자를 잃고 산화되어 용액 속으로 녹아 들어갈 때, 용액 속 Cu^{2+} 1몰이 전자를 얻고 환원되어 아연판 표면에 석출된다. 이때 원자량은 $Zn > Cu$ 이므로 아연판의 질량은 감소한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 산화-환원 반응에 대한 설명 없이 질량 변화만 바르게 쓴 경우	30 %

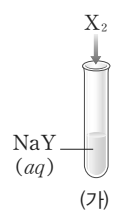
10

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 Cu^{2+} 1몰이 반응할 때 A^{2+} 1몰이 생성되므로 수용액 속 양이온 수는 변하지 않는다.

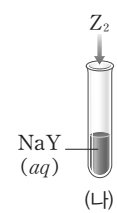
ㄴ. (가)에서 금속 A의 표면에서 A 1몰이 반응하여 수용액 속으로 녹아 들어갈 때 수용액 속 Cu^{2+} 1몰이 금속판 표면에서 전자를 얻어 Cu로 석출된다. 이때 금속판의 질량이 증가한 것으로 보아 원자량은 Cu가 A보다 크다.

오답نب기 ● ㄷ. 주어진 실험만으로는 B와 Cu 중에서 어느 금속이 더 산화되기 쉬운지 판단할 수 없다. **답 ③**

11 | 자료 분석하기 |



(가)



(나)

• (가)에서 아무런 변화가 없으므로 반응성의 크기는 $X_2 < Y_2$ 이다. $\Rightarrow Y_2$ 가 X_2 보다 환원되기 쉽다.

• (나)에서 반응이 일어나므로 반응성의 크기는 $Z_2 > Y_2$ 이다. $\Rightarrow Z_2$ 가 Y_2 보다 환원되기 쉽다.

알짜풀이 ● ㄱ. (나)에서는 Z_2 가 전자를 얻어 $2Z^-$ 로 환원되면서 $2Y^-$ 가 Y_2 로 산화된다.

오답نب기 ● ㄴ. (가)에서는 반응이 일어나지 않으므로 X_2 는 Y^- 을 산화시키지 못한다. 즉, Y_2 는 X_2 보다 환원되기 쉽다. 또 (나)에서는 반응이 일어나므로 Z_2 는 Y_2 보다 환원되기 쉽다. 따라서 Z_2 가 X_2 보다 환원되기 쉽다.

ㄷ. (나)에서 일어나는 반응의 반응식은 $2Y^- + Z_2 \rightarrow Y_2 + 2Z^-$ 이다. 따라서 수용액 속 이온 수는 일정하다. **답 ①**

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

금속 구리와 구리 이온의 특징
금속 구리는 붉은색 광택을 나타내며, 구리 이온(Cu^{2+})은 수용액에서 푸른색을 나타내요. 따라서 수용액 속 Cu^{2+} 의 농도가 작아지면 푸른색이 옅어지고, 농도가 커지면 푸른색이 진해집니다.

● 필수 자료 ●

할로젠과 할로젠화 이온의 산화-환원 반응

할로젠 원소는 반응성이 클수록 환원되기 쉬워요. 반응성이 큰 할로젠 분자는 반응성이 작은 할로젠화 이온에게서 전자를 빼앗아 자신은 환원되면서 할로젠화 이온을 산화시킵니다.

조심조심

화합물에서 수소의 산화수는 대체로 +1이지만, 금속 수소화물에서는 -1이에요.

12

모범답안 ● 금속 M-철-구리, 금속 M을 철에 연결하면 반응성이 큰 금속 M이 철보다 먼저 산화되면서 철의 부식을 방지한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 철의 부식이 방지되는 원리만 바르게 설명한 경우	60 %
③ 금속이 산화되기 쉬운 정도만 바르게 비교한 경우	30 %

23 강 산화수 변화와 산화-환원

개념 확인 문제

● 본책 201쪽

1 (1) -3 (2) +4 (3) +2 (4) +4 (5) +6 (6) -1

2 ㉠ 산화 ㉡ 환원 3 산화제 4 (1) 산화제: $CuSO_4$, 환원제: Zn (2) 산화제: HCl, 환원제: Mg

4

(1) Zn은 Zn^{2+} 으로 산화되므로 환원제이고, Cu^{2+} 은 Cu로 환원되므로 $CuSO_4$ 는 산화제이다.

(2) Mg은 Mg^{2+} 으로 산화되므로 환원제이고, H^+ 은 H_2 로 환원되므로 HCl은 산화제이다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 202~203쪽

기/본/문/제 01 ③ 02 (나), (다) 03 ① 04 ⑤
05 ③ 06 ⑤
실/력/문/제 07 ① 08 ② 09 ③ 10 해설 참조
11 ③ 12 ②

01

알짜풀이 ● H의 산화수는 +1, O의 산화수는 -2, F의 산화수는 -1이고, 화합물에서 각 원자의 산화수 합은 0이다. 따라서 N의 산화수는 NO에서 +2, NO_2 에서 +4, HNO_3 에서 +5, NOF에서 +3, NH_3 에서 -3이다. **답 ③**

02

알짜풀이 ● (가)는 흡원소 물질이므로 H의 산화수는 0이고, (나)에서는 O가 H보다 전기 음성도가 크므로 H의 산화수는 +1이다. (다)에서는 H가 Na보다 전기 음성도가 크므로 H의 산화수는 -1이다. **답 (나), (다)**

03

알짜풀이 ● ㄱ. H의 산화수는 H_2 에서 0이고, NH_3 에서 +1이므로 1만큼 증가한다.

오답نب기 ● ㄴ. N의 산화수는 감소하므로 N_2 는 자신은 환원되면서 H_2 를 산화시키는 산화제로 작용한다.

ㄷ. 전기 음성도는 N가 H보다 크므로 NH_3 의 N-H 결합에서 전자쌍은 N 원자 쪽에 치우쳐 있다. 따라서 N는 부분적인 (-)전하를 띤다. [답] ①

04

알짜풀이 ● ㄱ. CH_4 에서 C의 산화수는 -4이고, CO_2 에서 C의 산화수는 +4이다.

ㄴ. 홑원소 물질에서 구성 원자의 산화수는 0이므로 O의 산화수는 0에서 -2로 감소한다.

ㄷ. CH_4 은 자신이 산화되면서 O_2 를 환원시키는 환원제이다. [답] ⑤

05

알짜풀이 ● (가)에서 O의 산화수는 O_2 에서 0이고, CuO 에서 -2로 감소하므로 O_2 는 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제이다. (나)에서 Cu의 산화수는 CuO 에서 +2이고, Cu에서 0으로 감소하므로 CuO는 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제이다. [답] ③

06

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 H_2 에서 0이고, H_2O 에서 +1이다. 따라서 H_2 는 산화된다.

ㄴ. (나)에서 N의 산화수는 NO에서 +2이고, NO_2 에서 +4이다. 따라서 NO는 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 N의 산화수는 N_2 에서는 0이고, NO와 NO_2 에서는 각각 +2, +4이다. 따라서 N의 산화수가 가장 작은 것은 N_2 이다. [답] ⑤

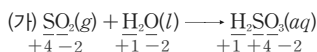
07

알짜풀이 ● ㄱ. NaH에서 H가 금속과 결합하고 있으므로 H의 산화수(㉠)는 -1이고, CH_4 에서 전기 음성도는 H가 C보다 작으므로 H의 산화수(㉡)는 +1이다. 따라서 ㉠과 ㉡의 산화수 차는 2이다.

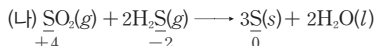
오답نب기 ● ㄴ. CH_4 에서 C의 산화수(㉢)는 -4이다. C_2H_4 에서 각 탄소에 결합한 수소 원자 수는 2개이므로 C의 산화수(㉣)는 -2이다.

ㄷ. 전기 음성도는 $\text{O} > \text{S} > \text{H}$ 이므로 SO_2 에서 S의 산화수(㉤)는 +4이고, H_2S 에서 S의 산화수(㉥)는 -2이다. 따라서 ㉤과 ㉥의 산화수를 합하면 +2이다. [답] ①

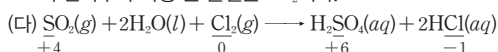
08 | 자료 분석하기 |



산화수가 변하는 물질이 없다. ➡ 산화-환원 반응이 아님



- SO_2 의 S은 산화수가 +4에서 0으로 감소한다. ➡ 환원
- H_2S 의 S은 산화수가 -2에서 0으로 증가한다. ➡ 산화
- S의 산화수가 가장 큰 물질은 SO_2 이다.



- S의 산화수는 +4에서 +6으로 증가한다. ➡ 산화
- Cl의 산화수는 0에서 -1로 감소한다. ➡ 환원

우공비 BOX

쉽게쉽게

산화제와 환원제

- 산화제 : 산화수가 감소하여 자신이 환원된 물질
- 환원제 : 산화수가 증가하여 자신이 산화된 물질

보충 설명

화합물에서 공유 전자쌍은 상대적으로 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 치우치므로 전기 음성도가 큰 원자는 (-)의 산화수를 나타내고, 전기 음성도가 작은 원자는 (+)의 산화수를 나타내요.

조심조심

- 물질의 산화수에 변화가 없으면 산화-환원 반응이 아니에요.
- 반응 (나)에서 SO_2 는 산화제, H_2S 는 환원제로 작용해요.

쉽게쉽게

금속 A를 금속 이온 B^{n+} 이 들어 있는 수용액에 넣었을 때

- 반응이 일어남 : 반응성은 $\text{A} > \text{B}$
- 반응이 일어나지 않음 : 반응성은 $\text{A} < \text{B}$

알짜풀이 ● ㄷ. (다)에서 S의 산화수는 SO_2 에서 +4이고, H_2SO_4 에서 +6이다. 따라서 SO_2 는 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제이다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)에서는 산화수가 변하는 원자가 존재하지 않으므로 산화-환원 반응이 아니다.

ㄴ. (나)에서 S의 산화수는 SO_2 에서 +4이고, H_2S 에서 -2, 홑원소 물질인 S에서는 0이다. 따라서 S의 산화수가 가장 큰 물질은 SO_2 이다. [답] ②

09

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 C의 산화수는 0에서 +4로 증가하므로 C는 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제이다.

ㄴ. Fe의 산화수는 Fe_2O_3 에서 +3이고, 홑원소 물질인 Fe에서는 0이므로 3만큼 감소한다.

오답نب기 ● ㄷ. (나)에서는 구성 원자의 산화수가 변하지 않으므로 산화-환원 반응이 일어나지 않는다. [답] ③

10

모범답안 ● X가 O와 화합물을 형성할 때 (+)의 산화수를 나타내는 것으로 보아 X의 전기 음성도는 O보다 작다. 또한 Y의 산화수는 항상 -1인 것으로 보아 Y의 전기 음성도는 O보다 크다. 따라서 전기 음성도는 Y가 X보다 크다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 전기 음성도의 크기만 바르게 비교한 경우	30 %

11

알짜풀이 ● ㄱ. ㄴ. N의 산화수는 NH_3 에서 -3이고, N_2 에서는 0이므로 3만큼 증가한다. 따라서 NH_3 는 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제이다.

오답نب기 ● ㄷ. H의 산화수는 +1로, 반응이 일어나도 변하지 않는다. [답] ③

12

알짜풀이 ● ㄷ. Ag의 산화수는 Ag_2S 에서 +1이고, Ag에서 0이다. 따라서 Ag_2S 은 환원제로 산화제로 작용한다.

오답نب기 ● ㄱ. Ag_2S 에서 S은 금속과 결합하고 있으므로 산화수는 -2이다. 또 H_2S 에서 S의 산화수는 -2이므로 S의 산화수는 변하지 않는다.

ㄴ. Al의 산화수는 0에서 +3으로 증가하므로 Al은 산화된다. [답] ②

우공비

비법 특강

● 본책 204~205쪽

1 ③ 2 ④ 3 ② 4 ③

1

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 A가 전자를 잃고 산화되어 A^{2+} 이 되므로 이동한 전자의 몰 수는 2몰이다.

ㄴ. (가)에서 Ag이 석출되므로 Ag^+ 이 A^{2+} 보다 환원되기 쉽다. (나)에서는 금속 A가 석출되므로 A^{2+} 이 B^{2+} 보다 환원되기 쉽다. 따라서 Ag^+ 이 B^{2+} 보다 환원되기 쉽다.
오답탐기 ● ㄷ. (다)에서는 반응이 일어나지 않았으므로 C는 B보다 산화되기 어렵다. ㉔ ③

2 | 자료 분석하기 |

금속	묽은 염산(HCl)	BSO_4 수용액
A	반응하지 않음	㉔
B	반응함	-
C	반응함	반응함

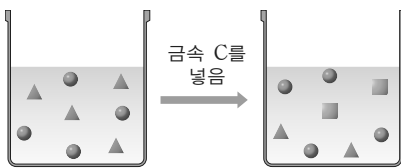
- 금속 A는 묽은 염산과 반응하지 않는다. \Rightarrow 반응성 : $A < \text{수소}$
- 금속 B는 묽은 염산과 반응한다. \Rightarrow 반응성 : $B > \text{수소}$
- 금속 C는 묽은 염산과 반응하고, B^{2+} 과 반응한다.
 \Rightarrow 반응성 : $C > B > \text{수소}$

알짜풀이 ● ㄴ. 금속 A는 묽은 염산과 반응하지 않고, 금속 B는 반응하므로 B는 A보다 산화되기 쉽다. 따라서 A 이온 수용액에 금속 B를 넣으면 B가 산화되고 A 이온이 환원되어 금속 A가 석출되는 반응이 일어난다.

ㄷ. C는 B보다 산화되기 쉽고, B는 A보다 산화되기 쉬우므로 A~C중에서 가장 산화되기 쉬운 것은 C이다.

오답탐기 ● ㄱ. B는 A보다 산화되기 쉬우므로 B 이온 수용액에 금속 A를 넣어도 반응이 일어나지 않는다. ㉔ ④

3 | 자료 분석하기 |



▲ A 이온 ● B 이온 ■ C 이온

- 금속 C를 넣었을 때 A 이온(▲)이 먼저 환원되어 그 수가 줄어든다. \Rightarrow 반응성 : $B > A$
- A 이온 2개(▲)가 환원될 때 C 이온(■) 2개가 생성된다.
 \Rightarrow A 이온과 C 이온의 전하는 같다.

알짜풀이 ● ㄴ. 금속 C를 넣었을 때 A 이온이 먼저 환원되고 B 이온의 수가 변하지 않는 것으로 보아 A 이온은 B 이온보다 환원되기 쉽다.

오답탐기 ● ㄱ. 반응한 A 이온의 수와 생성된 C 이온의 수가 같으므로 A 이온과 C 이온의 전하는 같다.

ㄷ. A 이온 2개가 반응하여 C^{2+} 이 2개 생성되므로 A 이온의 전하는 C 이온과 같은 +2가이다. 따라서 A 1몰이 석출될 때 전자 2몰이 이동한다. ㉔ ②

4

알짜풀이 ● ㄱ. X 이온 수용액에 금속 Y를 넣었을 때 X 이온 수가 감소하는 것으로 보아 Y가 산화되어 Y 이온으로 되면서 X 이온이 전자를 얻어 환원된다. 이로부터 X 이온이 Y 이온보다 환원되기 쉽다는 것을 알 수 있다.

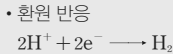
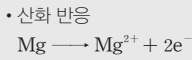
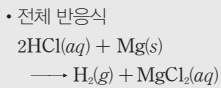
우공비 BOX

●보충 설명●

금속과 산의 반응

산 수용액에 수소보다 반응성이 큰 금속을 넣었을 때, 수용액 속의 수소 이온은 수소 기체로 환원되어 빠져나오고, 금속은 금속 이온으로 산화되어 수용액에 녹아 들어가요.

예 묽은 염산과 마그네슘의 반응



●보충 설명●

(가)와 (나)에서 충분한 양의 $HCl(aq)$ 과 $CuSO_4(aq)$ 이 제공되므로 반응이 완결되었을 때 Zn은 모두 반응해요. (가)와 (나)에서 같은 양의 Zn 조각을 사용했으므로, 반응한 Zn의 몰 수도 같은 것이지요.

ㄴ. (가)에서 X 이온 3개가 반응하여 Y 이온 1개가 생성되므로 이온 전하의 비는 X 이온 : Y 이온 = 1 : 3이다. 따라서 이온의 산화수는 Y 이온이 X 이온보다 크다.

오답탐기 ● ㄷ. X 이온 수용액에 금속 Y를 넣었을 때 Y가 전자를 잃고 산화되므로 Y는 X보다 산화되기 쉽다. X 이온과 Y 이온의 혼합 수용액에 충분한 양의 금속 Z를 넣었을 때에는 X 이온만 전자를 얻어 환원되고, Y 이온은 반응하지 않으므로 Z는 산화되면서 X 이온을 환원시킬 수 있지만 Y 이온은 환원시키지 못한다. 이로부터 금속 Y가 가장 산화되기 쉽다는 것을 알 수 있다. ㉔ ③

수능 문제

실력 굳히기

●본책 206~209쪽

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

01

알짜풀이 ● (가) 반응에서 C는 산소를 얻어 CO로 되므로 산화되었다.

오답탐기 ● (나) 반응에서 CO는 Fe_2O_3 을 Fe로 환원시키는 환원제이다.

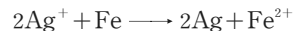
(다) 반응에서 구성 원자의 산화수가 변하지 않았으므로 산화-환원 반응이 아니다. ㉔ ①

02

알짜풀이 ● ㄱ. Fe이 전자를 잃고 Fe^{2+} 으로 되면서 Ag^+ 에게 전자를 주어 환원시킨다.

ㄴ. 못의 표면에서 Fe 원자 1개가 산화되어 수용액으로 녹아 들어갈 때 Ag^+ 2개가 전자를 얻고 Ag 원자 2개가 석출된다. 원자량은 Ag이 Fe보다 크므로 못의 질량은 증가한다.

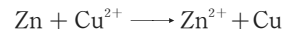
ㄷ. 주어진 반응의 반응식은 다음과 같다.



즉, Ag^+ 2개가 반응하여 Fe^{2+} 1개가 생성되므로 수용액 속 전체 양이온 수는 감소한다. ㉔ ⑤

03

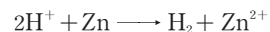
알짜풀이 ● ㄴ. (나)에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



아연 조각 표면에서 Zn 원자 1개가 전자를 잃고 Zn^{2+} 이 되어 수용액에 녹아 들어갈 때 수용액 속의 Cu^{2+} 1개가 전자를 얻어 Cu로 석출된다. 이때 원자량은 $Zn > Cu$ 이므로 아연 조각의 질량은 감소한다.

오답탐기 ● ㄱ. (가)에서 Zn 1몰이 반응하여 H_2 1몰이 생성되므로 H_2 1몰이 생성될 때 이동한 전자의 몰 수는 2몰이다.

○ ㄷ. (가)에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



즉, Zn 1몰이 반응할 때 생성되는 H_2 의 몰 수는 1몰이다.

(나)에서 Zn 1몰이 반응할 때 생성되는 Cu의 몰 수도 1몰이고, (가)와 (나)에서 반응한 Zn의 몰 수가 같으므로 (가)와 (나)에서 생성된 H_2 와 Cu의 몰 수는 같다. **답 ②**

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 HCl의 H^+ 은 A로부터 전자를 얻어 환원되므로 HCl은 A를 산화시키는 산화제이다.

ㄴ. (나)에서 A^{2+} 1몰이 환원되어 A(s) 1몰이 될 때 이동한 전자의 몰 수는 2몰이다.

ㄷ. (가)에서 A는 H보다 반응성이 크고, (나)에서 B는 A보다 반응성이 크므로 HCl(aq)에 B(s)를 넣으면 수소 기체가 발생한다. **답 ⑤**

05

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 Fe은 전자를 잃고 Fe^{2+} 으로 산화된다.

ㄴ. (나)에서 CO는 Fe_2O_3 로부터 산소를 얻어 산화되면서 Fe_2O_3 을 Fe로 환원시키는 환원제이다.

오답نب기 ● ㄷ. (다)에서 H_2O 을 구성하는 H와 O의 산화수는 변하지 않으므로 산화되거나 환원되지 않는다. **답 ③**

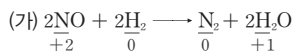
06

알짜풀이 ● ㄴ. (나)에서는 철이 전자를 잃고 산화되고, 이 전자를 공기 중의 산소가 얻어 환원된다.

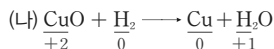
ㄷ. 물에 수산화 나트륨과 같은 전해질을 소량 녹인 후 전류를 흘려 주면 (-)극에서 물이 전자를 얻어 환원되면서 수소 기체가 발생한다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$ 이다. 이 반응에서는 구성 원자의 산화수가 변하지 않으므로 산화-환원 반응이 아니다. **답 ④**

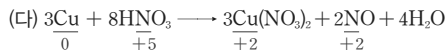
07 | 자료 분석하기 |



- N의 산화수는 +2에서 0으로 감소한다. \Rightarrow 환원
- H의 산화수는 0에서 +1로 증가한다. \Rightarrow 산화



- Cu의 산화수는 +2에서 0으로 감소한다. \Rightarrow 환원
- H의 산화수는 0에서 +1로 증가한다. \Rightarrow 산화



- Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가한다. \Rightarrow 산화
- N의 산화수는 +5에서 +2로 감소한다. \Rightarrow 환원

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 N의 산화수는 NO에서 +2이고, N_2 에서는 0으로 감소하므로 NO는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 산화제이다.

ㄴ. (나)에서 H의 산화수는 H_2 에서 0이고, H_2O 에서는 +1이므로 1만큼 증가한다.

ㄷ. (다)에서 N의 산화수는 HNO_3 과 $Cu(NO_3)_2$ 에서 +5, NO에서는 +2이다. 따라서 N의 산화수가 가장 큰 것과 가장 작은 것의 차는 3이다. **답 ⑤**

우공비 BOX

필수 자료

분자의 구조

중심 원자에 공유 전자쌍만 존재하는 경우, 공유 전자쌍 수가 2개이면 직선형, 3개이면 평면 삼각형, 4개이면 정 사면체의 구조를 이룬다.

조심조심

화학 반응 전후에 물질을 구성하는 원자의 산화수가 변하지 않으면 산화되거나 환원되지 않아요. 즉, 산화제나 환원제로 작용하지 않는답니다.

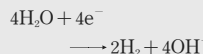
보충 설명

물의 전기 분해

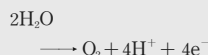
전체 반응식



- (-)극 : 물이 전자를 얻어 환원되고 수소 기체가 발생해요.



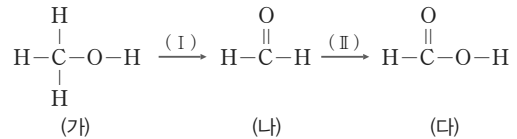
- (+)극 : 물이 전자를 잃어 산화되고 산소 기체가 발생해요.



조심조심

용광로에 넣어준 코크스가 직접 철광석의 산화 철을 환원시키는 것이 아니에요. 코크스가 용광로 내부에서 불완전 연소되어 CO가 된 다음, 반응성이 큰 CO가 철광석의 산화 철을 철로 환원시키는 환원제 역할을 합니다.

08 | 자료 분석하기 |



C의 산화수를 x 라고 할 때

- (가) : $x + (-2) + 4 \times (+1) = 0 \quad \therefore x = -2$
- (나) : $x + (-2) + 2 \times (+1) = 0 \quad \therefore x = 0$
- (다) : $x + 2 \times (-2) + 2 \times (+1) = 0 \quad \therefore x = +2$

알짜풀이 ● ㄴ. (가)에서는 탄소(C) 원자와 결합하고 있는 원자가 4개이므로 탄소 원자를 중심으로 정사면체 구조를 이룬다. (나)에서는 탄소(C) 원자와 결합하고 있는 원자가 3개이므로 탄소 원자를 중심으로 평면 삼각형 구조를 이룬다. 따라서 결합각($\angle HCH$)은 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. C의 산화수는 (가)에서 -2, (나)에서 0, (다)에서 +2이다. 따라서 C의 산화수가 가장 큰 것과 가장 작은 것의 차는 4이다.

오답نب기 ● ㄱ. 반응 (II)에서 탄소(C)가 산소와 결합하며 산화수가 증가하므로 (나)는 산화된다. **답 ④**

09

알짜풀이 ● XH_4 에서 X의 산화수가 -4이므로 전기 음성도는 X가 H보다 크다. XH_4 에서 X가 옥텟 규칙을 만족하므로 X의 원자가 전자 수는 4개이고, YH_3 에서 Y가 옥텟 규칙을 만족하므로 Y의 원자가 전자 수는 5개이다.

ㄴ. 전기 음성도는 F가 X보다 크므로 XF_4 에서 X의 산화수는 +4이다.

ㄷ. Y는 원자가 전자가 6개인 산소(O)보다 원자 번호가 작으므로 전기 음성도는 Y가 O보다 작다. 따라서 Y의 산화수는 YO_2 에서 +4이고, YO에서는 +2이므로 반응 $2YO_2 \rightarrow 2YO + O_2$ 에서 Y의 산화수는 2만큼 감소한다.

오답نب기 ● ㄱ. Y의 원자 번호는 X보다 크므로 전기 음성도는 Y가 X보다 크다. 따라서 Y의 전기 음성도는 H보다 크므로 YH_3 에서 Y의 산화수(a)는 -3이다. 2주기 원소 중에서 플루오린(F)의 전기 음성도가 가장 크므로 YF_3 에서 Y의 산화수(b)는 +3이다. **답 ④**

10

알짜풀이 ● ㄱ. ㉠은 코크스가 불완전 연소하여 생성된 CO이다. CO는 철광석의 Fe_2O_3 로부터 산소를 얻어 자신은 CO_2 로 산화되면서 Fe_2O_3 을 Fe로 환원시킨다.

오답نب기 ● ㄴ. ㉠은 탄산 칼슘이 분해되어 생성된 CO_2 이다. CO에서 C의 산화수는 +2이고, CO_2 에서 C의 산화수는 +4이다. 따라서 C의 산화수는 ㉠이 ㉡보다 크다.

ㄷ. CaO과 SiO_2 가 결합하여 슬래그($CaSiO_3$)를 생성할 때 성분 원소의 산화수는 변하지 않으므로 산화-환원 반응이 아니다. **답 ①**

11

알짜풀이 ● ㄱ. (가)의 (I)에서 Fe은 산소를 얻어 산화되므로 산화수가 증가한다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 ①은 공기 중의 산소(O_2)이다. ①은 금속으로부터 전자를 빼앗아 산화시키므로 산화제로 작용한다.
오답탐기 ● ㄴ. (나)에서 M이 Fe보다 먼저 부식되는 것으로 보아 M은 전자를 잃고 산화된다. ㉔ ③

12

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 Mg의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 산화된다. 따라서 ①(HCl)은 산화제이다.
 ㄴ. (나)에서 ②은 O_2 이다. 산소(O)의 산화수는 O_2 에서 0이고, MgO에서는 -2이므로 산화수가 감소한다.
 ㄷ. (가)의 생성물인 $MgCl_2$ 에서 Mg의 산화수는 +2이고, (나)의 생성물인 MgO에서도 Mg의 산화수는 +2이다. ㉔ ⑤

13 | 자료 분석하기 |

• X 이온과 금속 Y가 반응하므로 반응성은 $Y > X$ 이다.
 • X 이온(●) 6개가 환원될 때 Y 이온(▲) 3개가 생성된다.
 ➔ X 이온과 Y 이온 전하의 비는 1 : 2이다.
 • Y 이온과 금속 Z가 반응하므로 반응성은 $Z > Y$ 이다.
 • Y 이온(▲) 3개가 환원될 때 Z 이온(■) 2개가 생성된다.
 ➔ Y 이온과 Z 이온 전하의 비는 2 : 3이다.

알짜풀이 ● ㄱ. X 이온이 들어 있는 수용액에 금속 Y를 넣었을 때 X 이온이 반응하여 새로운 이온이 생성되므로 Y가 전자를 잃고 산화되면서 X 이온이 전자를 얻어 환원된 것이다. 따라서 X 이온인 ●은 산화제로 작용한 것이다.

오답탐기 ● ㄴ. Y 이온(▲) 3개가 반응하여 Z 이온(■) 2개가 생성되므로 이온 전하의 비는 Y 이온 : Z 이온 = 2 : 3이다. 각 이온의 산화수는 전하와 같으므로 산화수의 비도 2 : 3이다.

ㄷ. X 이온 수용액에 Y를 넣었을 때 반응이 일어나므로 Y는 X보다 산화되기 쉽다. 또한 Y 이온 수용액에 Z를 넣었을 때 반응이 일어나므로 Z는 Y보다 산화되기 쉽다. 따라서 Z는 X보다 산화되기 쉬우므로 Z 이온(■)이 들어 있는 수용액에 X를 넣어도 반응이 일어나지 않는다. ㉔ ①

14 | 자료 분석하기 |

▲ A 이온 ● B 이온 ■ C 이온
 금속 C를 넣었을 때 A 이온 4개, B 이온 1개가 반응하고, C 이온 3개가 생성된다.
 ➔ (A 이온 전하 $\times 4$) + (B 이온 전하 $\times 1$) = (C 이온 전하 $\times 3$)

알짜풀이 ● ㄱ. A 이온과 B 이온이 들어 있는 수용액에 금속 C를 넣었을 때 C는 전자를 잃고 산화되어 C 이온이 된다.

우공비 BOX

보충 설명

금속과 금속 이온의 반응에서 음이온
 대체로 금속과 금속 이온이 반응할 때 전자를 잃고 얻는 것은 금속 원소이고, 음이온은 산화-환원 반응에 참여하지 않아요.

보충 설명

전자를 얻어 환원되기 쉬운 할로젠 분자가 할로젠화 이온의 전자를 빼앗아 산화시키면서 자신이 환원돼요. 즉, 할로젠 분자와 할로젠화 이온 사이의 반응에서 환원되기 쉬운 할로젠은 산화제로 작용해요.

조심조심

- 일반적으로 금속 이온은 +1, +2, +3의 전하를 나타내요.
- C 이온이 +2가 양이온이므로 A 이온이 +2가 또는 +3가 양이온이라면 반응한 A 이온의 총 전하가 생성된 C 이온의 총 전하보다 커지게 되므로 주어진 자료와 맞지 않아요.

오답탐기 ● ㄴ. 반응 전후에 수용액 속 전하의 총합은 달라지지 않으므로 A 이온 4개의 전하와 B 이온 1개의 전하의 합은 C 이온 3개의 전하의 합과 같다. C 이온이 +2가 양이온이므로 A 이온이 +1가, B 이온이 +2가 양이온일 때 이러한 관계가 성립할 수 있다. 이온의 산화수는 이온의 전하와 같으므로 A 이온(▲)과 C 이온(■)의 산화수의 비는 1 : 2이다.

ㄷ. 금속 C를 넣었을 때 A 이온이 모두 반응한 후 B 이온이 반응한 것으로 보아 A 이온(▲)이 B 이온(●)보다 환원되기 쉽다. ㉔ ①

15 | 자료 분석하기 |

(가) 용액 (나) 용액

- (다)에서 금속 A 막대의 질량 감소 ➔ A 이온과 B 이온의 산화수가 같으므로 반응한 A 원자 수와 석출된 B 원자 수가 같다. ➔ 원자량은 $A > B$ 이다.
- (라)에서 (나) 용액 속 전체 이온 수 감소 ➔ 반응한 C 이온 수가 생성된 B 이온의 수보다 많다. ➔ 이온의 산화수는 C 이온이 B 이온보다 작다.

알짜풀이 ● ㄱ. A 이온과 B 이온의 산화수가 같으므로 (가)에서 반응한 A의 몰 수와 생성된 B의 몰 수가 같다. 이때 금속 A 막대의 질량이 감소하므로 원자량은 A가 B보다 크다.
 ㄴ. (나)에서 전체 이온 수가 감소하는 것으로 보아 반응한 C 이온의 수가 생성된 B 이온의 수보다 많다. 이로부터 이온의 산화수는 C 이온이 B 이온보다 작다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. (가)에서 B 이온 수용액에 금속 A를 넣었을 때 반응이 일어나므로 A는 B보다 산화되기 쉽다. 또한 (나)에서 C 이온 수용액에 금속 B를 넣었을 때 반응이 일어나므로 B는 C보다 산화되기 쉽다. 이로부터 A는 C보다 산화되기 쉽다는 것을 알 수 있다. 따라서 C 이온 수용액에 금속 A를 넣으면 A가 산화되면서 C 이온을 환원시킨다. ㉔ ⑤

16

알짜풀이 ● ㄱ. Y^- 과 Z^- 이 들어 있는 수용액에 X_2 를 넣었을 때 Y^- 의 수가 먼저 감소하는 것은 넣어 준 X_2 가 Y^- 의 전자를 빼앗아 X^- 으로 환원되면서 Y^- 이 Y_2 로 산화되기 때문이다. 따라서 Y^- 은 X^- 보다 산화되기 쉽다.

오답탐기 ● ㄴ. X_2 를 넣어 줄 때 Y^- 의 수가 먼저 감소하고, Y^- 이 모두 반응한 후 Z^- 의 수가 감소하는 것으로 보아 가장 산화되기 쉬운 것은 Y^- 이다. 즉, Y^- 이 Z^- 보다 산화되기 쉽다. 따라서 Y^- 이 들어 있는 수용액에 Z_2 를 넣어 주면 Z_2 가 Y^- 으로부터 전자를 빼앗아 환원되므로 Z의 산화수는 감소한다.

ㄷ. (가)점에서 용액 속에는 X^- , Y^- , Z^- 이 들어 있다. 여기에 Z_2 를 넣어 주면 Z_2 는 Y^- 을 산화시키고 자신은 Z^- 으로 환원된다. 그러나 X^- 으로부터는 전자를 빼앗지 못하므로 Z^- 의 수는 증가하지만 X^- 의 수는 변하지 않는다. ㉔ ①

11 산과 염기

24 장 산과 염기의 성질 및 세기

개념 확인 문제

● 본책 212쪽

- 1 ㉠ 수소 이온(H^+) ㉡ 수산화 이온(OH^-) 2 (1) H^+
 (2) OH^- 3 (1) × (2) ○ 4 (1) 수산화 나트륨 ($NaOH$) (2) 질산(HNO_3)

3

산과 염기의 세기는 수용액에서 이온화되는 정도에 따라 결정된다. 강산은 약산보다 수용액에서 이온화되는 정도가 크므로 같은 농도의 수용액에서 강산 수용액이 약산 수용액보다 전기 전도도가 더 크다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 213~215쪽

- 기본문제 01 ㉠ 02 ㉠ 03 ㉠ 04 ㉠ 05 ㉠
 실력문제 06 ㉠ 07 ㉠ 08 해설 참조 09 ㉠
 10 ㉠ 11 ㉠ 12 ㉠ 13 ㉠ 14 ㉠

01

알짜풀이 ● ㉠ BTB 용액은 산 수용액에서 노란색을 나타내므로 BTB 용액을 노란색으로 변화시키는 이온은 H^+ 이다.

오답넘기 ● ㉡, ㉢ 산은 물에 녹아 H^+ 와 음이온으로 이온화하므로 수용액에서는 전류가 흐르며, 산 수용액에는 공통적으로 H^+ 이 존재한다.

㉡, ㉤ 염기는 물에 녹아 양이온과 OH^- 으로 이온화하므로 수용액에는 이온이 존재한다. 또 염기의 종류에 따라 양이온이 달라지더라도 공통적으로 OH^- 을 내놓으므로 수용액에 존재하는 음이온의 종류는 같다. ㉠ ㉣

02

알짜풀이 ● ㉠ 수용액 속에 이온이 존재하므로 전극을 연결하면 이온이 반대 전하를 띤 전극 쪽으로 이동하여 전류가 흐른다.

오답넘기 ● ㉡, ㉢ 수용액 속에 H^+ 이 존재하므로 Mg 조각을 넣으면 수소(H_2) 기체가 발생하고, 탄산 칼슘 가루를 넣으면 이산화 탄소(CO_2) 기체가 발생한다.

㉣, ㉤ 산 수용액에 존재하는 H^+ 은 BTB 용액을 노란색으로 변화시키고, 페놀프탈레인 용액의 색은 변화시키지 않는다. ㉠ ㉣

03

알짜풀이 ● ㉤ 염산은 아세트산보다 강산이므로 이온화하는 정도가 아세트산보다 크다. 따라서 각각의 산이 같은 몰 수만큼 녹아 있는 같은 부피의 수용액 속 H^+ 의 수는 염산이 아세트산 수용액보다 많다.

오답넘기 ● ㉠ 염기의 세기는 물에 대한 용해도와 관계없이 물에 녹은 염기가 이온화하는 정도에 따라 구분한다.

조심조심

산이나 염기의 세기는 용해된 물질 중 이온화된 물질이 차지하는 비율이 얼마나 되는가를 통해 나타내요. 따라서 물질이 물에 얼마나 잘 용해되는지를 나타내는 척도인 용해도와는 다르답니다.

쉽게쉽게

- 산성: H^+ 때문에 나타나요.
- 염기성: OH^- 때문에 나타나요.

보충 설명

NH_3 는 물과 반응하여 OH^- 을 생성하므로 염기예요.
 $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

보충 설명

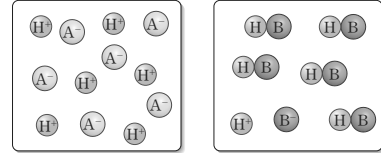
에탄올(C_2H_5OH)에는 O와 H가 포함되어 있지만, 수용액에서 H^+ 이나 OH^- 을 내놓지 않으므로 에탄올은 산성이나 염기성을 띠지 않아요.

㉡ 농도가 같을 때 같은 부피 속에 들어 있는 이온 수는 강염기 수용액이 약염기 수용액보다 많다. 따라서 전류의 세기는 강염기 수용액이 약염기 수용액보다 크다.

㉢ 약염기 수용액 속에도 OH^- 이 존재하므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉게 변한다.

㉣ 같은 몰 수의 NH_3 와 $NaOH$ 을 녹인 같은 부피의 수용액 속 OH^- 의 수는 강염기인 $NaOH$ 수용액이 약염기인 암모니아수보다 많다. ㉠ ㉤

04 | 자료 분석하기 |



물에 녹은 6개의 분자 중에서 HA는 수용액에서 모두 이온화하였고, HB는 1개만 이온화하였다.

→ HA는 강산, HB는 약산이다.

알짜풀이 ● ㉠, 수용액에서 이온화하는 정도는 HA가 HB보다 크므로 산의 세기는 HA가 HB보다 강하다.

㉡, 같은 부피의 수용액 속에 들어 있는 이온 수는 HA 수용액이 HB 수용액보다 많으므로 수용액에 흐르는 전류의 세기는 HA 수용액이 HB 수용액보다 크다.

○ **오답넘기** ● ㉢, 이 자료만으로 HA와 HB 중 어느 물질이 물에 잘 녹는지 알 수 없다. ㉠ ㉣

05

알짜풀이 ● ㉣ $NaOH$ 의 불꽃색은 Na 성분에 의해 나타나고, $Ca(OH)_2$ 의 불꽃색은 Ca 성분에 의해 나타나므로 색이 서로 다르다.

오답넘기 ● ㉠ $NH_3(g)$ 는 $HCl(g)$ 와 반응하여 흰색 고체인 $NH_4Cl(s)$ 을 생성하므로 증류에 이용할 수 있다.

㉡ $NaOH$ 은 공기 중 수분을 흡수하여 스스로 녹는 조해성이 있다.

㉢ 낱숨에는 이산화 탄소가 들어 있으므로 $Ca(OH)_2$ 수용액에 낱숨을 불어 넣으면 뿌옇게 흐려진다.

○ ㉤ NH_3 , $NaOH$, $Ca(OH)_2$ 은 모두 염기이므로 수용액 속에 OH^- 이 들어 있다. ㉠ ㉣

06

알짜풀이 ● ㉠, 주어진 물질은 모두 산으로 물에 녹아 이온화하여 H^+ 을 내놓는다.

㉡, 산 수용액 속에 들어 있는 H^+ 은 Zn과 반응하여 Zn을 산화시키고, 자신은 전자를 얻어 수소 기체로 환원된다.

오답넘기 ● ㉢, 산은 $CaCO_3$ 과 반응하여 이산화 탄소 기체를 발생시킨다. ㉠ ㉣

07

○ **알짜풀이** ● ㉤ (다)에 속하는 물질은 에탄올(C_2H_5OH)이다. 에탄올은 물에 녹지만 이온화하지 않으므로 수용액 속에 이온이 존재하지 않는다.

오답범기 ● ①, ② (가)에 속하는 물질은 산이다. 주어진 물질 중에서 산은 CH_3COOH , H_2CO_3 , HF 의 세 가지이며, 이들 물질은 물에 녹아 모두 H^+ 을 내놓는다.

③, ④ (나)에 속하는 물질은 염기이다. 주어진 물질 중에서 염기는 NaOH 과 NH_3 의 두 가지이다. 염기 수용액은 페놀프탈레인 용액을 붉게 변화시킨다. ㉔ ⑤

08

알짜풀이 ● 수산화 나트륨은 수용액에서 대부분 이온화하는 강염기이고, 암모니아는 수용액에서 일부만 이온화하는 약염기이다.

모범답안 ● 수산화 나트륨이 이온화하는 정도가 암모니아보다 커서 수용액 속 이온의 농도가 더 크기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 이온화 정도가 크기 때문이라고만 쓰거나 이온 농도가 크기 때문이라고만 쓴 경우	70 %

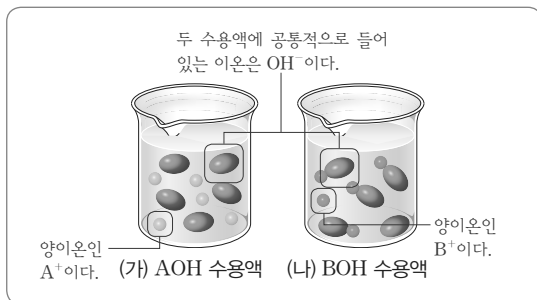
09

알짜풀이 ● ㉔. NaOH 수용액에도 OH^- 이 들어 있으므로 리트머스 종이의 색 변화는 같다.

오답범기 ● ㉔. 전류를 흘려 주면 음이온인 NO_3^- 과 OH^- 이 (+)극 쪽으로 이동하는데, 이때 리트머스 종이의 색을 푸르게 변화시키는 것은 OH^- 이다.

㉔. X 수용액은 OH^- 이 들어 있는 염기 수용액으로, Mg과 반응하지 않는다. ㉔ ②

10 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㉔. 두 수용액 모두 염기성이므로 OH^- 이 공통적으로 들어 있다. 따라서 (나)에만 들어 있는 ●은 양이온인 B^+ 이다.

㉔. (가)와 (나)에는 공통적으로 OH^- 이 들어 있으므로 페놀프탈레인 용액을 모두 붉게 변화시킨다.

오답범기 ● ㉔. 두 수용액은 모두 염기성이므로 석회석과 반응하지 않는다. 석회석은 산 수용액과 반응하여 이산화 탄소 기체를 발생시킨다. ㉔ ③

11

알짜풀이 ● ㉔. ㉔. 마그네슘과 반응하여 기체가 발생하는 정도는 (가)에서 더 활발하므로 수용액 속 H^+ 의 수는 (가)가 (나)보다 많다. 즉, HA는 HB보다 이온화가 잘 되며, (가)에 들어 있는 A^- 의 수는 (나)에 들어 있는 B^- 의 수보다 많다.

우공비 BOX

●보충 설명●

이온화하지 않고 남아 있는 분자 수가 많다는 것은 이온화하는 정도가 작다는 것을 의미해요. 즉, 산의 세기가 약하다는 것을 의미합니다.

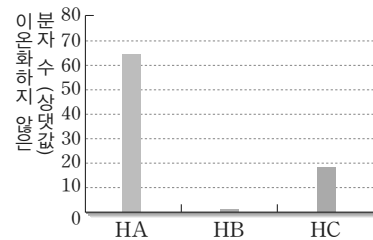
㉔. 두 수용액은 모두 산성이므로 마그네슘과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다. ㉔ ⑤

12

알짜풀이 ● ㉔. ㉔. 마그네슘과 반응할 때 기포가 더 활발하게 발생하는 HA(aq)이 HB(aq)보다 수소 이온의 농도가 더 크므로, 같은 부피의 수용액 속에 들어 있는 이온 수는 HA(aq)이 HB(aq)보다 많다. 즉, HA가 HB보다 이온화하는 정도가 크므로 산의 세기는 HA가 HB보다 강하다.

오답범기 ● ㉔. 산의 세기는 물에 대한 용해도와 관계없이 물에 녹은 산이 이온화하는 정도에 의해 결정된다. ㉔ ③

13 | 자료 분석하기 |



물에 녹아 이온화하지 않은 분자 수가 많을수록 산의 세기가 약하다. ➡ 산의 세기 : $\text{HB} > \text{HC} > \text{HA}$

알짜풀이 ● ㉔. 산이 물에 녹아 이온화하는 정도가 클수록 이온화하지 않고 분자 상태로 존재하는 수가 적고, 산의 세기는 강하다. 따라서 산의 세기는 HB가 HA보다 강하다.

㉔. 산의 세기는 HC가 HA보다 강하므로 같은 농도의 수용액에서 산이 이온화하여 내놓은 H^+ 의 수는 HC(aq) 이 HA(aq) 보다 많다.

㉔. 수용액 속 H^+ 의 농도는 HB(aq) 이 HC(aq) 보다 크므로 마그네슘과 반응할 때 기포가 더 활발하게 발생하는 것은 HB(aq) 이다. ㉔ ⑤

14

알짜풀이 ● ㉔. ㉔. 염화 수소(HCl)와 반응하여 염화 암모늄(NH_4Cl)의 흰 연기를 생성하는 것은 암모니아(NH_3)이다. 암모니아는 염기이므로 수용액 속에 OH^- 이 존재하며, 수용액에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉게 변한다.

오답범기 ● ㉔. 이산화 탄소 검출에는 수산화 칼슘 수용액(석회수)을 사용한다. ㉔ ③

●보충 설명●

염화 수소(HCl)와 암모니아(NH_3)의 반응
 $\text{HCl(g)} + \text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl(s)}$
 이 반응에서 생성된 NH_4Cl 의 작은 알갱이가 흰 연기처럼 보여요.

●보충 설명●

강산은 약산에 비해 물에 녹아 이온화하는 정도가 크므로 농도와 부피가 같은 수용액에서 H^+ 의 개수가 더 많아요. 따라서 금속과 더 활발하게 반응하여 수소 기체를 빠르게 발생시켜요.

25 ㉔ 산과 염기의 정의 확장

개념 확인 문제

●본책 217쪽

1 ㉔ 산화 ㉔ 환원 2 브뢴스테드-로우리 정의, 루이스 정의 3 양쪽성 물질 4 (1) 염기 (2) 산

2

NH_3 는 OH^- 을 포함하지 않으므로 아레니우스 정의로는 암모니아가 염기인 것을 설명할 수 없다.

4

- (1) H_2O 은 HCl 로부터 양성자(H^+)를 받는 염기이다.
 (2) H_2O 은 NH_3 에 양성자(H^+)를 주는 산이다.

문제 다지기

● 본책 218~219쪽

기/본/문/제 01 ⑤ 02 ⑤ 03 ④ 04 ③ 05 ②

실/력/문/제 06 ⑤ 07 ④ 08 ① 09 ⑤

01

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 Cl의 산화수가 0에서 -1로 감소하여 환원되므로 Cl_2 는 산화제이다.

ㄴ. (나)에서 N의 산화수는 0에서 -3으로 감소하므로 N_2 는 환원된다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 H_2 는 모두 자신보다 전기 음성도가 큰 원소와 결합을 하므로 전자를 빼앗기게 된다. 즉, H의 산화수는 모두 증가하여 산화되므로 H_2 는 환원제로 작용한다.

답 ⑤

02

알짜풀이 ● ⑤ H^+ 이 H_2O 과 반응하여 H_3O^+ 을 형성할 때 H^+ 은 H_2O 의 산소 원자가 가지고 있는 비공유 전자쌍을 받으므로 루이스 산이다.

오답نب기 ● ① 분자 내에 H를 가지고 있더라도 이온화하지 않으면 산으로 작용하지 않는다.

② NH_3 는 분자에 OH가 없지만 H_2O 과 반응하여 OH^- 을 생성하므로 염기로 작용할 수 있다.

③ 물질은 반응하는 물질에 따라 산으로도 작용할 수 있고, 염기로도 작용할 수 있다. 이러한 물질을 양쪽성 물질이라고 한다.

④ 다른 물질로부터 H^+ 을 받는 물질은 브뢴스테드-로우리 염기이다.

답 ⑤

03

알짜풀이 ● ④ H_2O 이 CO_3^{2-} 에게 H^+ 을 주는 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다.

오답نب기 ● ① H_2O 이 H^+ 에게 비공유 전자쌍을 주는 루이스 염기로 작용한다.

② Na과 H_2O 의 산화-환원 반응이다.

③ H_2O 이 HNO_3 으로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기로 작용한다.

⑤ H_2O 이 HCO_3^- 으로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기로 작용한다.

답 ④

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 XOH 는 물에 녹아 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.

우공비 BOX

필수 자료

산과 염기의 정의

산	염기
수용액에서 H^+ 을 내놓음	수용액에서 OH^- 을 내놓음
양성자(H^+) 주개	양성자(H^+) 받개
전자쌍 받개	전자쌍 주개

ㄴ. XOH(s) 는 물에 녹아 OH^- 을 내놓으므로 XOH(aq) 에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉게 변한다.

오답نب기 ● ㄷ. (나)에서 구성 원자들의 산화수가 변하지 않으므로 산화-환원 반응이 아니다.

답 ③

05

알짜풀이 ● ㄴ. NH_3 는 H_2O 로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기로 작용한다.

오답نب기 ● ㄱ. H_2O 은 NH_3 에게 양성자(H^+)를 주는 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다.

ㄷ. 암모니아의 수용액에는 OH^- 이 포함되어 있으므로 BTB 용액을 푸른색으로 변화시킨다.

답 ②

06

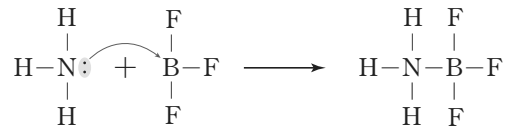
알짜풀이 ● ㄱ. 주어진 물질 중 페놀프탈레인 용액을 붉게 변화시키는 물질은 NaOH 과 NH_3 이고, 두 물질 중 물에 녹아 OH^- 을 내놓을 수 있는 물질은 NaOH 이다. 따라서 기준 ①은 '아레니우스 염기로 작용할 수 있는가?'가 될 수 있다.

ㄴ. 페놀프탈레인 용액의 색을 변화시키지 못하는 HCl 과 H_2O 중에서 물에 녹아 H^+ 을 내놓을 수 있는 아레니우스 산은 HCl 임을 알 수 있다. 이로부터 (가)는 NH_3 , (나)는 HCl , (다)는 H_2O 이다. $\text{NH}_3(g)$ 와 $\text{HCl}(g)$ 는 반응하여 흰색의 $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$ 을 생성한다.

ㄷ. H_2O 이 NH_3 와 반응할 때는 H^+ 을 주는 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다.

답 ⑤

07 | 자료 분석하기 |



- NH_3 는 BF_3 에 비공유 전자쌍을 주므로 루이스 염기이다.
- BF_3 는 NH_3 로부터 비공유 전자쌍을 받으므로 루이스 산이다.

알짜풀이 ● ㄴ. NH_3 는 비공유 전자쌍을 주는 루이스 염기로 작용한다.

ㄷ. BF_3NH_3 에서 B 주위에는 전자쌍 4개가 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

오답نب기 ● ㄱ. BF_3 는 NH_3 로부터 비공유 전자쌍을 받는 루이스 산으로 작용한다.

답 ④

08

알짜풀이 ● ㄱ. HF 는 물에 녹아 H^+ 을 내놓을 수 있으므로 아레니우스 산으로 작용하는 물질이다.

오답نب기 ● ㄴ. BF_3 는 분자 내에 H가 없으므로 다른 물질에게 H^+ 을 줄 수 없다. 따라서 브뢴스테드-로우리 산으로 작용하지 않으므로 (다)에 속하는 물질이다. 브뢴스테드-로우리 산으로 작용할 수 있으면서 아레니우스 산이 아닌 (나)에 속하는 물질은 H_2O 이다.

ㄷ. 브뢴스테드-로우리 산으로 작용하지 않는 (다)에 속하는 물질은 BF_3 이다. BF_3 의 중심 원자인 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

답 ①

쉽게쉽게

H_2O 이 관여하는 산-염기 반응에서 H_3O^+ 이 생성되면 H_2O 이 염기로 작용한 것이고, OH^- 이 생성되면 H_2O 이 산으로 작용한 것이예요.

보충 설명

플루오린화 붕소(BF_3)

BF_3 에서 중심 원자 B 주변에는 전자가 6개 있으므로, 옥텟 규칙을 만족하지 않아요.

09

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 H_2O 은 HCl 로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기이다.

ㄴ. (나)에서 NH_3 는 HCl 로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기이다. 이때 NH_3 는 N에 있는 비공유 전자쌍을 H^+ 에게 제공하므로 루이스 염기이기도 하다.

ㄷ. HCl 는 (가)와 (나)에서 모두 H^+ 을 내주므로 산으로 작용한다. **답 ⑤**

우공비

비법 특강

● 본책 220~221쪽

1 ⑤ 2 ③ 3 (1) (가), $\text{HBr} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{Br}^-$ (2) (라), $\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ 4 ① 5 루이스 산: H^+ , 루이스 염기: H_2O 6 ④

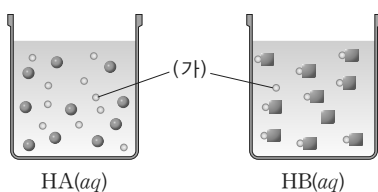
1

알짜풀이 ● ㄱ. 물에 녹아 분자로 존재하지 않고 이온 상태로 존재하는 입자 수가 많을수록 이온화하는 정도가 큰 물질이다. 따라서 이온으로 더 많이 나누어진 A가 B보다 이온화하는 정도가 크다.

ㄴ. 같은 부피의 수용액 속에 전하를 운반하는 이온의 수가 많을수록 전류가 잘 흐른다. 따라서 A 수용액이 B 수용액보다 수용액에 흐르는 전류의 세기가 크다.

ㄷ. H^+ 의 농도는 A 수용액이 B 수용액보다 크다. 따라서 수용액에 Mg 를 넣었을 때 A 수용액이 B 수용액보다 기포가 더 활발하게 발생한다. **답 ⑤**

2 | 자료 분석하기 |



- HA와 HB 수용액에 공통적으로 들어 있는 입자 (가)는 수소 이온(H^+)이다.
- HA는 수용액에서 대부분 이온화하므로 강산이고, HB는 일부만 이온화하므로 약산이다.

알짜풀이 ● ㄱ. HA와 HB는 모두 산이므로 물에 녹아 H^+ 을 내놓는다. 따라서 두 수용액에서 공통적으로 존재하는 입자 (가)는 H^+ 이다.

ㄴ. 물속에서 이온화한 정도는 HA가 HB보다 크므로 산의 세기는 HA가 HB보다 강하다.

오답نب기 ● ㄷ. 두 수용액에 모두 H^+ 이 존재하므로 각 수용액에 BTB 용액을 넣으면 모두 노란색을 나타낸다. **답 ③**

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

브뢴스테드-로우리 염기는 H^+ 을 받아들일 수 있는데, 이때 H^+ 은 전자가 없는 양성자이므로 브뢴스테드-로우리 염기는 비공유 전자쌍을 H^+ 에게 제공하여 결합을 형성해요. 따라서 브뢴스테드-로우리 염기는 루이스 염기이기도 합니다.

3

(1) **알짜풀이** ● 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓는 아레니우스 산은 HBr 이다. **답 (가)**, $\text{HBr} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{Br}^-$

(2) **알짜풀이** ● 수용액에서 이온화하여 OH^- 을 내놓는 아레니우스 염기는 NaOH 이다. **답 (라)**, $\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

4

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 H_2CO_3 은 H^+ 을 H_2O 에게 주므로 브뢴스테드-로우리 산이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)에서 HCO_3^- 은 H^+ 을 H_2O 에게 주므로 브뢴스테드-로우리 산이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 H_2O 은 모두 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드-로우리 염기이다. **답 ①**

5

알짜풀이 ● H_2O 의 O에는 비공유 전자쌍이 있으므로 H_2O 은 H^+ 에 비공유 전자쌍을 주는 루이스 염기로 작용하고, H^+ 은 비공유 전자쌍을 받는 루이스 산으로 작용한다.

답 루이스 산: H^+ , 루이스 염기: H_2O

6

알짜풀이 ● ㄴ. (나)의 H_2O 은 NH_3 에게 H^+ 을 주므로 브뢴스테드-로우리 산이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 NH_3 는 모두 비공유 전자쌍을 주는 루이스 염기이다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)의 NH_3 에서 질소(N) 원자 주위에 결합한 원자가 3개 있고, 비공유 전자쌍이 1개 있다. NH_4^+ 에는 질소(N) 원자 주위에 결합한 원자가 4개 있다. 따라서 결합 각 $\angle \text{HNNH}$ 는 ①이 ⑦보다 크다. **답 ④**

● 보충 설명 ●

NH_3 와 NH_4^+ 의 비교

구분	NH_3	NH_4^+
공유 전자쌍	3	4
비공유 전자쌍	1	0
구조	삼각뿔형	정사면체형
결합각	107°	109.5°

수능 문제

실력 굳히기

● 본책 222~225쪽

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

01

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 수용액에 전류가 흐르므로 X는 수용액에서 이온화하며, 페놀프탈레인 용액을 붉게 변화시키므로 염기이다. 따라서 X는 BTB 용액을 푸른색으로 변화시킨다.

오답نب기 ● ㄷ. X는 염기이므로 수용액에 Mg 를 넣어도 반응하지 않는다. **답 ③**

02

알짜풀이 ● ㄱ. 묽은 염산에 들어 있는 H^+ 이 (-)극 쪽으로 이동하면서 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킨다.

ㄷ. 묽은 염산 대신 수산화 나트륨 수용액을 적신 심을 사용하면 수용액 속 OH^- 이 (+)극 쪽으로 이동하면서 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시킨다.

오답넘기 ● 나. (+)극 쪽으로는 묽은 염산의 Cl^- 과 질산 칼륨 수용액의 NO_3^- 이 이동한다. 그러나 이들은 리트머스 종이의 색깔을 변화시키는 물질이 아니므로 이온의 이동을 눈으로 확인할 수 없다. ㉢ ③

03

알짜풀이 ● 가. 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시키는 이온은 OH^- 이므로 A 수용액 속에는 OH^- 이 들어 있다.

오답넘기 ● 나. 붉은색 리트머스 종이가 (+)극 쪽으로 푸르게 변하는 것으로 보아 염기성을 나타내는 이온은 (-)전하를 띠고 있어서 (+)극 쪽으로 이동한다는 것을 알 수 있다.
 다. 전극의 방향을 반대로 바꾸면 이온의 이동 방향도 반대가 되므로 실험 결과가 다르게 나타난다. ㉢ ④

04

알짜풀이 ● 나. (나)에 들어 있는 H^+ 이며, H^+ 이 Mg와 반응하면 수소 기체가 발생한다.

다. 단위 부피당 이온 수가 더 많은 (가)가 (나)보다 전류가 잘 흐르고 꼬마전구의 불빛이 밝다.

오답넘기 ● 가. 산의 공통성은 H^+ 에 의해 나타나므로 산 수용액에 BTB 용액을 떨어뜨렸을 때 노란색으로 변하게 하는 원인 물질은 H^+ 인 H^+ 이다. ㉢ ④

05

알짜풀이 ● 가. 마그네슘은 산의 H^+ 과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다.

나. H^+ 2개가 반응하고 Mg^{2+} 1개가 생성되므로 수용액 속 양이온의 수는 감소한다. 이때 산의 음이온의 수가 일정하므로 기체가 발생하는 동안 용액 속 양이온 수 음이온 수 는 감소한다.

오답넘기 ● 다. 산 HA는 모두 이온화한 상태로 존재하므로 강산이다. HA 대신에 약산인 아세트산을 사용하면 수용액 속 H^+ 의 농도가 작으므로 기체가 더 느리게 발생한다. ㉢ ③

06 | 자료 분석하기 |



- 수용액에서 양이온과 음이온의 전하는 같다.
- HA(aq) 에 들어 있는 두 종류의 입자는 그 수가 같으므로 각각 H^+ 과 A^- 이다.
- HB(aq) 에 들어 있는 입자 중 그 수가 같은 (나)와 (다)가 H^+ 또는 B^- 에 해당하고, (가)는 이온화되지 않은 HB이다.

알짜풀이 ● 나. 물속에서 이온화하는 정도는 HA가 HB보다 크므로 산의 세기는 HA가 HB보다 강하다.

다. 같은 몰 수만큼 녹였고, 수용액에서 이온화하는 정도는 HA가 HB보다 크므로 수용액 속 H^+ 의 수는 HA(aq) 가 HB(aq) 보다 많다.

오답넘기 ● 가. 산이 물에 녹아 이온화하면 H^+ 과 음이온이 생성되므로 두 가지 입자만 존재하는 HA는 물에 녹은 산이

우공비 BOX

필수 자료

산과 금속의 반응

수소보다 반응성이 큰 금속을 산 수용액에 넣으면 금속은 산화되어 금속 이온으로 녹아 들어가고, H^+ 은 환원되어 H_2 기체가 되어 용액 밖으로 빠져나와요.

보충 설명

전해질 수용액은 전기적으로 중성이므로 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량은 같아야 해요.

보충 설명

아레니우스 산과 염기

아레니우스 산은 물에 녹아 내놓을 수 있는 H^+ 를 반드시 가지고 있어야 해요. 또 아레니우스 염기는 물에 녹아 내놓을 수 있는 OH^- 를 반드시 가지고 있어야 해요.

완전히 이온화한 것이고, HB는 물에 녹은 것 중에서 일부만 이온화한 것으로 수용액 속에는 HB, H^+ , B^- 의 세 가지 입자가 존재한다. 이때 HB가 이온화하여 내놓은 H^+ 과 B^- 의 수는 같으므로 (가)는 HB이고, (나)와 (다)는 각각 H^+ 또는 B^- 이다. 즉, (가)는 전하를 띠지 않는 입자이다. ㉢ ④

07

알짜풀이 ● (가) 페놀프탈레인 용액을 붉게 변화시키는 것은 염기이므로 비커 A와 B에는 석회수 또는 NaOH 수용액이 들어 있다. 따라서 C에는 묽은 염산이 들어 있다.

(나) 이산화 탄소와 반응하여 뿌연게 흐려지는 것은 석회수이므로 비커 A에는 석회수가 들어 있다. 따라서 비커 B에는 NaOH 수용액이 들어 있음을 알 수 있다. ㉢ ④

08

알짜풀이 ● 가. Cl_2 를 물에 녹였을 때 생성된 HCl은 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성이다.

오답넘기 ● 나. H_2O 을 이루는 H와 O의 산화수는 반응 전 후에 변하지 않으므로 H_2O 은 산화되거나 환원되지 않는다.
 다. HClO에서 H의 산화수는 +1이고, O의 산화수는 -2이므로 Cl의 산화수는 +1이다. ㉢ ①

09

알짜풀이 ● 나. (나)에서 HCl가 생성될 때 H_2 는 산화되고, Cl_2 는 환원되므로 HCl는 산화-환원 반응으로 생성된다.

다. (다)에서 HCl는 물에 녹아 H^+ 을 내놓으므로 아레니우스 산이다.

오답넘기 ● 가. (가)에서 H_2O 은 H^+ 을 내주므로 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다. ㉢ ⑤

10

알짜풀이 ● 가. (가)에서 NaOH은 물에 녹아 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.

다. (다)에서 H_2O 은 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기이다.

오답넘기 ● 나. (나)에서 NH_3 는 HCl로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드-로우리 염기이다. 또는 N 원자에 있는 비공유 전자쌍을 H^+ 에게 제공하여 NH_4^+ 을 형성하는 루이스 염기로 작용한 것이라고도 볼 수 있다. ㉢ ③

11

알짜풀이 ● 가. HCl는 물에 녹아 하이드로늄 이온(H_3O^+)을 생성하므로 BTB 용액을 노란색으로 변화시킨다.

다. H_2O 은 HCl와 반응할 때에는 H^+ 을 받는 염기로 작용하고, NH_3 와 반응할 때에는 H^+ 을 주는 산으로 작용한다. 따라서 H_2O 은 양쪽성 물질이다.

오답넘기 ● 나. NH_3 는 물에 녹아 내놓을 수 있는 $-\text{OH}$ 부분이 없으므로 아레니우스 염기가 아니다. ㉢ ③

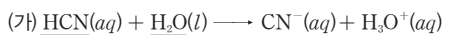
12

알짜풀이 ● (가) KOH은 물에 녹아 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.

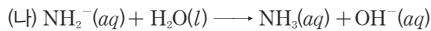
(나) H_2O 은 CH_3COOH 으로부터 H^+ 을 받아 H_3O^+ 을 생성하므로 브뢴스테드-로우리 염기이다.

(다) NH_3 는 HCl 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드-로우리 염기이다. ㉠

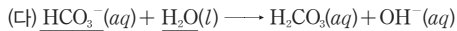
13 | 자료 분석하기 | ○



양성자 양성자
주개(산) 받개(염기)



양성자 양성자
받개(염기) 주개(산)



양성자 양성자
받개(염기) 주개(산)

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 HCN 는 H_2O 에게 H^+ 을 주는 브뢴스테드-로우리 산이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)에서 NH_2^- 은 H_2O 로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기이다.

ㄷ. H_2O 은 (가)에서는 브뢴스테드-로우리 염기로 작용하고, (나)와 (다)에서는 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다. ㉠

14

알짜풀이 ● ㄱ. ㉠은 N 원자에 있는 비공유 전자쌍을 H^+ 에게 제공하여 NH_4^+ 을 형성하므로 루이스 염기로 작용한다.

ㄴ. ㉠은 H^+ 을 제공하므로 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다.

오답نب기 ● ㄷ. ㉡은 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드-로우리 염기로 작용한다. ㉢

15

알짜풀이 ● ㄱ. 수용액에서 마그네슘과 반응하는 것은 산이며, 반응하지 않는 것은 염기이므로 (다)는 KOH 이다. KOH 은 물에 녹아 OH^- 을 내놓을 수 있으므로 아레니우스 염기이다.

ㄴ. 수용액에서 마그네슘과 반응하여 수소 기체를 발생시키는 두 가지 산 중에서 암모니아 기체와 반응하여 흰색 고체를 생성하는 것은 HCl 이다. 즉 (가)는 HCl 이고, (나)는 CH_3COOH 이다. HCl 는 CH_3COOH 보다 산의 세기가 강하므로 농도가 같은 수용액에서 이온 수는 $\text{HCl}(aq)$ 이 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 보다 많다. 따라서 전류의 세기는 (가) 수용액이 (나) 수용액보다 크다.

오답نب기 ● ㄷ. (나)는 산이고, (다)는 염기이므로 수용액 속에 들어 있는 음이온은 서로 다르다. ㉢

16

알짜풀이 ● ㄴ. (나)의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 $a + b = 4$ 이고, $c + d = 3$ 이다.

ㄷ. HNO_3 은 수용액에서 H^+ 과 NO_3^- 으로 이온화하므로 아레니우스 산이다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)에서 NO 가 산소를 얻어 NO_2 로 산화되므로 N의 산화수는 증가한다. ㉣

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

H_2O 은 다른 물질에게 H^+ 을 주는 브뢴스테드-로우리 산으로도 작용하고, 다른 물질로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기로도 작용하는 양쪽성 물질이에요.

● 보충 설명 ●

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$
($[\text{H}^+] = \text{수소 이온 농도}$)
따라서 수소 이온 농도가 10배 커지면 pH는 1만큼 작아져요.

조심조심

중화 반응이 완결되는 중화점에서는 염이 존재하는데, 염이 물에 잘 녹는 경우 혼합 용액 속에는 이온이 존재하므로 전기 전도성이 있어요.

IV. 짧은풀 화학 반응

12 중화 반응

26 강 중화 반응 (1)

개념 확인 문제

● 본책 227쪽

1 노란색 → 녹색 → 푸른색 2 BOH 수용액 > HA 수용액

3 (1) 염기성 (2) Na^+ , Cl^- (3) 1 : 1

2

산 HA 수용액은 pH가 7보다 작고, 염기 BOH 수용액은 pH가 7보다 크다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 228~229쪽

기/본문/제 01 ㉣ 02 ㉤ 03 B-C-A 04 ㉠

05 ㉤ 06 염산(HCl), 수산화 나트륨(NaOH)

실/력/문/제 07 ㉢ 08 ㉠ 09 ㉢ 10 ㉢

01

알짜풀이 ● ㉣. 수용액 속 수소 이온(H^+) 농도가 10배 커지면 pH는 1만큼 작아진다.

오답نب기 ● ㉠, ㉢. pH는 수용액 속 수소 이온(H^+)의 농도를 간단하게 수치로 나타낸 것으로, 수소 이온 농도가 클수록 pH가 작다.

㉡. 산 수용액의 pH는 7보다 작고, 염기 수용액의 pH는 7보다 크므로 pH는 염기 수용액이 산 수용액보다 크다.

㉤. 지시약은 수용액의 대략적인 색상을 알아보는 데 이용하며, pH를 정확하게 측정하려면 pH 미터를 사용한다. ㉣ ㉣

02

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시키는 것으로 보아 산 수용액이므로 H^+ 이 들어 있다.

ㄴ. (나)에 BTB 용액을 떨어뜨렸을 때 녹색을 띠는 것으로 보아 중성 수용액이다. 따라서 (나)의 pH는 7이다.

ㄷ. (다)는 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시키고, BTB 용액의 색을 푸르게 변화시키므로 염기 수용액이다. 따라서 (다)의 pH는 7보다 크다. ㉤ ㉤

03

알짜풀이 ● A는 산 수용액, B는 염기 수용액, C는 중성 수용액이다. 따라서 A의 pH는 7보다 작고, B의 pH는 7보다 크며, C의 pH는 7이다. ㉤ B-C-A

04

알짜풀이 ● ㄱ. 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 이 반응하여 H_2O 을 생성할 때 중화열이 발생한다.

오답نب기 ● ㄴ. 혼합 용액 속에는 전하를 띤 입자인 Na^+ 과 Cl^- 이 존재하므로 전류가 흐른다.

ㄷ. 산과 염기가 중화 반응할 때 구성 원자의 산화수는 변하지 않는다. ㉠ ㉠

05

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 산 수용액, (나)는 염기 수용액이므로 pH는 (가) < (나)이다.

ㄴ, ㄷ. (가)의 H^+ 과 (나)의 OH^- 이 반응하여 H_2O 이 생성되며, 이때 중화열이 발생한다. ㉮ ⑤

06

알짜풀이 ● 중화 반응으로 생성된 염을 구성하는 양이온은 Na^+ 이므로 실험에서 사용한 염기는 수산화 나트륨(NaOH)이다. 또한 염을 구성하는 음이온은 Cl^- 이므로 사용한 산은 염산(HCl)이다.

㉮ 염산(HCl), 수산화 나트륨(NaOH)

07

알짜풀이 ● ㄱ. CH_3COOH 은 산성을 나타내므로 BTB 용액을 노란색으로 변화시킨다.

ㄴ. 세 가지 물질의 수용액은 모두 산성이다.

오답넘기 ● ㄷ. HCl에서 BTB 용액을 노란색으로 변화시키는 것은 H^+ 이다. ㉮ ③

08

알짜풀이 ● 수용액에 BTB 용액을 각각 떨어뜨렸을 때, 염기성인 (가)와 (나)는 푸른색을 나타내고, 중성인 (다)는 녹색을 나타내며, 산성인 (라)는 노란색을 나타낸다. ㉮ ①

09

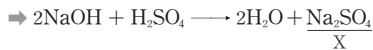
알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 산 수용액이고, (나)는 염기 수용액이므로 수용액의 pH는 ㉮이 ㉮보다 크다.

ㄷ. (가)와 (나)를 혼합할 때와 (가)와 (다)를 혼합할 때 모두 중화 반응이 일어나므로 H^+ 과 OH^- 이 반응하여 H_2O 을 생성한다. 따라서 알짜 이온 반응식은 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ 이다.

오답넘기 ● ㄴ. (다)는 염기 수용액이므로 BTB 용액의 색을 푸른색으로 변화시킨다. ㉮ ③

10 | 자료 분석하기 |

● 수산화 나트륨(NaOH) 수용액과 묽은 황산(H_2SO_4)을 혼합하면 물과 함께 X가 생성된다.



● X 수용액을 니크롬선에 묻혀서 불꽃 반응 실험을 하면 (가)의 불꽃색이 나타난다.

→ X(Na_2SO_4)는 Na를 포함하므로 노란색의 불꽃색이 나타난다.

알짜풀이 ● ㄱ. 수산화 나트륨(NaOH) 수용액과 묽은 황산(H_2SO_4)을 반응시키면 물과 함께 염인 황산 나트륨(Na_2SO_4)이 생성된다.

ㄴ. 황산 나트륨에는 나트륨 성분이 포함되어 있어 불꽃 반응 실험을 하면 노란색의 불꽃색이 나타난다.

오답넘기 ● ㄷ. 수산화 나트륨(NaOH) 수용액과 묽은 염산(HCl)을 반응시키면 물과 함께 염인 염화 나트륨(NaCl)이 생성된다. ㉮ ③

●보충 설명●

불꽃 반응으로 물질에 포함된 몇 가지 금속 원소의 종류를 알아낼 수 있어요. 나트륨(Na)이나 나트륨 이온(Na^+)을 포함한 물질은 노란색의 불꽃색을 나타내요.

●필수 자료●

액성에 따른 지시약의 색 변화

구분	산성	중성	염기성
BTB	노란색	녹색	푸른색
메틸 오렌지	붉은색	노란색	노란색
페놀프탈레인	무색	무색	붉은색

용어 알기

염

산의 음이온과 염기의 양이온이 결합되어 생성된 물질로, 산과 염기의 중화 반응뿐만 아니라 금속과 산의 반응, 양금이 생성되는 반응에 의해서도 생성돼요.

27 장 중화 반응 (2)

개념 확인 문제

●본책 232쪽

1 (1) 산성, 0.3몰 (2) 중성, 1몰 (3) 염기성, 1몰 2 (1) (다) (2) (라) 3 ㄱ, ㄴ 4 ㄱ, ㄷ, ㄹ

2

(1) (다)에서 H^+ 과 OH^- 이 모두 반응하여 중화점에 도달하므로 용액의 온도가 가장 높다.

(2) (가)와 (나)는 산성, (다)는 중성, (라)는 염기성이다.

3

중화점에서 지시약의 색이 변하고, 혼합 용액의 온도가 가장 높으며, 생성된 물의 양이 최대가 된다.

{ 문제 다지기 }

●본책 233~235쪽

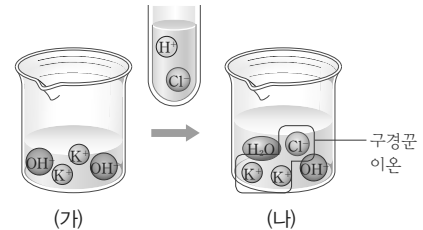
기/본/문/제 01 ④ 02 ⑤ 03 A : Cl^- , B : K^+ , C :

OH^- , D : H^+ 04 ③ 05 ②

실/력/문/제 06 ③ 07 해설 참조 08 ③ 09 ⑤

10 ③ 11 ③ 12 ⑤ 13 ② 14 ①

01 | 자료 분석하기 |



● 중화 반응이 일어난다. $\rightarrow H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

● (가)와 (나)는 수용액에 모두 OH^- 이 존재하므로 염기성을 나타낸다.

알짜풀이 ● ㄱ. K^+ 과 Cl^- 은 반응 전과 후에 그 수가 변하지 않고 일정한 것으로 보아 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 염기성을 나타내므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 푸른색으로 변한다.

오답넘기 ● ㄴ. 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 은 1 : 1의 몰 수비로 반응한다. 이때 (가)의 OH^- 중 일부가 반응하므로 (가)의 OH^- 의 몰 수는 생성된 H_2O 의 몰 수보다 많다. ㉮ ④

02

알짜풀이 ● ㄱ. 혼합 전 용액의 단위 부피당 이온 수가 같으므로 $NaOH(aq)$ 과 $HCl(aq)$ 은 1 : 1의 부피비로 반응한다. 따라서 (가)에서는 $NaOH(aq)$ 40 mL에 해당하는 양은 반응하지 않고 남게 되므로 혼합 용액은 염기성을 나타낸다. 따라서 (가)의 pH는 7보다 크다.

ㄴ. 중화 반응한 NaOH(aq) 과 HCl(aq) 의 부피는 (나)가 (다)보다 많으므로 혼합 용액의 최고 온도는 (나)가 (다)보다 높다.

ㄷ. (다)에서는 NaOH(aq) 20 mL, HCl(aq) 20 mL에 해당하는 양이 반응하고, (라)에서는 NaOH(aq) 10 mL, HCl(aq) 10 mL에 해당하는 양이 반응한다. 따라서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 (다)가 (라)의 2배이다. **답 ⑤**

03

알짜풀이 ● A : 가해 준 묽은 염산의 부피에 비례하여 증가하므로 묽은 염산의 Cl^- 이다.

B : 가해 준 묽은 염산의 부피에 관계없이 그 수가 일정하므로 수산화 칼륨 수용액의 K^+ 이다.

C : 가해 준 묽은 염산의 부피에 따라 그 수가 점차 감소하므로 수산화 칼륨 수용액 중 묽은 염산의 H^+ 과 반응하는 OH^- 이다.

D : OH^- 이 존재하는 동안은 계속 반응하여 존재하지 않다가 OH^- 이 모두 소모된 후 나타나기 시작하므로 H^+ 이다.

답 A : Cl^- , B : K^+ , C : OH^- , D : H^+

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가) 수용액 속에는 H^+ 이 존재하므로 산 수용액이다. 따라서 BTB 용액을 넣으면 노란색을 나타낸다.

ㄴ. (나) 수용액은 산성이고, (다) 수용액은 중성이므로 수용액의 pH는 (다)가 (나)보다 크다.

오답نب기 ● ㄷ. (다)에서 중화 반응이 완결되어 중화열이 가장 많이 발생하고, (라)에서는 더 이상 중화 반응이 일어나지 않으며 온도가 낮은 수산화 나트륨 수용액이 첨가되므로 혼합 용액의 최고 온도는 (다)가 (라)보다 높다. **답 ③**

05

알짜풀이 ● 신 김치의 산 성분을 염기성 물질인 달걀 껍데기로 중화시켜 신맛을 제거하는 것은 중화 반응의 원리를 이용한 것이다. 과산화 수소수로 상처를 소독하는 것은 과산화 수소가 분해되면서 내놓는 활성 산소의 살균력을 이용한 것으로, 산화-환원 반응과 관련이 있다. **답 ②**

06

알짜풀이 ● ㄱ. 반응에 참여하지 않은 Na^+ 과 Cl^- 은 구경꾼 이온이다.

ㄴ. 생성된 물 분자가 2개이고, 산의 음이온인 Cl^- 이 2개 존재하므로 반응한 H^+ 의 수도 2개이다. 따라서 반응한 H^+ 의 물 수와 생성된 H_2O 의 물 수는 같다.

오답نب기 ● ㄷ. 혼합 용액에는 OH^- 이 존재하므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 용액의 색은 붉은색을 나타낸다. **답 ③**

07

모범답안 ● 푸른색에서 녹색으로 변한 후 노란색이 된다. 날숨에 포함된 이산화 탄소가 물에 녹아 산성을 나타내므로 염기성인 수산화 나트륨 수용액을 중화시켜 녹색이 된다. 중화점 이후에 날숨을 계속 불어넣으면 혼합 용액이 산성을 나타내므로 노란색으로 변한다.

우공비 BOX

쉽게쉽게

이온 수 변화 그래프에서 구경꾼 이온은 그 수가 변하지 않거나, 지속적으로 증가하고, 반응에 참여하는 H^+ 과 OH^- 은 그래프에서 꺾이는 부분이 있어요.

쉽게쉽게

(가)에는 H^+ 2개와 Cl^- 2개가 들어 있으므로 (가) 수용액은 염산(HCl)이에요.

보충 설명

중화열

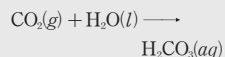
- H^+ 1몰과 OH^- 1몰이 반응하여 H_2O 1몰을 생성할 때 56 kJ/mol의 중화열이 발생해요.
- 중화 반응으로 생성되는 물의 양이 많아질수록 발생하는 중화열의 양이 증가해요.

필수 자료

중화 반응하는 H^+ , OH^- 과 생성되는 H_2O 의 물 수비는 1 : 1 : 10이에요.

보충 설명

이산화 탄소는 물에 녹아 다음과 같이 반응하여 산성을 나타내요.



채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 이유만 바르게 설명한 경우	60 %
③ 색 변화만 바르게 예측한 경우	30 %

08

알짜풀이 ● ㄷ. 중화점에서 혼합 용액에 존재하는 이온은 Na^+ 과 SO_4^{2-} 이고, 용액 속 이온 전하량의 총합은 0이므로 양이온 수는 음이온 수의 2배이다.

오답نب기 ● ㄱ. 가한 NaOH(aq) 의 부피에 관계없이 그 개수가 일정한 C와 NaOH(aq) 의 부피에 비례하여 그 수가 증가하는 A가 구경꾼 이온이다.

ㄴ. C는 묽은 황산의 SO_4^{2-} 이고, 혼합 전 그 수가 N개이므로 H^+ 의 수는 2N개이다. 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 은 1 : 1의 몰 수비로 반응하여 물을 생성하므로 중화점에서 생성된 물 분자 수는 2N개이다. **답 ③**

09 | 자료 분석하기 |

• (다)에는 (나)에 없던 Cl^- 이 존재한다. \Rightarrow (가)에 Cl^- 2개가 들어 있음을 알 수 있다.

• (다)에는 (나)에 존재하던 OH^- 이 존재하지 않으며, H_2O 1개와 H^+ 이 들어 있다. \Rightarrow 중화 반응이 일어난 것으로, (가)에 H^+ 2개가 들어 있음을 알 수 있다.

알짜풀이 ● ㄱ. (가) 수용액에는 H^+ 이 존재하므로 Mg을 넣으면 수소 기체가 발생한다.

ㄴ. 혼합 전 (가) 수용액 10 mL 속에는 H^+ 과 Cl^- 이 각각 2개씩 들어 있고, (나) 수용액 5 mL 속에는 Na^+ 과 OH^- 이 각각 1개씩 들어 있다. 따라서 같은 부피 속에 들어 있는 전체 이온 수는 (가)와 (나)가 같다.

ㄷ. (다)에서는 중화 반응이 일어나 중화열이 발생하므로 수용액의 최고 온도는 (다)가 (나)보다 높다. **답 ⑤**

10 | 자료 분석하기 |

• A : HCl(aq) 을 가하기 전 NaOH(aq) 의 이온 수이다.

• B : 중화 반응이 일어나 OH^- 의 수가 줄어들었으며, 반응에 참여하지 않는 Cl^- 이 용액 속에 남는다.

• C : 수용액 속에 H^+ 이나 OH^- 이 존재하지 않으므로 중화점이다.

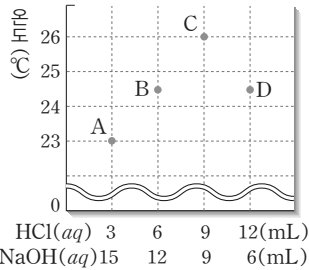
\Rightarrow 온도가 가장 높고, 생성된 물 분자 수가 최대가 된다.

• D : 넣어 준 HCl(aq) 의 H^+ 이 더 이상 반응하지 않으므로 수용액에서 H^+ 과 Cl^- 이 차지하는 비율이 늘어난다.

알짜풀이 ● ㄱ, ㄷ. 혼합 전 $\text{NaOH}(aq)$ 속의 OH^- 이 모두 반응하여 소모되는 C가 중화점이므로 C에서 최고 온도가 가장 높고, 생성된 물 분자 수가 최대가 된다.

오답نب기 ● ㄴ. Na^+ 은 구경꾼 이온이므로 $\text{HCl}(aq)$ 을 넣어 주더라도 그 수는 변하지 않는다. 따라서 A~D에서 Na^+ 의 수는 모두 같다. ㉓ ③

11 | 자료 분석하기 |



• A~D에서 반응한 산과 염기의 부피는 다음과 같다.

구분	A	B	C	D
$\text{HCl}(aq)$ 의 부피	3	6	9	6
$\text{NaOH}(aq)$ 의 부피	3	6	9	6
남은 용액과 부피(mL)	NaOH , 12	NaOH , 6	—	HCl , 6
혼합 용액의 액성	염기성	염기성	중성	산성

• 혼합 용액의 온도가 가장 높은 C가 중화점이다.
 ➔ $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 1 : 1의 부피비로 반응한다.

알짜풀이 ● ㄱ. A에서 반응한 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 각각 3 mL이고, B에서는 각각 6 mL이다. 즉, 반응한 산과 염기 수용액의 부피는 B가 A의 2배이므로, 중화 반응으로 생성된 물의 질량도 B가 A의 2배이다.

ㄴ. C에서 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 은 완전히 중화 반응하므로 혼합 용액은 중성이고, D에서는 과량의 $\text{HCl}(aq)$ 이 존재하므로 혼합 용액은 산성이다. 따라서 혼합 용액의 pH는 C가 D보다 크다.

오답نب기 ● ㄷ. 중화점인 C에서 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 은 같은 부피비로 반응한다는 것을 알 수 있다. 즉, 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 단위 부피당 이온 수는 같으므로, 같은 부피 속에 들어 있는 양이온 수의 비는 $\text{HCl}(aq) : \text{NaOH}(aq) = 1 : 1$ 이다. ㉓ ③

12

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. C에서 혼합 용액의 온도가 가장 높으므로 보아 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 은 1 : 1의 부피비로 반응한다. 따라서 혼합 전 같은 부피 속에 들어 있는 전체 이온 수는 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 같다.

각 수용액 10 mL당 양이온과 음이온이 각각 N개씩 들어 있다고 하면, 혼합 용액 A~D 속 전체 이온 수는 다음과 같다.
 A : Cl^- 7N개, Na^+ N개와 반응하지 않고 남은 H^+ 6N개가 들어 있으므로 전체 이온 수는 14N개이다.
 B : Cl^- 이 약 5.5N개, Na^+ 이 약 2.5N개, H^+ 이 약 3N개가 들어 있으므로 전체 이온 수는 약 11N개이다.

우공비 BOX

조심조심

D에서 Na^+ 의 양은 변하지 않으나 상대적으로 H^+ 과 Cl^- 의 양이 많아지기 때문에 Na^+ 의 비율이 줄어드는 것이요, Na^+ 의 양이 줄어든다고 착각하면 안 돼요.

쉽게쉽게

중화 반응 그래프에서는 대체로 꺾이는 점이 중화점이며, 강산과 강염기의 반응인 경우 중화점에서 혼합 용액의 액성은 중성이요.

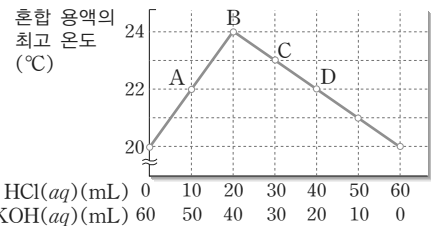
C : Cl^- 4N개, Na^+ 4N개가 들어 있으므로 전체 이온 수는 8N개이다.

D : Cl^- 2N개, Na^+ 6N개와 반응하지 않고 남은 OH^- 4N개가 들어 있으므로 전체 이온 수는 12N개이다.

따라서 C에 들어 있는 전체 이온 수가 가장 적다.

ㄷ. $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 1 : 1의 부피비로 반응하므로 A에서는 각각 10 mL만큼에 해당하는 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 반응하고, D에서는 각각 20 mL만큼에 해당하는 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 반응한다. 즉, D가 A보다 반응하는 산과 염기의 양이 2배 많으므로 생성되는 물 분자 수도 D가 A의 2배이다. ㉓ ⑤

13 | 자료 분석하기 |



• 혼합 용액의 최고 온도가 가장 높은 B가 중화점이다.
 ➔ $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{KOH}(aq)$ 이 1 : 2의 부피비로 반응한다.

• 같은 부피에서 $\text{HCl}(aq)$ 의 H^+ 수와 $\text{KOH}(aq)$ 의 OH^- 수의 비는 2 : 1이다.

알짜풀이 ● ㄷ. D에서는 반응하지 않은 $\text{HCl}(aq)$ 이 남아 혼합 용액이 산성을 나타내므로 Mg을 넣어 주면 수소 기체가 발생한다.

오답نب기 ● ㄱ. B의 최고 온도가 가장 높은 것으로 보아 중화 반응하는 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{KOH}(aq)$ 의 부피비는 1 : 2이고, B는 중화 반응이 완전히 일어난 지점이라는 것을 알 수 있다. 따라서 B의 혼합 용액은 중성이다.

ㄴ. $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{KOH}(aq)$ 이 1 : 2의 부피비로 반응하므로 A에서는 $\text{HCl}(aq)$ 10 mL, $\text{KOH}(aq)$ 20 mL에 해당하는 양이 반응하고, C에서는 $\text{HCl}(aq)$ 15 mL, $\text{KOH}(aq)$ 30 mL에 해당하는 양이 반응한다. 즉, C가 A보다 반응하는 산과 염기의 양이 1.5배 많으므로 생성되는 물 분자 수도 C가 A의 1.5배이다. ㉓ ②

14

알짜풀이 ● ㄱ. 수산화 칼륨은 염기성 물질로, 호흡으로 발생하는 산성 기체인 이산화 탄소를 흡수한다. 이때 중화 반응이 일어나서 물과 탄산 칼륨이 생성된다.

ㄷ. 도마의 생선 비린내는 트라이메틸아민이라는 염기성 물질 때문으로, 이를 없애기 위해 산성 물질인 식초를 떨어뜨려 중화시킨다.

오답نب기 ● ㄴ. 칼슘 이온과 옥살산 이온의 반응에 의해 옥살산 칼슘 양금이 생성되며, 이것은 신장 결석의 원인 물질이다.

ㄹ. 공장 폐수의 중금속 이온이 황화 이온과 반응하여 양금을 생성한다. ㉓ ①

28장 생명 현상에서의 산과 염기

개념 확인 문제

● 본책 237쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 (1) ㉠ 뉴클레오타이드
 ㉡ 1:1:1 (2) ㉢ 티민 ㉣ 구아닌 (3) ㉤ 공유 ㉥ 수소
 (4) 당

1

- (1) 아미노산에서 $-NH_2$ 는 H^+ 을 받아들일 수 있으므로 염기로 작용할 수 있고, $-COOH$ 는 H^+ 을 제공할 수 있으므로 산으로 작용할 수 있다.
 (2) (나)와 (다)에서 비공유 전자쌍은 각각 2개이다.
 (3) 염기성 용액에서 (다)는 $(-)$ 전하를 띤다.

{ 문제 다지기 }

● 본책 238~239쪽

- 기/본/문/제 01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ③
 실/력/문/제 06 ② 07 ② 08 ⑤ 09 ①

01

알짜풀이 ● 주어진 구조식은 탄소 원자에 아미노기($-NH_2$)와 카복시기($-COOH$)가 모두 결합한 것으로 보아 아미노산이다.

- ⑤ 중성 용액에서 (가) 부분은 $-COOH$ 가 내놓은 H^+ 을 받아 $(+)$ 전하를 띠고, (나) 부분은 $-COOH$ 가 H^+ 을 내놓으므로 $(-)$ 전하를 띤다.

오답넘기 ● ① 아미노산에 있는 $-COOH$ 는 H^+ 을 내놓을 수 있고, $-NH_2$ 는 H^+ 을 받을 수 있으므로 아미노산은 조건에 따라 산 또는 염기로 작용할 수 있는 양쪽성 물질이다.

② 아미노산은 단백질을 구성하는 기본 단위이다.

- ③ (가) 부분의 질소(N) 원자에는 비공유 전자쌍이 1개 있고, (나) 부분의 산소(O) 원자에는 각각 비공유 전자쌍이 2개씩 있다.

④ 아미노산에는 $-COOH$ 가 있어 수용액에서 H^+ 을 내놓을 수 있으므로 아레니우스 산으로 작용할 수 있다. ㉡ ⑤

02

알짜풀이 ● ㄱ. 아미노산의 $-NH_2$ 에서 N 원자에는 비공유 전자쌍이 있어 루이스 염기로 작용할 수 있다.

ㄴ. 아미노산의 $-COOH$ 는 H^+ 을 내줄 수 있으므로 브뢴스테드-로우리 산으로 작용할 수 있다.

오답넘기 ● ㄴ. 중성 용액에서 아미노산의 $-COOH$ 는 H^+ 을 내놓고 $(-)$ 전하를 띠고, $-NH_2$ 는 H^+ 을 얻어 $(+)$ 전하를 띤다. ㉢ ③

03

알짜풀이 ● ② DNA를 이루는 당은 디옥시리보스이다.

오답넘기 ● ① 인산, 당, 염기가 결합한 뉴클레오타이드가 연속적으로 결합하여 핵산을 형성한다.

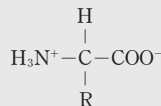
우공비 BOX

● 보충 설명 ●

DNA와 같은 핵산을 구성하는 성분 중 인산은 이온화할 수 있는 H를 3개 가진 3가 산이요, 인산의 중심 원자에 결합한 3개의 $-OH$ 중 2개는 위아래로 당과 공유 결합을 하여 골격을 형성해요. 이때 하나 남은 $-OH$ 가 물에 녹아 H^+ 을 내놓고 $-O^-$ 로 존재하므로 DNA 골격의 표면은 $(-)$ 전하를 띠어요.

● 보충 설명 ●

중성 용액에서 아미노산의 형태



● 필수 자료 ●

산과 염기의 정의

- 아레니우스 : 물에 녹아 H^+ 을 내놓으면 산, OH^- 을 내놓으면 염기
- 브뢴스테드-로우리 : H^+ 을 내주면 산, H^+ 을 받으면 염기
- 루이스 : 비공유 전자쌍을 받으면 산, 비공유 전자쌍을 내주면 염기

③ 핵산에는 DNA와 RNA가 있는데, 이 중 DNA는 유전 정보를 저장한다.

④, ⑤ 당과 인산은 공유 결합을 하여 DNA의 골격을 형성하며, DNA 2중 나선 구조에서 안쪽에는 염기쌍이 배열한다.

㉡ ②

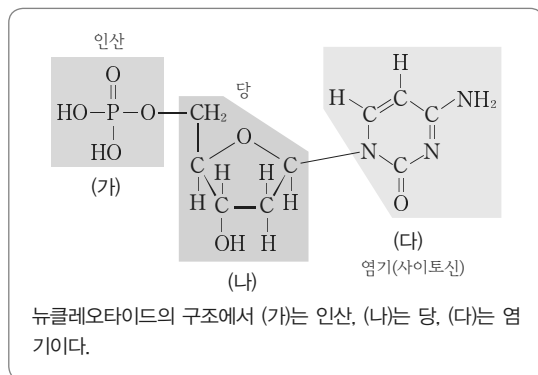
04

알짜풀이 ● ㄴ. DNA 2중 나선 구조에서 당과 인산은 공유 결합을 하여 골격을 형성한다.

ㄷ. DNA 2중 나선 구조에서 염기는 상보적으로 짝을 지어 수소 결합을 한다.

오답넘기 ● ㄱ. DNA 2중 나선 구조에서 골격의 표면은 인산에 의해 $(-)$ 전하를 띤다. ㉢ ④

05 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. (가)의 인(P) 원자 주위에는 공유 전자쌍이 5개 있으므로 P의 전자 배치는 확장된 옥텟이다.

ㄴ. 인산과 당은 공유 결합으로 연결되어 DNA의 골격을 형성한다.

오답넘기 ● ㄷ. 당과 염기는 공유 결합으로 연결되어 있으며, 염기는 DNA 2중 나선에서 짝을 이루는 염기와 수소 결합을 한다. ㉢ ③

06

알짜풀이 ● ㄴ. (나)에서 아미노산의 $-COOH$ 가 OH^- 에게 H^+ 을 내주므로 아미노산은 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다.

오답넘기 ● ㄱ. (가)에서 암모니아는 이온화하여 OH^- 을 내놓은 것이 아니므로 아레니우스 염기가 아니다. 암모니아는 물로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드-로우리 염기 또는 물의 H^+ 에게 비공유 전자쌍을 내주는 루이스 염기이다.

ㄷ. (가)에서는 질소의 비공유 전자쌍이, (나)에서는 OH^- 의 산소가 가지는 비공유 전자쌍이 반응에 관여한다. ㉡ ②

07

알짜풀이 ● ㄴ. 인산은 염기와 반응할 때 내놓을 수 있는 H^+ 의 수가 3개이고, 질산은 내놓을 수 있는 H^+ 의 수가 1개이다.

오답넘기 ● ㄱ. 인산은 핵산의 성분 물질이지만, 질산은 핵산의 성분 물질이 아니다.

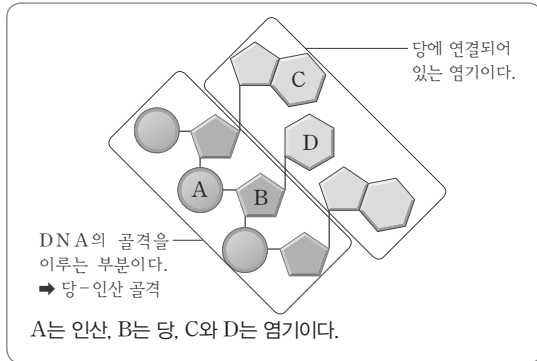
ㄷ. (가)에서 인(P) 주위의 전자쌍 수는 5개, (나)에서 질소(N) 주위의 전자쌍 수는 4개이다. ㉢ ②

08

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 결합 a는 인산과 당의 결합으로 공유 결합이고, 결합 b는 염기 사이의 결합으로 수소 결합이다.

ㄷ. DNA 2중 나선 구조에서 염기는 수소 결합에 의해 짝을 이루므로 DNA 2중 나선 구조에서 짝을 이루는 염기의 몰 수는 서로 같다. ㉮ ⑤

09 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. A는 인산이고, B는 당이다. 인산과 당은 공유 결합으로 연결되어 DNA의 골격을 형성한다.

오답نب기 ● ㄴ. D는 당과 결합한 염기이다. 염기는 골격의 안쪽으로 배열되어 골격에 의해 보호된다.

ㄷ. C와 D는 염기이다. 염기는 DNA 2중 나선 구조에서 다른 가닥에 있는 염기와 짝을 이루어 수소 결합을 한다. ㉮ ①

유공비

비법 특강

● 본책 240~242쪽

1 ① 2 ③ 3 ⑤ 4 ③ 5 ① 6 ②

1

알짜풀이 ● ㄱ. 실험 I의 혼합 용액의 액성이 염기성이므로 용액 속에 존재하는 양이온은 Na^+ 이고, 이때 Na^+ 의 수는 8N개이다. 따라서 혼합 전 NaOH(aq) 40 mL 속에 들어 있는 OH^- 의 수는 8N개이다. 즉, NaOH(aq) 10 mL 속에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 수는 각각 2N개이다.

실험 II에서 혼합 용액의 액성이 산성이므로 혼합 용액 속의 양이온은 H^+ 과 Na^+ 이다. NaOH(aq) 20 mL에 들어 있는 Na^+ 의 수가 4N개이므로 혼합 용액 속 H^+ 의 수는 5N개이다. 또한 NaOH(aq) 의 OH^- 4N개와 반응한 H^+ 의 수가 4N개이므로, 혼합 전 HCl(aq) 30 mL 속에 들어 있는 H^+ 의 수는 9N개이다.

따라서 혼합 전 HCl(aq) 30 mL 속에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 은 각각 9N개이고, NaOH(aq) 30 mL 속에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 수는 각각 6N개이므로 단위 부피당 음이온 수의 비는 $\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)} = 9 : 6 = 3 : 2$ 이다.

오답نب기 ● ㄴ. 실험 I의 혼합 용액 속 이온 수는 Na^+ 이 8N개, OH^- 이 5N개, Cl^- 이 3N개이다.

유공비 BOX

조심조심

중화점에서 반응한 HCl(aq) 과 NaOH(aq) 의 양이 같고 해서 같은 양의 중화열이 발생한다고 생각하면 안 돼요. 중화열은 반응하는 H^+ 과 OH^- 의 수와 관련이 있으므로 수용액에서 단위 부피당 이온 수도 함께 고려해야 해요.

2

알짜풀이 ● ㄱ. 실험 I의 중화점에서 HCl(aq) 과 NaOH(aq) 이 2 : 1의 부피비로 반응하므로, 단위 부피당 이온 수는 $\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)} = 1 : 2$ 이다. 따라서 같은 부피 속에 들어 있는 양이온 수는 NaOH(aq) 이 HCl(aq) 의 2배이다. ㄴ. NaOH(aq) 60 mL 속에 들어 있는 OH^- 의 수는 실험 I이 실험 II의 2배이다. 따라서 같은 부피의 HCl(aq) 에 들어 있는 H^+ 의 수는 실험 I이 실험 II의 2배임을 알 수 있다.

오답نب기 ● ㄷ. 실험 I과 실험 II의 중화점에서 혼합 용액의 부피는 60 mL로 같지만 사용한 HCl(aq) 과 NaOH(aq) 의 단위 부피당 이온 수는 실험 I이 실험 II의 2배이므로 발생한 중화열도 2배이다. 따라서 혼합 용액의 최고 온도는 실험 I이 실험 II보다 높다. ㉮ ③

3

알짜풀이 ● ㄱ. 수용액 속 OH^- 의 전체 전하량과 A의 전하량의 크기가 같아야 하므로 A는 +2가의 양이온이다.

ㄴ. (나)는 염기성이고, (다)는 완전 중화된 용액으로 중성이므로 pH는 (나) > (다)이다.

ㄷ. (가)와 (나)를 혼합하면 H^+ 2개와 OH^- 2개가 반응하고 수용액 속에는 Cl^- 2개, A 1개가 남는다. 따라서 수용액 속에 들어 있는 이온의 수는 (가) > (다)이다. ㉮ ⑤

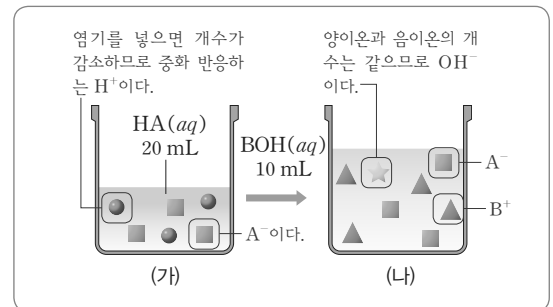
쉽게쉽게

구경꾼 이온의 수는 반응 전 후에 변하지 않으므로 모형에서 구경꾼 이온을 먼저 찾으면 H^+ 이나 OH^- 의 수를 구하는 데 도움이 돼요.

4 | 자료 분석하기 |

쉽게쉽게

수용액에는 전기적으로 중성이므로 혼합 용액 속 양이온과 음이온의 전하는 같아요. 이때 혼합 용액 속의 이온들이 모두 1가 이온이므로 양이온의 수와 음이온의 수는 같아요.



알짜풀이 ● ㄱ. 산 수용액에 염기 수용액을 넣었을 때 중화 반응하여 그 개수가 감소하는 ●은 H^+ 이다.

ㄴ. 산 수용액에 염기 수용액을 넣어 준 혼합 용액 속에 존재하는 이온의 종류가 3개인 것으로 보아 (나) 수용액 속에는 A^- , B^+ , OH^- 이 존재한다. 따라서 (나) 수용액은 염기성 용액이므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉게 변한다.

오답نب기 ● ㄷ. 혼합 전 HA(aq) 20 mL 속에는 H^+ 이 3개 존재하고, BOH(aq) 10 mL 속에는 B^+ 이 4개 존재한다. 따라서 혼합 전 수용액의 단위 부피당 양이온 수의 비는 $\text{HA(aq)} : \text{BOH(aq)} = 3 : 8$ 이다. ㉮ ③

5

알짜풀이 ● (나)에서 중화점에 도달하므로, HCl(aq) 과 NaOH(aq) 은 1 : 1의 부피비로 반응한다.

ㄱ. 중화점인 (나)에 도달할 때까지 반응한 H^+ 의 수만큼 Na^+ 이 추가되므로 혼합 용액 속 전체 이온 수는 혼합 전 $HCl(aq)$ 100 mL에 들어 있던 이온의 수와 같다. 즉, (가)와 (나)에서 혼합 용액 속의 전체 이온 수는 같다.

오답نب기 ● 나. (가)는 중화점의 $\frac{1}{2}$ 만큼 반응이 일어난 지점이므로 생성된 물 분자의 수도 중화점인 (나)의 $\frac{1}{2}$ 이다. (다)는 중화 반응이 완결된 용액에 과량의 $NaOH(aq)$ 을 가한 지점이므로 생성된 물 분자 수는 중화점인 (나)와 같다. 따라서 생성된 물 분자의 수는 (다)가 (가)의 2배이다.
 다. 혼합 용액은 (나)에서는 중성, (다)에서는 염기성을 나타내므로 페놀프탈레인 용액을 가했을 때 (나)에서는 무색, (다)에서는 붉은색을 나타낸다. ㉑

6

알짜풀이 ● 다. 중화점에 도달한 A에서 $HCl(aq)$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 수와 $KOH(aq)$ 40 mL에 들어 있는 OH^- 수가 같다. $HCl(aq)$ 20 mL에 H^+ 과 Cl^- 이 각각 4N개씩 들어 있다고 가정하면, $KOH(aq)$ 40 mL에 K^+ 과 OH^- 이 각각 4N개씩 들어 있으므로 $KOH(aq)$ 20 mL에는 K^+ 과 OH^- 이 각각 2N개씩 들어 있다. 따라서 단위 부피당 이온 수는 $HCl(aq)$ 이 $KOH(aq)$ 의 2배이다.

오답نب기 ● ㄱ. A점은 중화점에 해당하므로 $HCl(aq)$ 20 mL의 H^+ 과 $KOH(aq)$ 40 mL의 OH^- 이 모두 반응하여 물 분자를 생성한다. C점에서는 $HCl(aq)$ 10 mL에 해당하는 H^+ 과 $KOH(aq)$ 20 mL의 OH^- 이 반응하여 물 분자를 생성하므로, 생성된 물 분자 수는 A점 > C점이다.

나. 단위 부피당 이온 수가 $HCl(aq)$ 이 $KOH(aq)$ 의 2배이고 K^+ 과 Cl^- 은 반응에 참여하지 않는다. 따라서 $HCl(aq)$ 30 mL와 $KOH(aq)$ 30 mL를 혼합한 B점에서 K^+ 이 3N개 들어 있다면, Cl^- 은 6N개 들어 있다. ㉒

우공비 BOX

●보충 설명●

실험 I과 II에서 $NaOH(aq)$ 농도는 같고, $NaOH(aq)$ 40 mL와 완전히 반응하는 $HCl(aq)$ 의 부피가 실험 I에서는 20 mL이고, 실험 II에서는 80 mL이므로 단위 부피당 수소 이온의 수는 실험 I이 실험 II의 4배가 돼요.

오답نب기 ● 다. 묽은 염산 10 mL 속에는 H^+ 이 2개 들어 있으므로 용액 A에 묽은 염산 10 mL를 더 넣어 주면 완전 중화되어 중성이 된다. ㉓

02

알짜풀이 ● 나. 실험 I에서 단위 부피당 이온 수는 $HCl(aq)$ 이 $NaOH(aq)$ 의 2배이고, 실험 II에서 단위 부피당 이온 수는 $NaOH(aq)$ 이 $HCl(aq)$ 의 2배이다. 실험 I과 II에서 $NaOH(aq)$ 의 농도가 같으므로 $HCl(aq)$ 의 단위 부피당 수소 이온의 수는 실험 I이 실험 II의 4배가 된다.

다. 각 실험에 사용된 $NaOH(aq)$ 의 농도는 같고 중화점에서 반응한 $NaOH(aq)$ 의 부피가 실험 I이 실험 II의 2배이므로 중화점에서 생성된 물의 양은 실험 I이 실험 II의 2배가 된다.

오답نب기 ● ㄱ. 실험 I에서 $HCl(aq)$ 20 mL와 모두 반응하는 $NaOH(aq)$ 은 40 mL이므로 단위 부피당 이온 수는 $HCl(aq)$ 이 $NaOH(aq)$ 의 2배이다. ㉔

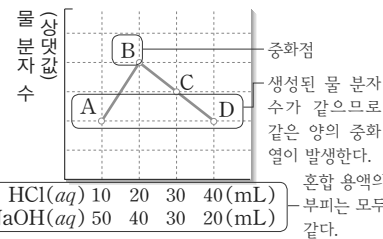
03

알짜풀이 ● 나. (다)에서 중화 반응이 완결되었으므로 (다)와 (라)에서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 같다.

다. 중화 반응이 완결된 지점이 (다)이므로 용액의 최고 온도가 가장 높은 것은 (다)이다.

오답نب기 ● ㄱ. (나)와 (다) 수용액 속 전체 이온 수는 같고, 혼합 용액의 부피는 (다)가 (나)보다 크다. 따라서 단위 부피당 전체 이온 수는 (나)가 (다)보다 많다. ㉕

04 | 자료 분석하기 |



물 분자가 가장 많이 생성되는 B가 중화점이며, 반응한 $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 부피비는 1 : 2이다.

●쉽게 쉽게

문제의 반응에서 구경꾼 이온인 K^+ 과 Cl^- 의 양이 같으려면 중화점에 도달하여 H^+ 과 OH^- 이 모두 존재하지 않아야 해요.

●보충 설명●

H_2O 1몰이 생성될 때 발생하는 중화열은 56 kJ/mol이예요. 즉, 같은 양의 물 분자가 생성될 때 발생하는 중화열은 같아요.

알짜풀이 ● ㄱ. A와 D에서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수가 같으므로 반응한 H^+ 과 OH^- 의 양이 같다. 따라서 A와 D에서 발생한 중화열은 같고, 혼합 용액의 부피가 같으므로 용액의 최고 온도는 A와 D가 같다.

나. 생성된 물 분자 수가 가장 많은 지점, 즉 중화점인 B이므로 묽은 염산 20 mL 속에 들어 있는 H^+ 의 수와 수산화 나트륨 수용액 40 mL 속에 들어 있는 OH^- 의 수가 같다. 이때 H^+ 과 OH^- 의 개수를 각각 4N이라고 할 때 각 혼합 용액에서 반응 전과 반응 후의 이온 수는 다음 표와 같다.

구분	반응 전				반응 후			
	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-	H^+	Cl^-	Na^+	OH^-
A	2N	2N	5N	5N	0	2N	5N	3N
B	4N	4N	4N	4N	0	4N	4N	0
C	6N	6N	3N	3N	3N	6N	3N	0
D	8N	8N	2N	2N	6N	8N	2N	0

수능 문제

실력 굳히기

●본책 243~247쪽

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

01

알짜풀이 ● ㄱ. 묽은 염산의 Cl^- 과 수산화 나트륨 수용액의 Na^+ 은 구경꾼 이온이므로 반응 전후에 수가 변하지 않는다. 이로부터 반응 전 $HCl(aq)$ 5 mL 속에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 개수가 각각 1개이고, $NaOH(aq)$ 10 mL 속에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 개수는 각각 3개임을 알 수 있다. 따라서 혼합 전 단위 부피당 이온 수는 $HCl(aq)$ 이 $NaOH(aq)$ 보다 적다.

나. 용액 A에는 OH^- 이 존재하므로 염기성이다. 따라서 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉은색을 띤다.

혼합 용액의 부피는 모두 같으므로 용액 속 이온 수가 가장 적은 B에서 단위 부피당 이온 수가 가장 적다.

오답탐기 ● ㉔. C에서는 반응하지 않고 남은 H^+ 이 존재하므로 수용액의 pH는 7보다 작다. ㉓ ③

05

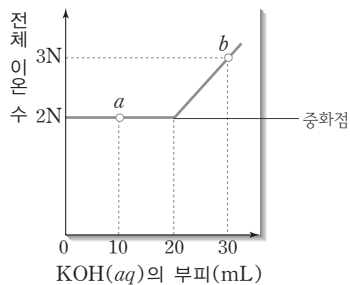
알짜풀이 ● ㉔. BOH는 물에 녹아 OH^- 을 내놓으므로 아래 나누스 염기이다.

오답탐기 ● ㉔. 각 수용액 250 mL 속에 들어 있는 H^+ 과 OH^- 의 개수비가 3 : 2이므로 각 수용액 10 mL 속에 들어 있는 H^+ 과 OH^- 의 개수비 또한 3 : 2이다. 따라서 (다)에서 혼합 용액의 액성은 산성이고, 색깔은 무색이다.

㉔. (가)에서 x 몰의 HA를 녹인 용액의 부피가 250 mL이고, 이 용액 10 mL 속에 들어 있는 H^+ 의 몰 수는 $\frac{x}{25}$ 몰, 개수는 $\frac{x}{25} \times N_A$ 이다. 여기에 염기 수용액 10 mL를 넣었을 때 중화 반응으로 소모되는 H^+ 과 같은 몰 수의 B^+ 이 추가되므로 혼합 용액 속의 전체 양이온 수는 혼합 전과 같다.

이때 $x : y = 3 : 2$, $x = \frac{3}{2}y$ 이므로 전체 양이온 수는 $\frac{x}{25} \times N_A = \frac{1}{25} \times \frac{3}{2}y \times N_A = \frac{N_A \times 3y}{50}$ 이다. ㉓ ①

06 | 자료 분석하기 |



KOH(aq) 20 mL를 가했을 때 중화점에 도달한다.

→ HCl(aq)과 KOH(aq)이 1 : 2의 부피비로 반응한다.

→ 같은 부피에서 HCl(aq)의 H^+ 수와 KOH(aq)의 OH^- 수의 비는 2 : 1이다.

알짜풀이 ● ㉔. HCl(aq) 10 mL를 완전 중화시키는 데 KOH(aq) 20 mL가 필요하므로, 혼합 전 HCl(aq)과 KOH(aq)의 단위 부피당 전체 이온 수비는 2 : 1이다.

오답탐기 ● ㉔. 용액의 액성은 a점에서 산성, b점에서 염기성이므로 pH는 $a점 < b점$ 이다.

㉔. 반응 전 HCl(aq)에 들어 있는 전체 이온 수가 2N개이므로 HCl(aq) 10 mL에는 H^+ 과 Cl^- 이 각각 N개씩 들어 있다. a점은 중화점의 절반에 해당하므로 수소 이온 0.5N개, 수산화 이온 0.5N개가 반응하여 물 분자 0.5N개를 생성하는 지점이다. 즉, a점까지 생성된 물 분자 수는 0.5N개이다. ㉓ ②

07

알짜풀이 ● 실험 II에서 혼합 용액 속의 H^+ 또는 OH^- 의 수가 0이므로 산 수용액 속 전체 H^+ 의 수와 염기 수용액 속 OH^- 의 수가 같다. 즉, 중화점에 도달하였다.

유공비 BOX

● 보충 설명 ●

만약 실험 I에서 혼합 용액이 산성이라고 가정한다면, 이온 수의 관계식은 다음과 같아요.

$$\textcircled{1} \quad \frac{3}{2}x + \frac{1}{3}y - \frac{4}{3}z = 5N$$

$$\textcircled{2} \quad x + y - z = 0$$

$$\textcircled{3} \quad x + \frac{4}{3}y - \frac{2}{3}z = 6N$$

식 ②에서 $z = x + y$ 임을 알 수 있고, 이를 대입해서 식 ①과 ③을 정리해 보면 y 값이 음수예요. 이온의 수가 음수일 수 없으므로 실험 I에서 혼합 용액이 산성이라는 가정이 틀렸다는 것을 알 수 있어요.

실험 III에서는 실험 II에 비해 HBr(aq)의 양이 많고, NaOH(aq)의 양이 적으므로 혼합 용액은 산성이고, 수용액 속에 존재하는 H^+ 의 수는 6N이다.

㉔. 실험 I에서는 실험 II보다 NaOH(aq)의 양이 더 많으므로 혼합 용액 속에 5N만큼 존재하는 이온은 OH^- 임을 유추할 수 있다. 즉, 혼합 용액은 염기성이며 pH는 7보다 크다.

㉔. HCl(aq) 20 mL 속 H^+ 의 수를 x , HBr(aq) 30 mL 속 H^+ 의 수를 y , NaOH(aq) 30 mL 속의 OH^- 의 수를 z 라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$\frac{4}{3}z - \left(\frac{3}{2}x + \frac{1}{3}y\right) = 5N \quad \textcircled{1}$$

$$x + y - z = 0 \quad \textcircled{2}$$

$$x + \frac{4}{3}y - \frac{2}{3}z = 6N \quad \textcircled{3}$$

식 ②에서 $z = x + y$ 이므로 식 ①과 ③에 이를 대입하여 정리하면, $x = 6N$, $y = 6N$, $z = 12N$ 이다.

실험 I에서 혼합 전 HCl(aq) 30 mL의 H^+ 과 Cl^- 의 수는 각각 9N, HBr(aq) 10 mL의 H^+ 과 Br^- 의 수는 각각 2N, NaOH(aq) 40 mL의 Na^+ 과 OH^- 의 수는 각각 16N이므로 혼합 용액 속의 전체 이온 수는 32N이다. 또 실험 II에서 혼합 전 HCl(aq) 20 mL의 H^+ 과 Cl^- 의 수는 각각 6N, HBr(aq) 30 mL의 H^+ 과 Br^- 의 수는 각각 6N, NaOH(aq) 30 mL의 Na^+ 과 OH^- 의 수는 각각 12N이므로 혼합 용액 속의 전체 이온 수는 24N이다. 따라서 실험 I과 실험 II에서 혼합 용액에 존재하는 전체 이온 수의 비는 $32N : 24N = 4 : 3$ 이다.

오답탐기 ● ㉔. HCl(aq) 20 mL 속 H^+ 의 수와 HBr(aq) 30 mL 속 H^+ 의 수가 같으므로 단위 부피당 H^+ 수는 HCl(aq)이 HBr(aq)보다 더 많다. ㉓ ③

08

알짜풀이 ● ㉔. 혼합 전 NaOH(aq) 속 OH^- 의 개수를 2N이라고 할 때, HCl(aq) 10 mL를 가했을 때 Cl^- 의 수를 x 라고 하면 H^+ 의 수 또한 x 이므로 혼합 후 남아 있는 OH^- 의 수는 $(2N - x)$ 이고, 이 수는 x 와 같다. 즉 $2N - x = x$ 이므로 (나)에서 OH^- 의 수는 N이다. 따라서 OH^- 의 개수비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.

오답탐기 ● ㉔. NaOH(aq)에 HCl(aq)을 가할 때 그 수가 감소하는 A는 NaOH(aq)에서 중화 반응에 참여하는 OH^- 이다. 또 그 수가 증가하는 B는 HCl(aq)의 구경꾼 이온인 Cl^- 이다.

㉔. 혼합 전 NaOH(aq) 20 mL 속 Na^+ 과 OH^- 의 수를 각각 2N이라고 할 때 HCl(aq) 10 mL 속 H^+ 과 Cl^- 의 수는 각각 N이다. 따라서 혼합 전 같은 부피 속 총 이온 수비는 NaOH(aq) : HCl(aq) = 1 : 1이다. ㉓ ②

09

알짜풀이 ● 용액 (가)와 (나)의 액성이 염기성이므로 용액 속에 가장 많이 존재하는 이온은 Na^+ 이고, (가)와 (나)에서 HCl(aq)의 부피가 x mL로 같으므로 (가)와 (나)에서 Cl^- 의 수는 같다. 또 혼합 용액은 전기적으로 중성이고, HCl(aq)과 NaOH(aq) 속 양이온과 음이온의 전하가 각각 +1, -1이므로 혼합 용액에서 양이온의 총 수와 음이온의 총 수는 같다.

● 조심조심 ●

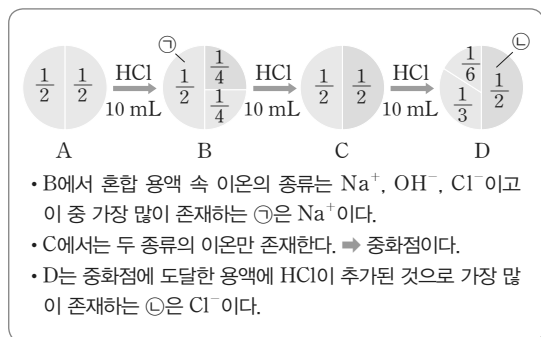
염기 수용액에 산을 가할 때 그 개수가 감소하는 이온은 반응에 참여하는 이온이겠지요? 또 계속 개수가 증가하는 이온은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이에요. 혼합 용액 속 OH^- 의 개수는 혼합 전 OH^- 의 개수에서 넣어 준 H^+ 의 개수를 뺀 만큼이에요.

● 쉽게쉽게 ●

묽은 염산의 부피가 x 로 일정하므로 혼합 용액 속 Cl^- 의 개수는 모두 같고, 넣어 준 수산화 나트륨 수용액의 부피가 증가할수록 혼합 용액 속 Na^+ 의 개수는 부피에 비례하여 증가합니다.

이로부터 용액 (가)에서 Na^+ 의 개수를 6N이라고 하면 Cl^- 과 OH^- 의 합은 6N이고, 이들의 개수비가 $\frac{1}{6}$ 또는 $\frac{1}{3}$ 이므로 개수는 2N 또는 4N이다. (나)에서 수산화 나트륨 수용액의 부피가 (가)의 2배이므로 용액 속 Na^+ 의 개수는 12N이고, Cl^- 과 OH^- 의 합은 12N이다. 만약 (가)에서 Cl^- 의 개수가 2N이라면 (나)에서도 2N이어야 하므로 OH^- 의 개수가 10N이 되는데, 이 경우 용액 속 이온 수의 비가 맞지 않는다. 따라서 Cl^- 의 개수가 4N이다. 즉, HCl(aq) x mL 속 H^+ 과 Cl^- 의 수가 각각 4N이고, NaOH(aq) 30 mL 속 Na^+ 과 OH^- 의 수가 각각 6N이다. 따라서 NaOH(aq) 10 mL 속 Na^+ 과 OH^- 의 수가 각각 2N이므로 용액 (다)에서는 H^+ 이 2N, Cl^- 이 4N, Na^+ 이 2N개 존재하므로 이온 수의 비율은 ②에 해당한다. **답 ②**

10 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● **ㄷ.** B에서 이온의 종류에 따른 이온 수의 비는 $\text{Na}^+ : \text{OH}^- : \text{Cl}^- = 2 : 1 : 1$ 이다. 혼합 전 NaOH(aq) 속 Na^+ 과 OH^- 의 수를 2N이라고 하면 B에서 OH^- 의 수는 N이다.

또 D에서 이온의 종류에 따른 이온 수비는 $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- : \text{H}^+ = 2 : 3 : 1$ 이고, Na^+ 의 수가 2N이므로 H^+ 의 수는 N이다.

오답넘기 ● **ㄱ.** B는 완전 중화되기 이전이므로 HCl(aq) 을 가할 때 넣어 준 H^+ 의 수만큼 OH^- 의 수가 감소하지만, 감소한 수만큼 Cl^- 이 추가되므로 중화 반응이 완결될 때까지 수용액 속 전체 이온 수는 일정하다.

ㄴ. B에서 혼합 용액 속에 Na^+ , OH^- , Cl^- 이 존재하므로 양이 가장 많은 ㉠은 양이온인 Na^+ 이다. 또 중화 반응이 완결된 후 묶은 염산을 더 넣어 준 D에서 혼합 용액 속에는 Na^+ , H^+ , Cl^- 이 존재하므로 가장 많이 존재하는 ㉡은 Cl^- 이다. 따라서 ㉠과 ㉡은 다른 종류의 이온이다. **답 ②**

11

알짜풀이 ● **ㄱ.** NaOH(aq) 의 부피가 일정하고, (나)에서 HCl(aq) 의 부피가 증가할 때 생성된 H_2O 분자 수가 증가한 것으로 보아 (가)는 중화점에 도달하지 않은 상태이며, HCl(aq) 5 mL 속 H^+ 의 수는 2N이다. 또한 (나)에서 HCl(aq) 10 mL 속 H^+ 의 수는 4N인데, 생성된 물 분자 수가 3N이므로 혼합 전 NaOH(aq) x mL 속에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 수는 3N이다.

우공비 BOX

조심조심

(나)가 중성이라고 설βολ리 유추해서는 안 돼요. 반응한 H^+ 또는 OH^- 의 수와 생성된 물 분자의 수가 같다는 점을 통해 수용액에 포함된 이온의 수를 정확히 파악한 후 용액의 액성을 판단해야 해요.

보충 설명

수용액은 전기적으로 중성이므로 수용액 속에 포함된 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량은 그 크기가 같아요.

오답넘기 ● **ㄴ.** 혼합 전 NaOH(aq) x mL 속에 들어 있는 OH^- 의 수는 3N이고, HCl(aq) 10 mL 속 H^+ 의 수는 4N이므로 (나)의 액성은 산성이다.

ㄷ. 혼합 전 NaOH(aq) x mL 속 OH^- 의 수가 3N이므로 (다)에서 생성된 물 분자 수는 3N이다. **답 ①**

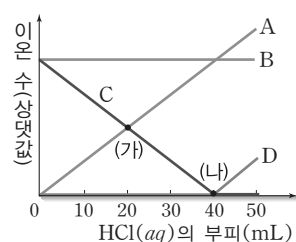
12

알짜풀이 ● **ㄱ.** B점은 중화점으로 혼합 용액이 중성이고, A점은 NaOH(aq) 이 과량이므로 염기성이다. 따라서 pH는 A점이 B점보다 크다.

ㄴ. 혼합 용액에는 모두 Na^+ 이 들어 있으므로 불꽃색은 노란색으로 같다.

ㄷ. 혼합 용액의 온도가 가장 높은 B점이 중화점이며, 이때 HCl(aq) 과 NaOH(aq) 의 부피비가 4 : 1이므로 단위 부피당 이온 수는 NaOH(aq) 이 HCl(aq) 의 4배이다. **답 ⑤**

13 | 자료 분석하기 |



- A : HCl(aq) 을 가함에 따라 이온 수가 증가한다. ➡ Cl^-
- B : 이온 수가 변하지 않고 일정하다. ➡ K^+
- C : HCl(aq) 을 가함에 따라 반응하여 이온 수가 점점 감소한다. ➡ OH^-
- D : OH^- 이 모두 소모되기 전까지 존재하지 않다가, OH^- 이 모두 소모된 후 이온 수가 증가한다. ➡ H^+

알짜풀이 ● A는 염화 이온(Cl^-), B는 칼륨 이온(K^+), C는 수산화 이온(OH^-), D는 수소 이온(H^+)이다.

ㄱ. KOH(aq) 과 HCl(aq) 은 모두 +1가의 양이온과 -1가의 음이온이 결합한 것이며, 수용액에서 양이온의 총 전하량의 합과 음이온의 총 전하량의 합은 같아야 하므로 양이온 수=음이온 수이다.

ㄴ. 중화점인 (나)점까지는 중화열이 발생하므로 혼합 용액의 온도가 계속 높아진다. 따라서 혼합 용액의 온도는 (나)가 (가)보다 높다.

오답넘기 ● **ㄷ.** (나)는 중화점으로 중화점에서 혼합 용액에는 구경꾼 이온인 K^+ 과 Cl^- 이 존재하므로 전류가 흐른다. **답 ④**

조심조심

H_2SO_4 은 물질 1몰당 2몰의 H^+ 을 내놓는 2가 산이므로, 같은 부피에 동일한 몰 수의 물질이 들어 있는 수용액이 어느 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 과 NaOH(aq) 이 1 : 1의 부피비로 반응하지 않는다는 점에 유의하세요.

14

알짜풀이 ● $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 과 NaOH(aq) 의 단위 부피당 몰 수가 같으므로, 같은 부피에서 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 에 포함된 H^+ 수는 NaOH(aq) 에 포함된 OH^- 수의 2배이다. 따라서 중화점에서 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 과 NaOH(aq) 은 1 : 2의 부피비로 반응한다.

ㄴ. A와 D 모두 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 10 mL에 해당하는 H^+ 과 NaOH(aq) 20 mL에 해당하는 OH^- 이 반응하므로 생성되는 물의 질량은 같다.

오답범기 ● ㄱ. H^+ 과 OH^- 이 모두 반응하여 중화점에 도달한 B의 온도가 가장 높다.

ㄷ. B의 혼합 용액은 중성이고, D의 혼합 용액은 $H_2SO_4(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 이 1 : 2의 부피비로 반응하고 $H_2SO_4(aq)$ 30 mL에 해당하는 H^+ 이 남아 있으므로 산성이다. 따라서 두 혼합 용액을 섞은 용액은 산성이다. ㉔ ②

15

알짜풀이 ● ㄷ. 하수구 세척제와 비누는 모두 염기성이므로 BTB 용액을 가했을 때 푸른색을 나타낸다.

오답범기 ● ㄱ. (가)와 (다)는 중화 반응을 이용한 예이고, (나)는 염기가 단백질의 구조를 변성시켜 분해하는 성질을 이용한 것이다.

ㄴ. (가)에서 위산이 염기성인 제산제에 의해 중화되므로 위액의 pH는 증가한다. ㉔ ②

16

알짜풀이 ● ㄱ. 아데닌과 인산은 핵산의 구성 성분이고, 이중 인산은 물과 반응하여 H^+ 을 내주는 브뢴스테드-로우리 산이다. 따라서 (가)는 인산이다. 인산의 인(P) 원자 주위에는 공유 전자쌍이 5개로 P의 전자 배치는 확장된 옥텟 규칙을 따른다.

ㄴ. (나)는 아데닌이다. 아데닌의 질소 원자에는 비공유 전자쌍이 있으므로 물의 수소 원자에 비공유 전자쌍을 주는 루이스 염기로 작용할 수 있다.

ㄷ. (다)는 아미노산의 한 종류인 글라이신이다. 글라이신은 질소 원자에 비공유 전자쌍 1개, 각 산소 원자에 비공유 전자쌍이 2개씩 있으므로 총 5개의 비공유 전자쌍이 있다. ㉔ ⑤

17

알짜풀이 ● ㄱ. DNA를 구성하는 염기들은 짝을 이루어 수소 결합을 한다. 사이토신(C)과 짝을 이루는 염기는 구아닌(G)이고, 아데닌(A)과 짝을 이루는 염기는 티민(T)이다.

ㄴ. 당과 인산은 공유 결합으로 연결되어 있다.

오답범기 ● ㄷ. 인의 원자가 전자 수는 5개이고, 인산에서 인(P) 주위에는 공유 전자쌍이 5개가 있으므로 비공유 전자쌍은 없다. ㉔ ③

18

알짜풀이 ● DNA 2중 나선 구조의 골격은 인산과 당의 공유 결합을 통해 형성되고, 사이토신과 수소 결합으로 짝을 이루는 염기는 구아닌이다. 따라서 인산과 결합하는 X는 디옥시리보스(L)이고, 사이토신과 결합하는 Y는 구아닌(D)이다. ㉔ ④

19

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 아미노산이다. 아미노산은 H^+ 을 내놓을 수 있는 $-COOH$ 와, 비공유 전자쌍을 가진 $-NH_2$ 를 포함하므로 양쪽성 물질이다.

ㄴ. (나)는 비공유 전자쌍을 가진 질소를 포함하므로 루이스 염기이다.

오답범기 ● ㄷ. (다)는 포도당으로, 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓지 않으므로 아레니우스 산이 아니다. ㉔ ④

우공비 BOX

조심조심

중심 탄소 원자에 카복시기($-COOH$)와 아미노기($-NH_2$)가 결합한 탄소 화합물은 아미노산이랍니다. 아미노산은 핵산을 구성하는 물질이 아니라 단백질을 구성하는 기본 단위라는 것을 꼭 기억하세요.

필수 자료

산화제	환원제
자신이 환원되는 물질	자신이 산화되는 물질
전자를 얻으려는 경향이 큰 비금속 원소(전기 음성도가 큰 원소)	전자를 잃으려는 경향이 큰 금속 원소(전기 음성도가 작은 원소)

필수 자료

염기의 상보적 결합

DNA의 2중 나선 구조에서 염기가 수소 결합할 때 아데닌(A)은 티민(T)과만, 사이토신(C)은 구아닌(G)과만 짝을 지어 결합해요.

대단원 마무리 핵심 요약 노트

● 본책 248~249쪽

- ① 산화 ② 환원 ③ 일산화 탄소(CO) ④ 환원
⑤ 철 ⑥ 주석 ⑦ 아연 ⑧ 철 ⑨ 큰 ⑩ 0 ⑪ 환원
⑫ 산화 ⑬ 수소 이온(H^+) ⑭ 수산화 이온(OH^-)
⑮ 수소 이온(H^+) ⑯ 수산화 이온(OH^-) ⑰ 양성자(H^+)
⑱ 양성자(H^+) ⑲ 비공유 전자쌍 ⑳ 비공유 전자쌍
㉑ 노란색 ㉒ 붉은색 ㉓ 물 ㉔ 염 ㉕ 뉴클레오타이드
㉖ 수소 결합

대단원 마무리 단원 평가문제

● 본책 250~255쪽

- 01 ③ 02 ② 03 ① 04 ③ 05 ① 06 ① 07 ⑤
08 ③ 09 ③ 10 ① 11 ③ 12 ① 13 ④ 14 ④
15 ① 16 ⑤ 17 ② 18 ⑤ 19 ⑤ 20 ③ 21 (1)
2Mg + CO₂ → 2MgO + C (2) 산화제 : CO₂, 환원제 : Mg
22 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 23 (1) 해설 참조
(2) 해설 참조 24 (1) H^+ (2) (가) : (나) = 1 : 2 25 해설 참조

01

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. (가)에서 탄소(C)는 산화 구리(II)(CuO)의 산소를 빼앗아 자신은 CO₂로 산화되면서 산화 구리를 환원시키는 환원제이다. 구리(Cu)의 산화수는 산화 구리(II)에서 +2이고, 환원소 물질인 금속 Cu에서 0이므로 감소한다.

오답범기 ● ㄷ. 석회수는 수산화 칼슘(Ca(OH)₂) 수용액이다. 석회수에 이산화 탄소를 통과시키면 탄산 칼슘(CaCO₃)의 흰색 앙금이 생성되어 뿌옇게 흐려지는데, 이때 각 물질을 구성하는 원소의 산화수는 변하지 않는다. ㉔ ③

02

알짜풀이 ● ② (나)에서 Fe의 산화수는 Fe₂O₃에서 +3이고, Fe에서 0이므로 감소한다.

오답범기 ● ① (가)에서 코크스(C)는 산소를 얻어 일산화 탄소(CO)로 산화되므로 환원제이다.

③ (나)에서 CO는 산소를 얻어 CO₂로 산화된다.

④ (다)의 반응이 일어날 때 성분 원소의 산화수가 변하지 않으므로 산화되거나 환원되는 물질이 없다.

⑤ (라)의 반응이 일어날 때 성분 원소의 산화수가 변하지 않으므로 산화-환원 반응이 아니다. ㉔ ②

03

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서는 Fe이 부식되고, (나)에서는 B가 부식된 것으로 보아 (가)에서는 Fe이 산화되고, (나)에서는 B가 산화된다.

오답범기 ● ㄴ. (나)에서는 B가 산화되면서 내놓은 전자가 물속에 녹아 있는 산소로 이동하고, 산소는 이 전자를 얻어 환원된다.

ㄷ. (가)에서 A는 Fe보다 산화되기 어렵고, (나)에서 B는 Fe보다 산화되기 쉽다. 따라서 B가 A보다 산화되기 쉽다.

정답 ①

04 | 자료 분석하기 |

(가) : 아연이 전자를 잃고 산화되면서 묽은 염산의 수소 이온이 전자를 얻어 H_2 로 환원된다.

$$2HCl + Zn \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$$

(나) : 아연이 전자를 잃고 산화되면서 황산 구리(II)의 구리 이온이 전자를 얻어 Cu로 환원된다.

$$CuSO_4 + Zn \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$$

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 묽은 염산과 아연이 반응할 때 알짜 이온 반응식은 다음과 같다.



즉, 아연이 전자를 내놓아 아연 이온 1몰이 생성될 때 2몰의 수소 이온이 그 전자를 얻어 H_2 가 된다. 따라서 용액 속 이온 수는 감소한다.

ㄴ. (가)와 (나)에서 Zn은 모두 전자를 잃고 산화되므로 산화수가 증가한다.

오답نب기 ● ㄷ. 묽은 염산과 황산 구리 수용액의 양이 충분하므로 (가)와 (나)에서 넣어준 Zn은 모두 반응한다. (가)에서 Zn 1몰이 반응할 때 H_2 1몰이 생성되고, (나)에서는 Zn 1몰이 반응할 때 Cu 1몰이 석출되므로 (가)에서 생성된 H_2 의 몰 수와 (나)에서 생성된 Cu의 몰 수는 같다. 정답 ③

05

알짜풀이 ● ㄴ. 철 구조물에 금속 A를 부착하여 철의 부식을 방지하는 것으로 보아 A는 Fe보다 쉽게 산화된다.

오답نب기 ● ㄱ. 금속 A가 Fe보다 먼저 산화되어 내놓은 전자는 구리 선을 따라 이동하여 철 구조물 표면으로 이동한다. 이때 땅속에 녹아 있는 산소가 이 전자를 얻어 환원된다. 따라서 A가 산화될 때 Fe의 산화수는 변하지 않는다.

ㄷ. 주석은 철보다 산화되기 어려운 금속이므로 철이 먼저 산화되어 철 구조물의 부식이 촉진된다. 정답 ①

06

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 Ca의 산화수는 0에서 +2로 증가한다.

오답نب기 ● ㄴ, ㄷ. (나)와 (다)의 반응이 일어날 때 성분 원소의 산화수가 모두 변하지 않으므로 산화-환원 반응이 아니다. 정답 ①

07

알짜풀이 ● ㄱ. Mg은 전자를 잃고 산화되어 Mg^{2+} 이 되고, HCl의 H^+ 은 전자를 얻고 환원되어 H_2 가 된다. 따라서 Mg은 환원제로 작용한다.

우공비 BOX

ㄴ. Mg을 HCl에 넣으면 Mg^{2+} 1몰이 생성될 때 H^+ 2몰이 전자를 얻어 H_2 가 된다. 따라서 반응 후 용액 속 전체 이온의 수는 감소한다.

ㄷ. 반응이 일어날 때 H^+ 의 수가 점차 감소하므로 용액의 pH는 증가한다. 정답 ⑤

08

알짜풀이 ● ㄱ. 질산 칼륨은 물에 녹아 이온화하는 전해질이므로 전류가 잘 흐르게 해 준다.

ㄴ. 묽은 염산을 적신 실을 푸른색 리트머스 종이 위에 올려놓으면 실이 닿은 부분이 붉게 변한다. 이때 전류를 흘려 주면 (+)전하를 띤 H^+ 이 (-)극 쪽으로 이동하면서 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시키므로 붉은색이 (-)극 쪽으로 이동한다. 따라서 전류를 흘려 주지 않으면 실이 닿은 부분만 색이 변한다.

오답نب기 ● ㄷ. 묽은 염산 대신 아세트산 수용액으로 실험하면 아세트산 수용액 속에도 H^+ 이 존재하므로 (-)극 쪽으로 붉은색이 이동한다. 정답 ③

09

알짜풀이 ● ㄱ. 수용액에서 이온화하는 정도는 AOH가 BOH보다 크므로 염기의 세기는 AOH가 BOH보다 강하다.

ㄷ. 같은 부피에서 전하를 운반하는 이온의 개수는 (나)보다 (가)에서 많으므로 전류를 흘려 주었을 때 전류의 세기는 (가)가 (나)보다 크다.

오답نب기 ● ㄴ. OH^- 의 농도가 커서 염기성이 강한 (가)가 (나)보다 pH가 크다. 정답 ③

10

알짜풀이 ● 같은 부피의 수용액에서 이온화하는 정도는 B가 A보다 크므로 B가 A보다 강한 산이다.

ㄴ. B 수용액에 H^+ 이 더 많으므로 같은 질량의 마그네슘을 넣었을 때 B 수용액이 A 수용액보다 기체가 활발하게 발생한다.

오답نب기 ● ㄱ. 이온화하는 정도는 B가 A보다 크므로 산의 세기는 B가 A보다 강하다.

ㄷ. 물에 대한 용해도는 이온화하는 정도로는 알 수 없다. 정답 ①

11

알짜풀이 ● ㄱ. NH_3 에서 N 원자가 부분적으로 (-)전하를 띠므로 N 원자 쪽으로 전자가 치우쳐져 NH_3 가 생성될 때 N_2 는 환원된다.

ㄷ. NH_3 와 HCl에서 H 원자는 부분적인 (+)전하를 띤다. 따라서 각 물질이 생성될 때 H_2 는 모두 전자를 잃고 다른 물질을 환원시키는 환원제로 작용한다.

오답نب기 ● ㄴ. HCl에서 Cl 원자 쪽에 전자가 치우쳐 있으므로 Cl_2 는 환원된다. 정답 ③

12

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 H_2CO_3 은 양성자(H^+)를 내놓으므로 브뢴스테드-로우리 산이다.

오답탐기 ● ㄴ. (나)에서 HCO_3^- 은 양성자(H^+)를 내놓으므로 브뢴스테드-로우리 산이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 H_2O 은 모두 양성자(H^+)을 받아들이는 브뢴스테드-로우리 염기로 작용한다. ㉔ ①

13

알짜풀이 ● ㄱ. (가) 수용액 속 H^+ 의 개수와 (나) 수용액 속 OH^- 의 개수가 같으므로 (가)와 (나)의 혼합 용액의 액성은 중성이다. 따라서 혼합 용액의 pH는 (가) 수용액보다 크다.

ㄷ. (가)와 (나)를 혼합하면 중화 반응에 의해 중화열이 발생하므로 혼합 용액의 최고 온도는 (나) 수용액보다 높다.

오답탐기 ● ㄴ. (가)와 (나)의 혼합 용액 속 전체 이온 수는 4개이고, (나) 수용액 속 전체 이온 수도 4개이다. ㉔ ④

14

알짜풀이 ● 혼합 용액의 부피는 60 mL로 같으므로 온도 변화가 클수록 중화 반응으로 발생한 중화열이 크다. 따라서 묽은 염산 40 mL와 수산화 나트륨 수용액 20 mL를 혼합했을 때 완전 중화되었음을 알 수 있다. 즉, 묽은 염산과 수산화 나트륨 수용액은 2 : 1의 부피비로 반응한다.

ㄴ. 묽은 염산 40 mL 속의 H^+ 과 Cl^- 의 개수를 각각 4N이라고 하면 수산화 나트륨 수용액 20 mL 속의 Na^+ 과 OH^- 의 개수 또한 각각 4N이다. 이로부터 혼합 용액 (가)와 (나)의 전체 이온 수를 구해 보면 (가)에서 혼합 전 묽은 염산 30 mL 속 H^+ 과 Cl^- 의 개수는 각각 3N이고, 수산화 나트륨 수용액 30 mL 속 Na^+ 과 OH^- 의 개수는 각각 6N이다. 따라서 혼합 용액의 전체 이온 수는 (가)에서는 12N이고, (나)에서는 8N이다.

ㄷ. 산과 염기가 2 : 1의 부피비로 반응하므로 용액의 액성은 (가)는 염기성, (나)는 중성, (다)는 산성이다. 따라서 Mg를 넣었을 때 수소 기체가 발생하는 것은 (다)이다.

오답탐기 ● ㄱ. (가)에서는 반응하지 않은 수산화 나트륨 수용액이 남아 있다. 따라서 혼합 용액의 액성은 염기성이므로 pH는 7보다 크다. ㉔ ④

15 | 자료 분석하기 |

(가) (나) (다)

- 은 개수가 변하지 않으므로 구경꾼 이온인 A^- 이고, ●은 H^+ 이다.
- (가)의 이온이 아닌 ★과 ▲는 BOH를 구성하는 이온이다.
- (다)에서는 중화 반응이 일어났으므로 이온의 수가 가장 적은 ★이 OH^- 이고, ▲는 B^+ 이다.
- BOH(aq) 20 mL를 넣었을 때 ▲의 수가 4개이므로 10 mL당 ▲의 수는 2개가 포함되어 있다는 것을 알 수 있다.

알짜풀이 ● ㄴ. HA(aq) 20 mL 속에 들어 있는 H^+ 의 수를 3N개라고 할 때 BOH(aq) 10 mL 속에 들어 있는 OH^- 의 수는 2N개이다. 따라서 BOH(aq) 10 mL를 넣어 준 (나) 용액 속에는 H^+ 이 N개 남아 있으므로 산성을 나타낸다.

유공비 BOX

쉽게쉽게

(나)에서 완전 중화되었으므로 H^+ 와 OH^- 의 몰 수는 같아요. 따라서 HCl 40 mL의 H^+ 수를 4N이라고 할 때, NaOH 20 mL의 OH^- 수도 4N이어야 해요.

필수 자료

중화 반응에서 반응한 산의 H^+ 과 염기의 OH^- , 그리고 생성된 H_2O 의 몰 수비는 1 : 1 : 1이에요.

쉽게쉽게

산과 염기 수용액의 혼합 용액 속에 존재하는 이온의 종류가 세 가지일 때는 중화 반응이 완결되지 않은 거예요. 혼합 용액 속에 H^+ 이 들어 있으면 액성은 산성이고, 가장 많은 개수로 들어 있는 이온은 산의 음이온이에요.

오답탐기 ● ㄱ. ■은 A^- 로 구경꾼 이온이고, ★은 OH^- 으로 반응에 참여한 이온이다.

ㄷ. (나)에서는 HA(aq) 20 mL 속 H^+ 3N개 중 2N개와 BOH(aq) 10 mL 속 OH^- 2N개가 중화 반응하여 물 분자 2N개를 생성한다. (다)에서는 HA(aq) 20 mL 속 H^+ 3N개와 BOH(aq) 20 mL 속 OH^- 4N개 중 3N개가 중화 반응하여 물 분자 3N개를 생성한다. 따라서 생성된 물 분자 수는 (다)가 (나)의 1.5배이다. ㉔ ①

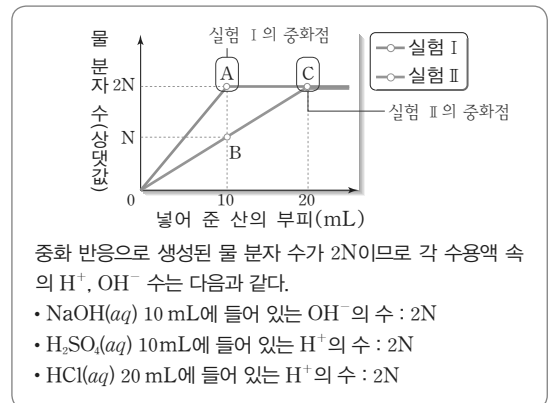
16

알짜풀이 ● ㄱ. 같은 몰 수만큼의 물질이 녹아 있는 같은 부피의 수용액에서 전기 전도도가 큰 것은 이온화하여 생성된 이온 수가 많기 때문이다. 따라서 A는 B보다 수용액에서 이온화하는 정도가 크다.

ㄴ. 수용액 속 전체 이온 수는 전기 전도도가 더 큰 C 수용액이 B 수용액보다 많다.

ㄷ. pH가 7보다 작은 A 수용액은 산성이고, pH가 7보다 큰 C 수용액은 염기성이다. 따라서 두 수용액을 혼합하면 중화 반응이 일어나 중화열이 발생하므로 혼합 전보다 온도가 높아진다. ㉔ ⑤

17 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄷ. 실험 I에서 혼합 용액의 온도는 중화점인 A에서 가장 높게 나타난다.

오답탐기 ● ㄱ. 실험 I의 A와 실험 II의 B 속에 존재하는 양이온은 구경꾼 이온인 Na^+ 이다. 실험 I과 II에서 사용한 NaOH(aq)의 부피는 10 mL로 같으므로 양이온 수는 같다.

ㄴ. NaOH(aq) 10 mL와 반응하여 중화가 완료될 때의 부피는 H_2SO_4 (aq) 10 mL, HCl(aq) 20 mL이므로 같은 부피의 수용액에 포함된 산의 몰 수는 두 수용액이 서로 같다. 따라서 단위 부피당 이온 수는 H_2SO_4 (aq)이 3N이라 하면 HCl(aq)은 2N이므로 H_2SO_4 (aq)이 HCl(aq)의 1.5배이다. ㉔ ②

18

알짜풀이 ● ㄱ. 묽은 염산 10 mL에 수산화 나트륨 수용액 10 mL를 넣었을 때 혼합 용액 속에 H^+ 이 존재하므로 혼합 용액의 액성은 산성이고, 중화 반응이 완결되지 이전이므로 가장 많이 존재하는 이온 A가 묽은 염산의 구경꾼 이온인 Cl^- 이고, B는 Na^+ 이다.

ㄴ, ㄷ. 묽은 염산 10 mL와 수산화 나트륨 수용액 10 mL를 넣어 준 혼합 용액 속 이온 수의 비가 $\text{Cl}^- : \text{Na}^+ : \text{H}^+ = 2 : 1 : 1$ 이므로 혼합하기 전 묽은 염산 10 mL 속에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 개수를 각각 2N이라고 하면 수산화 나트륨 수용액 10 mL 속에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 개수는 각각 N이다. 따라서 혼합 용액에 수산화 나트륨 수용액 10 mL를 더 넣어 주면 Na^+ 의 개수가 2N이 되므로 A와 B의 개수가 같아진다. 또 혼합하기 전 같은 부피 속에 들어 있는 양이온 수는 H^+ 이 2N, Na^+ 이 N이므로 이온 수비는 $\text{HCl(aq)} : \text{NaOH(aq)} = 2 : 1$ 이다. **답 ⑤**

19

알짜풀이 ● ㄴ. 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기가 1 : 1 : 1의 비율로 이루어져 있다.

ㄷ. DNA의 2중 나선 구조에서 염기 A와 T는 2개의 수소 결합을, G와 C는 3개의 수소 결합을 형성하므로 염기쌍의 종류에 따라 수소 결합의 수가 달라진다.

오답넘기 ● ㄱ. DNA에서 한 뉴클레오타이드의 당과 다른 뉴클레오타이드의 인산은 공유 결합에 의해 ‘당-인산’ 골격을 형성한다. 즉, (가)의 당과 (나)의 인산은 공유 결합에 의해 결합을 형성한다. **답 ⑤**

20

알짜풀이 ● ㄱ. 구아닌과 사이토신은 각각 DNA를 구성하는 염기 중 하나이고, 염기는 DNA 단일 가닥에서 당과 공유 결합을 하고 있다.

ㄷ. DNA 2중 나선 구조에서 구아닌과 사이토신이 수소 결합을 하여 짝을 이룬다.

오답넘기 ● ㄴ. (가)와 (나)에서 질소(N) 원자 주위에는 공유 전자쌍이 3개가 있으므로 비공유 전자쌍은 각각 1개씩 있다. 또 산소 원자에는 2개의 공유 전자쌍이 있으므로 비공유 전자쌍은 각각 2개씩 있다. 따라서 비공유 전자쌍의 개수는 (가)에서 7개이고, (나)에서 5개이다. **답 ③**

21

(1) **알짜풀이** ● 드라이아이스(CO_2)와 마그네슘(Mg)이 반응할 때 CO_2 는 산소를 잃고 C로 환원되고, Mg은 산소를 얻고 MgO 으로 산화된다. **답** $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C}$

(2) **알짜풀이** ● Mg은 자신은 산화되면서 CO_2 를 환원시키는 환원제이고, CO_2 는 자신은 환원되면서 Mg을 산화시키는 산화제이다. **답** 산화제 : CO_2 , 환원제 : Mg

22

(1) **모범답안** ● B 이온 수용액에 금속 A를 넣었을 때 용액의 전체 이온 수가 감소하므로 A가 산화되어 A 이온이 생성되고, B 이온이 전자를 얻어 B로 석출되는 반응이 일어난 것이다. 따라서 A는 B보다 산화되기 쉽다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 산화되기 쉬운 정도만 비교한 경우	50 %

우공비 BOX

필수 자료

염기의 상보적 결합

- DNA의 염기는 항상 아데닌(A)과 티민(T), 구아닌(G)과 사이토신(C)이 수소 결합으로 짝을 이뤄요.
- A-T는 2개, G-C는 3개의 수소 결합을 해요.
- A-T, G-C의 전체적인 결합 길이가 같아요.

보충 설명

HA 수용액에 BOH 수용액을 넣어 줄 때 이온 수가 계속 증가하는 것은 B^+ 이고, 이온 수에 변화가 없는 것은 A^- 예요. H^+ 은 OH^- 과 반응하여 중화되므로 이온 수가 점차 감소하고 중화 반응이 완료되면 더 이상 존재하지 않아요. OH^- 은 중화 반응이 완료되면 반응할 H^+ 이 존재하지 않으므로 이온 수가 증가해요.

(2) **모범답안** ● 금속 A와 B 이온이 반응할 때 용액의 전체 이온 수가 감소하므로 반응한 B 이온 수가 생성된 A 이온 수보다 많다. 용액의 전하량의 총합은 일정하고, 음이온 수가 일정하므로 양이온의 전하량의 총합은 반응 전과 반응 후가 같아야 한다. 따라서 더 많은 수가 반응한 B 이온의 전하의 크기가 A 이온의 전하의 크기보다 작으므로 산화수는 A 이온이 B 이온보다 크다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 두 이온의 산화수의 비교만 옳은 경우	30 %

23

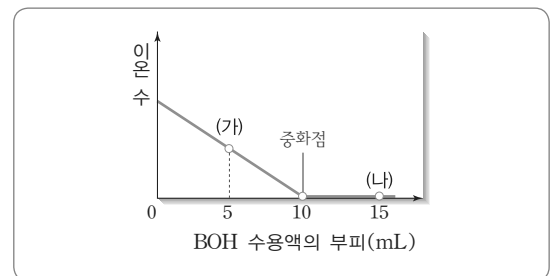
(1) **모범답안** ● (가)에서는 HCl가 물과 반응하여 생성된 H^+ 에 의해 BTB 용액이 노란색으로 변하고, (나)에서는 NH_3 가 물과 반응하여 생성된 OH^- 에 의해 BTB 용액이 푸른색으로 변한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② (가)와 (나) 중 한 가지만 바르게 설명한 경우	50 %

(2) **모범답안** ● 용액 속 H^+ 과 OH^- 이 중화 반응하여 발생한 중화열에 의해 용액의 온도가 높아진다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 온도가 높아진다고만 설명한 경우	50 %

24 | 자료 분석하기 |



(1) **알짜풀이** ● (1) 염기인 BOH 수용액을 넣어 줄 때 이온의 수가 감소하므로 X는 중화 반응에 참여하는 H^+ 이다.

답 H^+

(2) **알짜풀이** ● (가)는 중화 반응이 절반만큼 진행된 지점이고, (나)는 중화 반응이 완결된 이후의 지점이므로 중화 반응으로 생성된 물 분자의 총 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

답 (가) : (나) = 1 : 2

25

모범답안 ● 2개의 -OH는 공유 결합에 의해 ‘당-인산’ 골격을 형성하고, 나머지 1개의 -OH는 H^+ 을 내놓고 (-)전하를 나타내어 극성 용매인 물에 녹아 세포 내 기능이 가능하도록 해 준다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 공유 결합을 형성하는 것만 설명한 경우	50 %

01

화학, 물질의 과학

I. 화학의 언어

우공비 BOX

꼭 나오는

[중단원 별 문제 점검하기]

○ 별책 1~2쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ③ 05 ② 06 ④ 07 ④
08 ⑤ 09 ③ 10 (1) 해설 참조 (2) (나) 75, (다) 25
11 (1) $X=12, Z=16$ (2) 44 (3) 4:3 12 (1) 31
(2) (나) > (가) > (다)

01

알짜풀이 ● ㄱ. 화석 연료 A가 연소되면 물(H_2O)이 생성되므로 화석 연료 A는 수소(H)를 성분 원소로 포함한다.

ㄴ. 화석 연료가 연소될 때 생성되는 물질이며, 산화 철의 제련 과정에서 이산화 탄소가 산화되어 생성되는 물질은 이산화 탄소이다. 이산화 탄소는 온실 기체로 지구 온난화의 원인이 되는 물질이다.

ㄷ. 반응 (가)와 (나)의 결과 새로운 물질이 생성되므로 반응 (가)와 (나)는 화학적 변화이다. ㉠ ⑤

02

알짜풀이 ● ㄱ. 반응이 일어나면 원자가 재배열되어 물질의 종류가 바뀌나, 원자의 종류와 수는 같다.

ㄷ. 암모니아를 합성하여 질소를 인위적으로 공급할 수 있게 됨으로써 인류의 식량 부족 문제를 개선하는 데 기여하였다.

오답نب기 ● ㄴ. 반응물인 N_2 와 H_2 는 홑원소 물질이고, 생성물인 NH_3 는 화합물이다. ㉠ ③

03

알짜풀이 ● 영희: 물은 수소와 산소로 이루어진 화합물임으로 전기 분해하면 성분 물질인 수소와 산소 기체가 얻어진다. 철수: 화합물 중에는 H_2O , CO_2 등과 같이 분자로 존재하는 것도 있지만, $NaCl$, MgO 등과 같은 이온 결합 물질은 분자로 존재하지 않는다.

오답نب기 ● 민수: 분자 중 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 등은 1원자 분자로 존재한다. ㉠ ③

04

알짜풀이 ● ③ ㉠ N_2 분자는 질소 원자 2개로 이루어진 2원자 분자이다.

오답نب기 ● ① ㉠ $CaCO_3$ 은 칼슘, 탄소, 산소 세 종류의 원소로 이루어진 화합물이다.

② ㉠ Fe은 홑원소 물질이다.

④ ㉠ NH_3 의 성분 원소는 질소와 수소 두 가지이다.

⑤ ㉠ 이산화 탄소의 분자식은 CO_2 이다. ㉠ ③

05

알짜풀이 ● ㄷ. 물(H_2O)은 수소 원자 2개와 산소 원자 1개로 이루어져 있다.

오답نب기 ● ㄱ. 프로페인의 분자식은 C_3H_8 로서 탄소 원자 3개와 수소 원자 8개로 구성되어 총 원자 수는 11개이다.

쉽게쉽게

연소 반응 후 물이 생성되면 연료에는 수소가, 이산화 탄소가 생성되면 탄소가 포함되어 있음을 알 수 있어요.

용어 알기

1원자 분자

원자 하나가 분자 역할을 하는 것으로, 화학적으로 활성이 없어 자신과 같은 원자나 다른 원소의 원자와 결합을 이루지 않는 원소는 1원자 분자로 존재해요.

보충 설명

염화 나트륨($NaCl$)과 같은 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 연속적으로 결합하여 물질을 이루고, 철(Fe), 구리(Cu)와 같은 금속 결합 물질은 원자들이 연속적으로 결합하여 물질을 이루며, 이러한 물질은 입자의 구분이 명확하지 않으므로 독립적인 분자로 존재하지 않아요.

ㄴ. 이산화 탄소의 분자식은 CO_2 로서 탄소와 산소로 이루어져 있으므로, 이를 이루는 원소의 종류는 두 가지이다. ㉠ ②

06

알짜풀이 ● ④ 산소(O_2)와 오존(O_3)을 이루는 원자의 수는 각각 2개, 3개로 같지 않다.

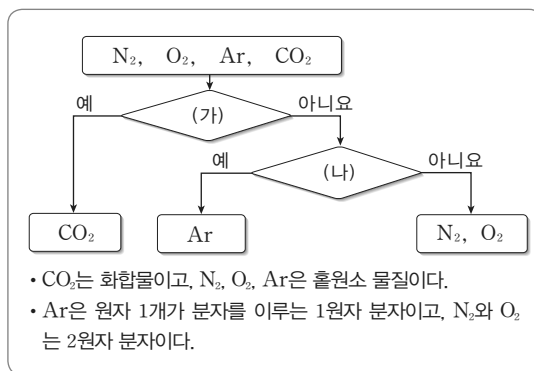
오답نب기 ● ① 흑연(C)은 한 가지 원소로 이루어진 원소(홑원소 물질)이다.

② 이산화 탄소(CO_2)는 탄소와 산소의 화합물이다.

③ 염화 나트륨($NaCl$), 산화 마그네슘(MgO) 등과 같은 이온 결합 물질은 분자로 존재하지 않는 화합물이다.

⑤ 암모니아(NH_3)를 이루는 원소의 종류는 질소와 수소로 두 가지이다. ㉠ ④

07 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● (가)는 화합물(CO_2)과 홑원소 물질(N_2 , O_2 , Ar)의 구분이므로 '화합물인가?'이다. (나)는 1원자 분자(Ar)와 2원자 분자(N_2 , O_2)의 구분이므로 '1원자 분자인가?'이다. ㉠ ④

08

알짜풀이 ● ⑤ CO_2 는 탄소 원자 1개와 산소 원자 2개로 이루어져 있으며, HCN는 수소 원자 1개, 탄소 원자 1개, 질소 원자 1개로 이루어져 있으므로 분자 1개를 구성하는 원자의 수가 3개로 같다.

오답نب기 ● ① H_2 와 O_2 는 홑원소 물질이고, CO_2 , HCN, H_2O , CH_4 은 화합물이다.

② H_2 와 O_2 가 반응하면 H_2O 이나 H_2O_2 가 생성된다.

③ CH_4 은 탄소와 수소로 이루어져 있고, HCN는 수소, 탄소, 질소로 이루어져 있으므로 구성 원소의 종류가 가장 많은 것은 HCN이다.

④ CH_4 은 탄소와 수소로, H_2O 은 수소와 산소로 이루어져 있으므로 공통으로 포함된 구성 원소는 수소(H)이다. ㉠ ⑤

09

알짜풀이 ● ㄱ, ㄷ. 염화 나트륨($NaCl$)은 염소와 나트륨 두 가지 원소로 이루어진 화합물이다.

오답نب기 ● ㄴ. 염화 나트륨은 수많은 나트륨 이온과 염화 이온이 모여 물질을 이룬 이온 결합 물질로서 분자로 존재하지 않는다. ㉠ ③

10

(1) 모범답안 ● (가) = $\frac{1.0 \times 99.985 + 2.0 \times 0.015}{100}$ 이므로

(가)는 1.00015이다.

채점 기준	배점
① 식과 값 모두 바르게 쓴 경우	100 %
③ 식이나 값 중 한 가지만 쓴 경우	40 %

(2) 알짜풀이 ● $\frac{35.0 \times (\text{나}) + 37.0 \times (\text{다})}{100} = 35.5$ 이므로 (나)

는 75, (다)는 25이다.

답 (나) 75 (다) 25

11

(1) 알짜풀이 ● X, Z의 원자량을 각각 x, z 라고 하면 $x \times 1 = 1 \times 12$, $4 \times x = 3 \times z$ 의 식이 성립하므로 $x = 12$, $z = 16$ 이다.

답 X = 12, Z = 16

(2) 알짜풀이 ● X의 원자량이 12, Z의 원자량이 16이므로 XZ_2 의 분자량은 $12 + 16 \times 2 = 44$ 이다.

답 44

(3) 알짜풀이 ● 각 원자 1g 속에 들어 있는 원자 수는 질량을 원자량으로 나눈 값에 해당하므로 원자 수비(X : Z)는 $\frac{1}{12} : \frac{1}{16} = 4 : 3$ 이다.

답 4 : 3

12

(1) 알짜풀이 ● A ~ C의 원자량을 각각 a, b, c 라고 하면 $2a + b = 18$, $c + 3a = 17$, $c + 2b = 46$ 의 식이 성립한다. 따라서 $a = 1$, $b = 16$, $c = 14$ 이다. 따라서 $a + b + c$ 는 31이다.

답 31

(2) 알짜풀이 ● (가) ~ (다) 각 1g 속에 들어 있는 원자 수비는 (가) : (나) : (다) = $\frac{3}{18} : \frac{4}{17} : \frac{3}{46}$ 이므로 (나) > (가) > (다)이다.

답 (나) > (가) > (다)

우공비 BOX

● 필수 자료 ●

물리적 변화와 화학적 변화

물리적 변화는 분자의 배열이 달라지는 변화로 물질의 성질은 달라지지 않아요. 반면 화학적 변화는 원자의 배열이 달라져 새로운 물질이 생성되는 변화로 반응 전과는 전혀 다른 성질을 나타내요.

● 쉽게 쉽게 ●

원자량의 기준이 바뀌면 상댓값인 분자량, 아보가드로 수, 분자 1몰의 양(질량, 부피, 개수)은 달라지나 실제 값인 원자 1개의 질량은 달라지지 않아요.

ㄴ. 분자의 개수는 화학 반응식에서 계수의 비에 비례한다. 이 반응식에서 반응물의 계수의 합은 12이고, 생성물의 계수의 합은 7이므로 반응 전후 분자의 개수는 변한다. 답 ②

03

알짜풀이 ● 염화 나트륨 수용액을 분리하면 염화 나트륨(NaCl)과 물(H_2O)이 얻어지므로 A는 NaCl이다. 염화 나트륨과 물을 전기 분해하면 각 성분 물질로 분해되는데, NaCl이 분해될 때 생성되는 B는 나트륨(Na)이고, H_2O 이 분해될 때 생성되는 C는 산소(O_2)이다.

ㄷ. B(나트륨)과 C(산소)가 결합한 화합물은 산화 나트륨으로, 화학식은 $B_2C(Na_2O)$ 이다.

오답범기 ● ㄱ. A(NaCl)는 염소와 나트륨의 화합물이다.

○ ㄴ. 과정 (가)는 전기 분해로서 화학적 변화이다. 답 ②

04

알짜풀이 ● ㄴ. ^{12}C 원자 6.02×10^{23} 개의 질량이 12g이므로, ^{12}C 원자 1개의 질량은 $\frac{12}{6.02 \times 10^{23}}$ g이다.

오답범기 ● ㄱ. ^{12}C 원자 4개의 질량과 ^{16}O 원자 3개의 질량은 같으며, ^{12}C 의 원자량은 12이므로 ^{16}O 의 원자량 x 는 $4 \times 12 = x \times 3$, $x = 16$ 이다. 분자량은 분자를 구성하는 원자의 원자량의 합이므로 $12 + 16 \times 2 = 44$ 이다. 원자량, 분자량은 상댓값이므로 단위가 없다.

ㄷ. 원자량의 기준이 되는 원자가 바뀌면 원자량은 달라지나 원자의 실제 질량은 달라지지 않는다. 답 ①

I. 화학의 언어

02 화합물의 조성 및 구조

● 나오는

○ 별책 4~6쪽

중 단 원 별
문제
점검하기

01 ② 02 ② 03 ② 04 ④ 05 ④ 06 ② 07 ②
08 ① 09 ④ 10 ④ 11 ① 12 ④
13 (1) $A_2 + 3B_2 \longrightarrow 2AB_3$
(2) $\frac{A_2 \text{ 분자량} + 3 \times B_2 \text{의 분자량}}{2}$ 14 해설 참조
15 13.44 L 16 해설 참조

01

알짜풀이 ● ㄷ. 같은 온도와 압력에서 같은 부피 속에는 기체의 종류에 관계없이 같은 수의 분자가 들어 있으므로 기체의 부피는 분자 수에 비례한다. 따라서 각 실린더에 들어 있는 기체의 분자 수비((가) : (나) : (다))는 1 : 2 : 2이다.

오답범기 ● ㄱ. 기체 1몰의 질량은 분자량에 g을 붙인 값이므로 기체의 질량비((가) : (나) : (다))는 $(32 : 1) \times (2 : 2) \times (2 \times 17)$ 이다. 따라서 기체의 질량이 가장 큰 실린더는 (다)이다.

ㄴ. 온도와 압력이 같을 때, 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 기체의 밀도가 가장 큰 것은 실린더 (가)이다. 답 ②

● 용어 알기 ●

광합성

식물이 태양 에너지를 이용하여 포도당을 합성하는 화학 반응으로, 광합성은 불의 발견, 철과 화석 연료의 사용 등의 모든 화학 반응들을 가능하게 한 가장 기본적인 화학 반응이에요.

01

알짜풀이 ● ㄷ. (가)는 공기 중의 질소, (나)는 질산염, 암모늄염, (다)는 탈질소 박테리아이다.

오답범기 ● ㄱ. 공기 중의 질소는 반응성이 매우 작아 식물이 직접 이용할 수 없다.

ㄴ. 공기 중의 질소를 이용하여 암모니아를 합성함으로써 질소 비료를 대량 생산할 수 있게 되었고, 이는 식량 생산 증산에 크게 기여하였다. 답 ②

02

알짜풀이 ● 광합성 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄷ. 포도당($C_6H_{12}O_6$)은 탄소, 수소, 산소로 이루어져 있다.

오답범기 ● ㄱ. 반응물인 CO_2 와 H_2O 은 화합물이고, 생성물인 $C_6H_{12}O_6$ 은 화합물, O_2 는 홑원소 물질이다.

02

알짜풀이 ● **ㄷ.** (나)에 A 2몰을 더 넣어 주면 C 2몰이 생성되어 전체 몰 수가 4몰이 되므로 (가)와 몰 수가 같아진다. 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 몰 수에 비례하므로 용기의 부피는 같다.

오답نب기 ● **ㄱ.** A 2몰과 B 1몰이 반응하여 C 2몰이 생성되는 반응이므로 반응하는 A와 B의 분자 수비는 2 : 1이다.

ㄴ. 반응이 일어나도 기체의 질량은 변하지 않으므로 밀도비는 부피비의 역수와 같다. 따라서 밀도비는 (가) : (나) = 3 : 4이다. **답 ②**

03 | 자료 분석하기 |

- 일정한 온도, 압력, 부피에서 물질의 질량비는 분자량의 비와 같다.

구분	X ₂	YX ₃	Z ₂
부피(L)	2.24	4.48	1.12
질량(g)	0.2	3.4	1.6
2.24 L의 질량(g)	0.2	1.7	3.2
분자량 비	2	17	32

- 분자량의 비가 X₂ : YX₃ : Z₂ = 2 : 17 : 32이므로 원자량의 비는 X : Y : Z = 1 : 14 : 16이다.

알짜풀이 ● **ㄴ.** Z₂가 단위 부피당 질량이 가장 크므로 밀도와 분자량이 가장 크다.

오답نب기 ● **ㄱ.** 원자량의 비는 X : Y : Z = 1 : 14 : 16으로 원자량은 Z가 Y보다 크다.

ㄷ. 분자량은 Z₂가 가장 크므로 같은 질량에 포함된 분자 수는 가장 적다. **답 ②**

04 | 자료 분석하기 |

기체	분자량	질량(g)	몰 수(몰)	부피(L)
A	58	14.5	0.25	5.6
B	44	11	0.25	5.6
C	32	16	0.5	11.2

- 0 °C, 1기압에서 기체 A의 몰 수는 0.25몰이므로 부피는 5.6 L이고, 0.25몰의 질량이 14.5 g이므로 1몰의 질량인 분자량은 14.5 × 4 = 58이다.

- 기체 B의 몰 수는 $\frac{5.6}{22.4} = 0.25$ 몰이므로, 질량은 44 × 0.25 = 11(g)이다.

- 기체 C 0.5몰의 질량은 32 × 0.5 = 16(g)이고, 부피는 22.4 × 0.5 = 11.2(L)이다.

알짜풀이 ● **ㄱ.** 일정한 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 분자량이 가장 큰 A의 밀도가 가장 크다.

ㄷ. 기체가 차지하는 부피는 몰 수에 비례하므로 몰 수가 같은 A와 B의 부피는 같다.

오답نب기 ● **ㄴ.** A의 질량은 14.5 g, C의 질량은 16 g이다. **답 ④**

우공비 BOX

보충 설명

한계 반응물

화학 반응에서 각 반응물의 특정한 양을 혼합했을 때 최소량의 생성물을 생성시키는 반응물을 한계 반응물이라고 하며, 화학 반응에서 생성물의 양은 완전히 소모된 반응물의 양에 의해 제한돼요. 따라서 (나)에서 반응물인 B가 남아 있으므로 한계 반응물은 A예요.

05

알짜풀이 ● 혼합 기체의 부피가 44.8 L이므로 혼합 기체의 총 몰 수는 2몰이다. 몰 수 × 분자량 = 질량이므로 이산화 탄소의 몰 수를 n 이라고 하면 $n \times 44.0 + (2 - n) \times 28.0 = 80$ 에서 $n = 1.5$ (몰)이다. 따라서 이산화 탄소의 질량(g)은 $1.5 \times 44.0 = 66.0$ (g)이다. **답 ④**

06

알짜풀이 ● 탄화수소에서 탄소(C)와 수소(H)의 원자 수비는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C : H = \frac{C \text{의 질량 백분율}}{C \text{의 원자량}} : \frac{H \text{의 질량 백분율}}{H \text{의 원자량}}$$

탄화수소 A에서 $C : H = \frac{80}{12} : \frac{20}{1} = 1 : 3$ 이고, 탄화수소

B에서는 $C : H = \frac{90}{12} : \frac{10}{1} = 3 : 4$ 이다. 따라서 A의 실험식은 CH₃이고, B의 실험식은 C₃H₄이다.

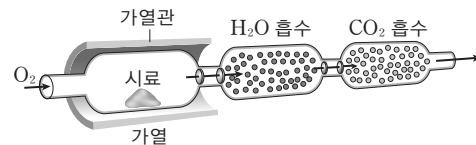
ㄴ. A와 B의 탄소 원자의 질량 백분율의 비가 8 : 9이므로 물질 1g에 속의 탄소 원자의 질량비도 8 : 9이다.

오답نب기 ● **ㄱ.** A의 실험식은 CH₃이므로 실험식량은 15이고, B의 실험식은 C₃H₄이므로 실험식량은 40이다.

ㄷ. 탄화수소 C₃H₄ 1몰이 완전 연소될 때 생성되는 CO₂와 H₂O의 몰 수비는 $x : \frac{y}{2}$ 이므로 실험식이 C₃H₄인 B가 완전 연소되면 CO₂와 H₂O이 3 : 2의 몰 수비로 생성된다. **답 ②**

07 | 자료 분석하기 |

[원소 분석을 이용한 실험식 구하기]



- A 관의 질량 증가량 = 흡수한 H₂O의 질량 : b (g)

$$\Rightarrow \text{수소의 질량} = b \times \frac{2}{18}$$

- B 관의 질량 증가량 = 흡수한 CO₂의 질량 : c (g)

$$\Rightarrow \text{탄소의 질량} = c \times \frac{12}{44}$$

- 시료 속 산소의 질량 : $a - \left(b \times \frac{2}{18} + c \times \frac{12}{44} \right)$ (g)

- 탄소(C), 수소(H), 산소(O)의 원자 수비 :

$$C : H : O = \left(c \times \frac{12}{44} \times \frac{1}{12} \right) : \left(b \times \frac{2}{18} \right) : \left\{ a - \left(b \times \frac{2}{18} + c \times \frac{12}{44} \right) \times \frac{1}{16} \right\}$$

알짜풀이 ● **ㄷ.** 화합물 X를 구성하는 C와 H의 원자 수비는 질량을 1몰의 질량인 원자량으로 나눈 값에 해당하므로 $\left(c \times \frac{12}{44} \times \frac{1}{12} \right) : \left(b \times \frac{2}{18} \right) = \frac{c}{44} : \frac{b}{9}$ 이다.

오답نب기 ● **ㄱ.** 화합물 X와 산소가 반응하여 물과 이산화 탄소가 생성되므로 물과 이산화 탄소의 질량의 합은 화합물 X의 질량보다 크다. 따라서 $a < (b + c)$ 이다.

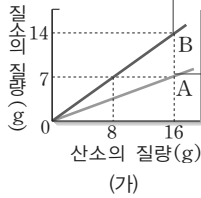
ㄴ. 시료 속 O의 질량은 $\left(a - \frac{b}{9} - \frac{3c}{11} \right)$ (g)이다. **답 ②**

쉽게쉽게

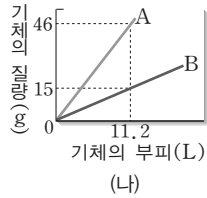
연소란 시료가 공기 중의 산소와 결합하는 것이므로 연소 생성물의 질량의 합은 시료의 질량에 산소의 질량을 합한 값과 같아요.

08 | 자료 분석하기 |

B를 이루는 원소의 질량비
N : O = 14 : 16



A를 이루는 원소의 질량비
N : O = 7 : 16



• (가)의 산소와 질소의 질량비로부터 다음과 같이 A와 B의 실험식을 구한다.

A를 이루는 질소와 산소의 몰 수비 $N : O = \frac{7}{14} : \frac{16}{16} = 1 : 2$ 이다.

⇒ A의 실험식은 NO_2 이다.

B를 이루는 질소와 산소의 몰 수비 $N : O = \frac{14}{14} : \frac{16}{16} = 1 : 1$ 이다.

⇒ 실험식은 NO 이다.

• (나)에서 기체 11.2 L (0.5몰)의 질량이 A는 46, B는 150이므로 A의 분자량은 92, B의 분자량은 300이다.

ㄱ. B의 분자량은 30이므로 실험식과 분자식이 NO 로 같다.

오답범기 • ㄴ. 기체 분자 수는 몰 수에 비례하고, 몰 수는 질량을 분자량으로 나눈 값에 해당하므로 같은 질량일 때 분자 수가 많은 것은 분자량이 작은 B이다.

ㄷ. A의 분자량은 92이고, 실험식이 NO_2 이므로 분자식은 N_2O_4 임을 알 수 있다. 기체 1몰에 포함된 질소 원자의 몰 수는 A는 2몰, B는 1몰이다. ㉑ ①

09

알짜풀이 • ㄴ. 기체 AB 와 B_2 가 반응하여 기체 AB_2 가 생성되고, 화학 반응식에서 반응물과 생성물의 원자 수는 같아야 하므로 화학 반응식은 $2\text{AB}(g) + \text{B}_2(g) \rightarrow 2\text{AB}_2(g)$ 임을 알 수 있다.

ㄷ. 반응하는 AB 와 B_2 의 질량비는 7 : 4이고, 몰 수비는 2 : 1이므로 $\frac{7}{M_{\text{AB}}} : \frac{4}{M_{\text{B}_2}} = 2 : 1$ 의 관계식이 성립한다. 따라서 분자량 비는 $M_{\text{AB}} : M_{\text{B}_2} = 7 : 8$ 이므로 같은 질량(w)의 AB 와 B_2 에 포함된 분자 수비는 $\frac{w}{M_{\text{AB}}} : \frac{w}{M_{\text{B}_2}} = \frac{w}{7} : \frac{w}{8}$ 이다.

즉, $\text{AB} : \text{B}_2 = 8 : 7$ 이다.

오답범기 • ㄱ. $M_{\text{AB}} : M_{\text{B}_2} = 7 : 8$ 이므로 각 원자량의 비는 $A : B = 3 : 4$ 이다. ㉑ ④

10

알짜풀이 • C 원자 수 : H 원자 수 = $\frac{30}{12} : \frac{5}{1} = 1 : 2$ 이므로

실험식은 CH_2 이다. 0°C, 1기압에서 기체 화합물 4 L의 질량이 7.5g이므로 0°C, 1기압에서 기체 22.4 L의 질량, 즉 22.4 : 기체 1몰의 질량 = 4 : 7.5, $7.5 \times \frac{22.4}{4} = 42(\text{g})$ 이므로 기체 1몰의 질량(g)은 42 g이다. 분자식은 실험식의 정수 배(n)이므로 $n = \frac{\text{분자량}}{\text{실험식량}} = \frac{42}{14} = 3$ 이므로 분자식은 C_3H_6 이다.

㉑ ④

유공비 BOX

• 보충 설명 •

C_nH_m 가 완전 연소될 때 생성되는 CO_2 의 몰 수가 n , H_2O 의 몰 수가 $\frac{m}{2}$ 라고 해서 소모되는 O_2 의 몰 수가 이 둘의 몰 수 합과 같은 $n + \frac{m}{2}$ 는 아니에요.

• 필수 자료 •

- 분자량 = $n \times \text{실험식량}$
- 분자식 = (실험식) $_n$

• 보충 설명 •

실린더는 압력이 일정하게 유지되면서 몰 수에 따라 부피가 달라져요. 반대로 강철 용기의 경우 부피는 일정하게 유지되면서 몰 수에 따라 압력이 달라지죠.

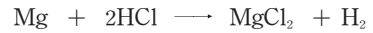
11

알짜풀이 • 화학 반응식에서 계수의 비는 반응하고 생성되는 물질의 몰 수비와 같다.

마그네슘(Mg) 4.8 g은 $\frac{4.8}{24} = 0.2$ 몰, 염화 수소(HCl)

3.65 g은 $\frac{3.65}{36.5} = 0.1$ 몰이고, 반응 몰 수비는 $\text{Mg} : \text{HCl} =$

1 : 2이므로 마그네슘이 과량임을 알 수 있다.



반응 전 0.2몰 0.1몰

반응 -0.05몰 -0.1몰 +0.05몰

반응 후 0.15몰 0몰 0.05몰

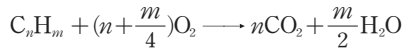
발생되는 H_2 의 몰 수는 0.05몰이므로, 부피는 22.4 L/몰 \times 0.05몰 = 1.12 L이다. ㉑ ①

12

알짜풀이 • $\text{C}_n\text{H}_m + a\text{O}_2 \rightarrow b\text{CO}_2 + c\text{H}_2\text{O}$ 에서 C 원자 수가 일정하므로 $n = b$ 이고, H 원자 수가 일정하므로 $m = 2c$ 에서 $c = \frac{m}{2}$ 이다. O 원자 수가 일정하므로 $2a = 2b + c$ 에서

b 와 c 를 n 과 m 로 나타내면 $2a = 2n + \frac{m}{2}$, $a = n + \frac{m}{4}$ 이다.

따라서 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄱ. CO_2 와 H_2O 의 몰 수비는 $2n : m$ 이므로 CO_2 의 몰 수는 H_2O 몰 수의 $\frac{m}{2n}$ 배이다.

ㄷ. C_nH_m 과 CO_2 의 몰 수비는 1 : n 이므로, CO_2 0.5몰이 생성되려면 화합물 A는 $\frac{1}{2n}$ 몰 연소되어야 한다. 질량 = 몰 수 \times 분자량이므로 화합물 A의 질량은 $\frac{12n+m}{2n}(\text{g})$ 이다.

오답범기 • ㄴ. 화합물 A 1몰이 완전 연소될 때 소모되는 O_2 의 몰 수는 $(n + \frac{m}{4})$ 몰이다. ㉑ ④

13

(1) 알짜풀이 • A_2 분자 1개와 B_2 분자 3개가 반응하여 AB_3 분자 2개가 생성되는 반응이다. ㉑ $\text{A}_2 + 3\text{B}_2 \rightarrow 2\text{AB}_3$

(2) 알짜풀이 • A_2 분자 1개와 B_2 분자 3개의 분자량의 합이 AB_3 2개의 분자량과 같다.

$$\text{㉑} \frac{\text{A}_2 \text{의 분자량} + 3 \times \text{B}_2 \text{의 분자량}}{2}$$

14

모범답안 • 기체 A_2B_4 1몰이 반응하여 기체 AB_2 2몰이 생성되므로 반응이 일어나면 기체의 총 몰 수는 증가한다. 일정한 온도와 압력에서 기체의 몰 수가 증가하면 기체의 부피는 증가한다. 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 인데, 반응이 일어나도 질량은 변하지 않고 부피만 증가하였으므로 밀도는 감소한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 몰 수, 부피, 밀도 변화 중 두 가지만 설명한 경우	60 %
③ 몰 수, 부피, 밀도 변화 중 한 가지만 설명한 경우	30 %

15

알짜풀이 ● 이산화 질소와 물 반응의 화학 반응식은 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 이고, NO 6 g은 0.2몰에 해당한다. 따라서 NO_2 와 NO의 몰 수비는 3 : 1이므로 6 g의 NO가 생성되기 위해 필요한 이산화 질소는 0.6몰이다. 그러므로 이산화 질소의 부피는 $22.4 \times 0.6 = 13.44(\text{L})$ 이다.

답 13.44 L

16

모범답안 ● 아보가드로 법칙에 따라 같은 온도, 같은 압력에 있어 기체의 종류에 관계없이 같은 부피 속에는 같은 수의 기체 분자가 들어 있기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 같은 조건에서 기체의 부피와 분자 수 사이에는 비례 관계가 있다는 설명은 하였으나 아보가드로 법칙이라는 명칭은 쓰지 못한 경우	70 %
③ 아보가드로 법칙이라는 명칭만을 언급한 경우	30 %

우공비 BOX

● 보충 설명

실험 I에서 B가 모두 반응하기 위해 더 필요한 A의 최소 질량은 $0.4\text{몰} \times 2\text{g/몰} = 0.8\text{g}$ 이고, 실험 II에서 A가 모두 반응하기 위해 더 필요한 B의 최소 질량은 $0.2\text{몰} \times 38\text{g/몰} = 7.6\text{g}$ 이에요.

● 보충 설명

아보가드로 법칙이 성립하는 이유

기체 분자가 차지하는 공간에 비해 기체 분자 자체의 부피는 무시할 수 있기 때문에 같은 부피 안에는 같은 수의 분자가 들어 있어요.

ㄴ. 반응 전후 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 X의 화학식은 A_2B 이다.

오답탐기 ● ㄷ. (가)의 경우 반응 후에는 A_2 가 4몰, X가 2몰 존재하고, (나)의 경우 반응 후에는 A_2 가 2몰, X가 4몰 존재하므로 반응 후 전체 몰 수는 6몰로 같다. 답 ③

02

알짜풀이 ● 주어진 화학 반응식에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 기체 A와 B가 반응하여 C를 생성하는 반응에서 반응 전후 기체의 몰 수는 변하지 않음을 알 수 있다. 또한 기체의 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 몰 수에 비례하므로 실험 I과 II의 반응 후 전체 기체의 부피비는 반응 전 반응물의 총 몰 수비와 같다. 따라서 B의 분자량을 M_B 라고 하면 다음 식이 성립한다.

$$\left(\frac{0.4}{2}\text{몰} + \frac{22.8}{M_B}\text{몰}\right) : \left(\frac{0.8}{2}\text{몰} + \frac{7.6}{M_B}\text{몰}\right) = 8 : 6, M_B = 38$$

화학 반응식에서 반응하는 A와 B의 몰 수비는 1 : 1이므로 실험 I에서 A 0.2몰과 반응하는 B의 몰 수는 0.2몰이다. 따라서 반응한 B의 질량은 7.6g이고, 반응하고 남은 B의 질량 x 는 $22.8 - 7.6 = 15.2(\text{g})$ 이다.

또한 실험 II에서 B 7.6g(0.2몰)과 반응하는 A의 몰 수도 0.2몰이므로 반응한 A의 질량은 0.4g이다. 따라서 반응하고 남은 A의 질량 y 는 0.4(g)이다. 답 15.6

03

알짜풀이 ● ㄱ. 펜테인과 산소의 화학 반응식은 다음과 같다.



이때 산소는 4g, 즉 $\frac{1}{8}$ 몰이 반응하므로 반응하는 C_5H_{12} 의 몰 수는 $\frac{1}{64}$ 몰임을 알 수 있다. C_5H_{12} 의 분자량이 72이므로 C_5H_{12} 의 질량 x 는 $\frac{72}{64} = \frac{9}{8}$ 이다.

ㄷ. 반응 후 기체의 몰 수가 증가하므로 부피가 일정한 용기 내에서 압력은 반응 전에 비해 증가한다.

오답탐기 ● ㄴ. C_5H_{12} 와 CO_2 의 계수 비는 1 : 5이므로 $\frac{1}{64}$ 몰의 C_5H_{12} 이 반응할 때 생성되는 CO_2 의 몰 수는 $\frac{5}{64}$ 몰이다. 답 ③

04

알짜풀이 ● ㄱ. 에타인 3분자가 촉매가 존재하는 고압 조건에서 벤젠 1분자가 되므로 반응이 일어남에 따라 용기 속 총 분자 수는 감소한다.

ㄷ. 용기 속 벤젠의 질량이 11.0g일 때 반응을 중단시키면 남은 에타인의 질량은 $24.0\text{g} - 11.0\text{g} = 13.0\text{g}$ 이다. 에타인 13.0g은 0.5몰이므로 0°C , 1기압에서 부피는 $22.4 \times 0.5 = 11.2(\text{L})$ 이다.

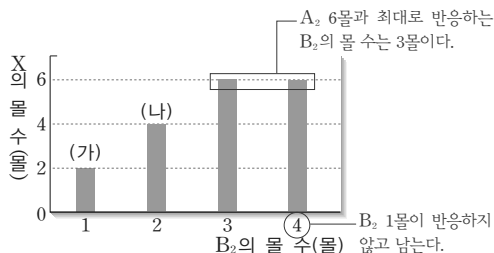
오답탐기 ● ㄴ. 생성된 벤젠의 질량(g)을 x 라고 하면 에타인의 질량은 $24.0 - x$ 이다. 에타인과 벤젠의 몰 수비가 3 : 1이므로

$$\frac{24.0 - x}{26} : \frac{x}{78} = 3 : 1 \text{ 이고, } x = 12.0(\text{g}) \text{이다. } \text{답 ④}$$

[중단원별 문제 정복하기]

01 ③ 02 15.6 03 ③ 04 ④

01 | 자료 분석하기 |



- A_2 6몰과 반응하는 B_2 의 최대 몰 수는 3몰이고 이때 생성되는 X의 몰 수는 6몰이므로 기체의 몰 수비는 $\text{A}_2 : \text{B}_2 : \text{X} = 2 : 1 : 2$ 이다.
- 몰 수비에 따라 (가)에서 A_2 는 2몰 반응하고, 4몰이 남는다.
- (나)에서 A_2 는 4몰 반응하고, 2몰이 남는다.

알짜풀이 ● ㄱ. 기체 A_2 가 6몰로 고정되어 있는 상태에서 B_2 1몰, 2몰, 3몰과 반응시킬 때 생성되는 기체 X가 2몰, 4몰, 6몰이므로 반응하고 생성되는 몰 수의 비가 $\text{B}_2 : \text{X} = 1 : 2$ 임을 알 수 있다. 이때 A_2 6몰, B_2 3몰과 반응하여 생성되는 X는 6몰이므로 A_2 와 X의 몰 수비는 1 : 1로 서로 같다. 따라서 $a=2$, $b=1$ 이므로 화학 반응식은 $2\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{X}(\text{g})$ 이다.

쉽게쉽게

에타인과 벤젠의 분자량의 비가 1 : 30이므로 몰 수비가 3 : 1일 때 두 화합물의 질량은 서로 같아요.

II. 개성 있는 원소

03 원자의 구조

꼭 나오는

[중단원별 문제 점검하기]

○별책 8~9쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ③ 04 ④ 05 ② 06 ③ 07 ①
 08 ⑤ 09 해설 참조 10 (가) 9 (나) 10 11 $a+b-c$
 12 ① $3_2^3\text{He} \rightarrow 1_1^2\text{H} + 2_1^3\text{H}$ ② $1_1^2\text{H} + 2_1^3\text{H} \rightarrow 3_2^6\text{He}$ 13 (다) -
 (가) - (라) - (나)

01 ○

알짜풀이 ● 음극선은 전하를 띠는 입자의 흐름이기 때문에 전기장이나 자기장에서 힘을 받아 휘어진다. ㉠ ⑤

02

알짜풀이 ● ㉠ 원자 내부의 대부분의 공간이 비어 있어 α 입자가 영향을 받지 않고 그대로 통과하기 때문에, 대부분의 섬광이 나타나는 위치는 B이다.

㉡ α 입자 산란 실험을 통해 발견된 입자는 원자핵이다. ㉢ ②

03

알짜풀이 ● α 입자 산란 실험 결과를 통해 (+)전하가 고르게 분포되어 있는 톰슨의 원자 모형이 원자 중심에 원자핵이 존재하는 러더퍼드의 원자 모형으로 수정되었다. ㉠ ③

04

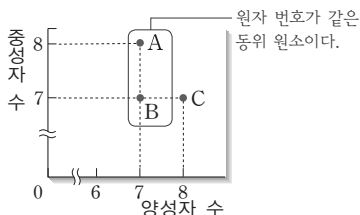
알짜풀이 ● (가) Si는 양성자 수가 14, 질량수(양성자 수 + 중성자 수)가 30이므로 (가) 원소의 표시는 $_{14}^{30}\text{Si}$ 이다. 질량수가 12인 C 원자 1개의 질량이 2.0×10^{-23} g이므로 질량수가 30인 (가) 원자 1개의 질량 x 는 $12 : 2.0 \times 10^{-23} = 30 : x$, $x = 5.0 \times 10^{-23}$ (g)이다. ㉠ ④

05

알짜풀이 ● 다. 원자에서 양성자 수 = 전자 수이다. 따라서 전자 수와 같은 수인 ①은 양성자, ②는 중성자이다.

오답탐기 ● 가. ③은 양성자, ④는 중성자로 양성자와 중성자 사이에는 강한 핵력이 작용한다. 서로 반대 전하를 띠는 양성자와 전자 사이에 전기적 인력이 작용한다. 나. 원자가 전자를 잃거나 얻으면 이온이 된다. ㉠ ②

06 | 자료 분석하기 | ○



● 원자 번호 = 양성자 수이고, 질량수 = 양성자 수 + 중성자 수이다. ➔ A는 원자 번호 7, 질량수 15이고, B는 원자 번호 7, 질량수 14, C는 원자 번호 8, 질량수 15이다.

우공비 BOX

조심조심

동위 원소는 중성자 수만 다른 원소이므로 서로 다른 동위 원소로 이루어진 분자가 포함하는 양성자 수(전자 수)는 모두 같아요.

●보충 설명●

음극선 실험 (가)로부터 음극선이 직진하는 성질을, (나)로부터 음극선은 질량을 가진 입자임을 알 수 있어요.

●필수 자료●

원자의 구성

- 양성자 수 = 전자 수
- 질량수 = 양성자 수 + 중성자 수
- 원자 번호 = 양성자 수

●보충 설명●

중성자는 전하를 띠지 않는 입자로 전기장이나 자기장에서 휘어지지 않으므로 검출하기 어려워 발견 시기가 늦어졌어요.

알짜풀이 ● 가. A와 B는 원자 번호가 7로 같은 동위 원소로, 화학적 성질이 같다.

나. A와 C의 질량수는 15로 같다.

오답탐기 ● 다. B의 전자 수는 7, C의 전자 수는 8이다. ㉠ ③

07

알짜풀이 ● 가. A의 평균 원자량은 $\frac{35 \times 75 + 37 \times 25}{100}$ 로, 이 값은 36보다 작다.

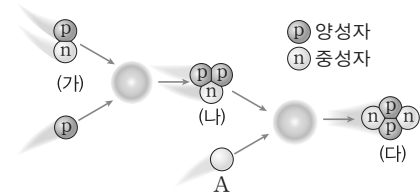
나. ^{35}A , ^{37}A 원자에 들어 있는 전자는 17개로 같으므로 ^{35}A 원자 2개로 이루어진 A_2 분자와 ^{37}A 원자 2개로 이루어진 A_2 분자에 들어 있는 전자 수는 34로 같다.

다. ^{35}A 원자의 중성자 수는 18, ^{37}A 원자의 중성자 수는 20이므로 A_2 분자 중 중성자 수가 36인 분자는 ^{35}A 원자 2개로 이루어진 분자이고, 중성자 수가 38인 분자는 ^{35}A 원자 1개와 ^{37}A 원자 1개로 이루어진 분자이다. 따라서 존재비의 비는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{\text{중성자 수가 36인 분자의 존재비}}{\text{중성자 수가 38인 분자의 존재비}} = \frac{\frac{3}{4} \times \frac{3}{4}}{2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}} = \frac{3}{2}$$

㉠ ①

08 | 자료 분석하기 |



구분	(가)	(나)	(다)
양성자 수	1	2	2
중성자 수	1	1	2
질량수	2	3	4
입자 표시	1_1^2H	2_2^3He	2_2^4He

알짜풀이 ● 가. (다)는 (나)보다 중성자 수가 1개 더 많으므로 입자 A는 중성자이다. 중성자는 전하를 띠지 않는 입자이다.

다. (다)의 질량수는 4로, (가)의 질량수 2의 2배이다.

오답탐기 ● 나. (가)는 양성자 수가 1인 수소(H)이고, (나)는 양성자 수가 2인 헬륨(He)이다. ㉠ ⑤

09

모범답안 ● 톰슨은 음극선 실험을 통해 전자를 발견하였고, 러더퍼드는 α 입자 산란 실험을 통해 원자핵을 발견하였으며, 채드윅은 베릴륨 원자핵에 α 입자를 쏘여 주는 실험을 통해 중성자를 발견하였다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 전자, 원자핵, 중성자 중 두 가지 발견만 설명한 경우	60 %
③ 전자, 원자핵, 중성자 중 한 가지 발견만 설명한 경우	30 %

10

알짜풀이 ● A^- 을 구성하는 전자의 총 전하량을 전자 1개의 전하량으로 나눈 값 $\left(\frac{-1.6 \times 10^{-18}}{-1.6 \times 10^{-19}} = 10\right)$ 이 A^- 의 전자 수이다. 따라서 원자 A의 전자 수는 9이고, 양성자 수도 9이므로 원소 A의 원자 번호는 9이다. 질량수 19에서 양성자 수 9를 뺀 값인 10이 중성자 수이다. **답** (가) 9 (나) 10

11

알짜풀이 ● 질량수 b는 양성자 수와 중성자 수의 합이고, +c가 양이온의 전자 수는 양성자 수인 a보다 c만큼 작으므로 $a-c$ 이다. 따라서 양성자 수, 중성자 수, 전자 수의 합은 $a+(b-a)+(a-c)=a+b-c$ 이다. **답** $a+b-c$

12

알짜풀이 ● 핵반응식에서 화살표 양쪽에 핵전하와 질량수의 균형이 이루어지도록 나타낸다.



13

알짜풀이 ● 쿼크나 전자가 만들어지고, 쿼크가 모여 양성자와 중성자가 만들어졌으며, 양성자와 중성자가 결합하여 헬륨 원자핵이 만들어졌다. 그 후에 원자핵이 전자를 붙잡아 수소 원자와 같은 중성 원자가 만들어졌다. **답** (다)-(가)-(라)-(나)

우공비 BOX

●보충 설명●

원소 A의 동위 원소로 질량수가 각각 a인 것과 b인 것 두 종류가 있으면 A_2 분자에는 분자량이 2a, a+b, 2b인 세 종류가 있어요.

조심조심

수소 원자핵은 양성자 1개로 이루어졌으므로 빅뱅 우주에서 최초로 만들어진 원자핵은 수소 원자핵이에요. 하지만 전자가 결합하기까지는 오랜 세월이 지나야 했어요. 따라서 헬륨 원자핵이 먼저 만들어지고 수소 원자가 만들어지게 되었어요.

●보충 설명●

Br의 동위 원소에는 ${}^{79}\text{Br}$, ${}^{81}\text{Br}$ 이 1:1의 비율로 존재하므로 이 차지하는 비율은 $\frac{1}{2}$ 이에요. Cl의 동위 원소의 비율은 ${}^{35}\text{Cl} : {}^{37}\text{Cl} = 3 : 1$ 이므로 ${}^{35}\text{Cl}$ 이 차지하는 비율은 $\frac{3}{4}$ 이에요.

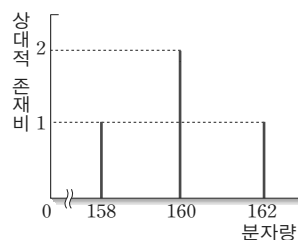
02

알짜풀이 ● ㄴ. 원자에서는 전자 수와 양성자 수가 같으므로 B는 양성자이고, A는 중성자이다. 원자 번호가 2, 질량수가 3인 ${}^3_2\text{He}$ 으로 ${}^4_2\text{He}$ 과 동위 원소 관계이다.

오답넘기 ● ㄱ. 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이므로 3이다.

ㄷ. A는 중성자로 전하를 띠지 않는 입자이다. **답** ①

03 | 자료 분석하기 |



• 분자량이 158, 160, 162인 Br_2 이 있으므로 Br의 동위 원소에 ${}^{79}\text{Br}$, ${}^{81}\text{Br}$ 가 있다.

• ${}^{79}\text{Br}$ 원자 2개로 이루어진 ${}^{79}\text{Br}{}^{79}\text{Br}$ 과 ${}^{81}\text{Br}$ 원자 2개로 이루어진 ${}^{81}\text{Br}{}^{81}\text{Br}$ 의 존재 비율이 같으므로 ${}^{79}\text{Br}$, ${}^{81}\text{Br}$ 의 존재 비율이 같음을 알 수 있다.

알짜풀이 ● ㄱ. 브로민 분자(Br_2)에 분자량이 158, 160, 162인 세 종류가 있으므로 브로민(Br) 원자에는 원자량이 79, 81인 두 가지 동위 원소가 있다.

오답넘기 ● ㄴ. 분자량이 114인 BrCl 은 ${}^{79}\text{Br}{}^{35}\text{Cl}$ 으로, 전체 BrCl 중 차지하는 비율은 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$ 이다.

ㄷ. 동위 원소 차이에 의해 생기는 BrCl 중 분자량이 가장 큰 ${}^{81}\text{Br}{}^{37}\text{Cl}$ 의 분자량은 118이다. **답** ①

04

알짜풀이 ● A는 원자 번호 8, 질량수 16이고, B는 원자 번호 7, 질량수 15이고, C는 원자 번호 8, 질량수 18이다.

ㄱ. B는 질량수가 15이고, 중성자 수가 8이므로 B의 양성자 수는 $15-8=7$ 이다.

ㄴ. A와 C는 원자 번호가 8로 같은 동위 원소이다.

ㄷ. A는 원자 번호 8의 산소(O)로 안정한 이온 O^{2-} 의 전자 수는 10이다. **답** ⑤

II. 개성 있는 원소

04 원자 모형과 전자 배치

꼭 나오는

[중단원별 문제 점검하기]

●별책 11~13쪽

01 ② 02 ④ 03 ⑤ 04 ① 05 ③ 06 ⑤ 07 ③

08 ⑤ 09 ⑤ 10 ⑤ 11 ② 12 ② 13 ② 14 $\frac{36}{5R}$

15 (1) a (2) 4 16 원자 번호 : 15, 원자가 전자 수 : 5, 홀전자 수 : 3 17 해설 참조 18 19

01

알짜풀이 ● ② 수소 원자의 선 스펙트럼은 자외선, 가시광선, 적외선 영역 등에 걸쳐 선들이 나타난다.

오답نب기 ● ①, ③ 러더퍼드 원자 모형으로는 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼을 설명할 수 없으므로 보어 모형이 등장하게 되었다.

④ 특정한 파장에서 선 형태로 스펙트럼이 나타난다는 것은 수소 원자에서 전자가 불연속적인 특정한 에너지만 가지는 것을 의미한다.

⑤ 전자가 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로 전이할 때에는 흡수 스펙트럼이 얻어지고, 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이할 때에는 **방출 스펙트럼**이 얻어진다. 고전압을 가해 얻은 수소 원자의 스펙트럼은 방출 스펙트럼이다. **답 ②**

02

알짜풀이 ● 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼을 설명할 수 있는 원자 모형은 전자가 특정한 에너지 준위에 있다는 보어 모형과 현대 원자 모형이다. **답 ④**

03

알짜풀이 ● ⑤ d 는 $n=2 \rightarrow n=3$ 의 전자 전이로, 이때 흡수하는 빛에너지는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출하는 빛에너지와 같다. $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출하는 빛이 가시광선 영역에 속하므로 $n=2 \rightarrow n=3$ 의 전자 전이에서 흡수하는 빛 역시 가시광선 영역에 속한다.

오답نب기 ● ① 수소 원자에서 주양자수(n)에 따른 에너지 준위 $E_n = -\frac{1312}{n^2} \text{ kJ/mol}$ 이므로 주양자수가 클수록 에너지 준위가 높다.

② a 는 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이이므로 방출되는 빛은 가시광선 영역에 속한다.

③ a 에서 방출되는 빛에너지는 $-\frac{1312}{4^2} - \left(-\frac{1312}{2^2}\right) = \frac{3 \times 1312}{16} \text{ (kJ/mol)}$ 이고, b 에서 방출되는 빛에너지는 $0 - \left(-\frac{1312}{4^2}\right) = \frac{1312}{16} \text{ (kJ/mol)}$ 이다. 따라서 a 에서 방출하는 빛에너지는 b 에서 방출되는 빛에너지의 3배이다.

④ c 는 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전자 전이로, c 에서 흡수하는 에너지는 수소 원자에서 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지인 이온화 에너지에 해당한다. **답 ⑤**

04

알짜풀이 ● ㄴ. 1312를 k 로 놓으면 b 선은 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이이므로 방출되는 에너지는 $-\frac{1}{4^2}k - \left(-\frac{1}{2^2}k\right) = \frac{3}{16}k$ 이고, c 선은 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이이므로 방출되는 에너지는 $-\frac{1}{3^2}k - \left(-\frac{1}{2^2}k\right) = \frac{5}{36}k$ 이다. 따라서 b 선과 c 선의 에너지의 비는 $27 : 20$ 이며, 진동수는 에너지에 비례하므로 진동수의 비도 $27 : 20$ 이다.

우공비 BOX

용어 알기

방출 스펙트럼

방출 스펙트럼은 방출한 파장의 위치에서 밝게 나타나는 스펙트럼이요, 이와 반대로 흡수 스펙트럼은 에너지를 흡수하여 흡수한 부분이 검게 나타나는 스펙트럼이요.

쉽게쉽게

주양자수가 증가할수록 인접한 에너지 준위 사이의 에너지 차이가 감소해요.

보충 설명

수소 원자의 바닥상태는 $n=1$ 이고, 전자가 수소 원자핵에서 분리된 상태는 $n=\infty$ 이므로 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전자 전이에서 흡수한 에너지는 수소의 이온화 에너지예요.

쉽게쉽게

빛에너지는 진동수에 비례하고, 파장이 반비례하므로 빛에너지가 클수록 진동수는 크고, 파장은 짧아요.

오답نب기 ● ㄱ. 수소 원자에서 선 스펙트럼이 관찰되는 것은 방전관에 가한 에너지가 부족해서가 아니라 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다. 따라서 방전관에 더 큰 에너지를 가해도 연속 스펙트럼이 얻어지지 않는다.

ㄷ. a 선은 주양자수 $n=6$ 에서 $n=2$ 의 전자 전이에 해당한다.

답 ①

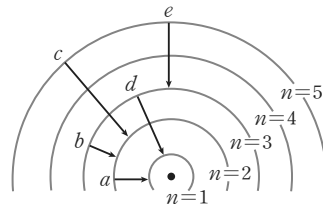
05

알짜풀이 ● ㄱ. a 는 수소 원자에서 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출되는 에너지로 자외선 영역에 해당한다.

ㄴ. 파장 λ_1 은 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛이고, c 는 $n=4 \rightarrow n=3$, b 는 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 에너지이므로 파장 λ_1 에 해당하는 빛의 에너지는 $b+c$ 이다.

○ **오답نب기** ● ㄷ. 방출되는 에너지($\Delta E = E_{n+1} - E_n$)를 주양자수(n)에 따라 나타낸 그림 (가)에서 주양자수 n 이 클수록 $\Delta E = E_{n+1} - E_n$ 가 감소하는 것을 확인할 수 있다. **답 ③**

06 | 자료 분석하기 |



- $a : n=2$ 에서 $n=1$ 의 전이 \Rightarrow 자외선 영역
- $b : n=3$ 에서 $n=2$ 의 전이
- $c : n=5$ 에서 $n=2$ 의 전이
- $d : n=3$ 에서 $n=1$ 의 전이 \Rightarrow 자외선 영역
- $e : n=5$ 에서 $n=3$ 의 전이 \Rightarrow 적외선 영역
- 방출되는 빛에너지의 크기는 $d > a > c > b > e$ 이다.

알짜풀이 ● ⑤ d 에서 방출되는 에너지가 가장 크며, 에너지와 진동수는 비례 관계이므로 진동수도 d 가 가장 크다.

오답نب기 ● ① b 는 $n=2$ 로의 전이이므로 가시광선 영역이다.

② b 는 가시광선, e 는 적외선 영역으로, 에너지가 큰 b 의 파장이 더 짧다.

④ a 와 d 에서 방출되는 에너지는 다음과 같다.

$$a : -\frac{1312}{2^2} - \left(-\frac{1312}{1^2}\right) = \frac{3}{4} \times 1312 \text{ (kJ/mol)}$$

$$d : -\frac{1312}{3^2} - \left(-\frac{1312}{1^2}\right) = \frac{8}{9} \times 1312 \text{ (kJ/mol)}$$

따라서 에너지의 비는 $\frac{3}{4} : \frac{8}{9} = 27 : 32$ 로 2배보다 작다.

답 ⑤

07

알짜풀이 ● ㄷ. 방출하는 에너지가 가장 큰 것은 c 이고, 흡수하는 에너지가 가장 큰 것은 b 이므로, c 와 b 의 에너지의 비는 다음과 같다.

$$c \text{에서 방출하는 에너지 } |\Delta E| \propto \left| -\frac{1}{3^2} - \left(-\frac{1}{1^2}\right) \right| = \frac{8}{9}$$

$$b \text{에서 흡수하는 에너지 } |\Delta E| \propto \left| -\frac{1}{2^2} - \left(-\frac{1}{3^2} \right) \right| = \frac{5}{36}$$

$$c : b = \left| \frac{8}{9} : \frac{5}{36} \right| = 32 : 5$$

오답نب기 ● ㄱ. 가시광선 영역은 전자가 $n \geq 3$ 인 전자껍질에서 $n=2$ 인 전자껍질로 전이할 때 방출되는 빛이므로 $n=3$ 에서 $n=2$ 인 전자껍질로 전이할 때 방출되는 빛의 에너지가 가장 작고 이때 방출되는 빛의 파장이 가장 길다.

ㄴ. a 는 $n=2$ 에서 $n=1$ 로, d 는 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때 방출되는 빛의 에너지이므로 a 와 d 에 해당하는 빛의 에너지의 합은 c 에 해당하는 $n=3$ 에서 $n=1$ 로 전이할 때 방출되는 빛의 에너지와 같다. 파장은 에너지에 반비례하므로 a 와 d 에 해당하는 빛의 파장의 역수의 합은 c 에 해당하는 빛의 파장의 역수와 같다. $\left(\frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{\lambda_a} + \frac{1}{\lambda_d} \right)$ **답 ③**

08

알짜풀이 ● ㄱ. p 오비탈은 주양자수 2이상에서 각 주양자수마다 np_x, np_y, np_z 의 3개가 존재하므로 (가)=(나)=3이다.

ㄴ. L 전자껍질에는 2s 오비탈이 1개, 2p 오비탈이 3개로 총 4개의 오비탈이 존재한다. 1개의 오비탈에는 최대 2개의 전자가 들어갈 수 있으므로 L 전자껍질의 최대 수용 전자수는 8이다.

ㄷ. 최대 수용 전자 수는 주양자수가 1인 K 전자껍질에는 2개, 주양자수가 2인 L 전자껍질에는 8개, 주양자수가 3인 M 전자껍질에는 18개이다. 일반화하면 주양자수가 n 인 전자껍질에 최대 수용 전자 수는 $2n^2$ 이다. **답 ⑤**

09

알짜풀이 ● ㄱ. 각 오비탈에 최대 수용할 수 있는 전자의 수는 2로 같다.

ㄴ. 주양자수가 증가할수록 오비탈의 크기가 커지며, 원자핵과 전자 사이의 평균 거리가 멀어져서 그만큼 오비탈의 에너지가 높아지게 된다.

ㄷ. 원자핵으로부터 일정 거리에서 전자 존재 확률이 0인 구면을 방사상 마디라고 하는데, 1s 오비탈에는 없고, 2s 오비탈에는 1개, 3s 오비탈에는 2개의 방사상 마디가 있다. **답 ⑤**

10

알짜풀이 ● 전자를 2개 얻어서 생긴 A^{2-} 의 전자 수가 10개이므로 A 원자의 전자 수는 8이다. 따라서 A 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이므로 원자가 전자 수는 6개이며, 전자가 존재하는 오비탈의 수는 5이다. **답 ⑤**

11

알짜풀이 ● ㄴ. B의 원자가 전자는 $2s^2 2p^3$ 의 전자이므로 원자가 전자 수는 5이다.

오답نب기 ● ㄱ. A에서 전자가 들어있는 전자껍질은 주양자수 $n=1$ 인 K 전자껍질과 주양자수 $n=2$ 인 L 전자껍질이다. 따라서 전자가 들어있는 전자껍질 수는 2이다.

ㄷ. D는 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 홀전자 수는 0이다. **답 ②**

우공비 BOX

쉽게쉽게

원자가 이온으로 될 때는 비활성 기체와 같은 전자 배치, 즉 가장 바깥 전자껍질에 전자 8개(단, He는 2개)가 채워지는 안정한 전자 배치를 하려고 해요.

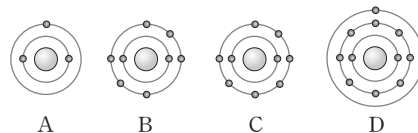
쉽게쉽게

s 오비탈은 $n \geq 1$ 인 모든 주양자수에서 ns 오비탈이 1개 있다. p 오비탈은 $n \geq 2$ 인 주양자수에서 np_x, np_y, np_z 오비탈로 3개가 있어요.

보충 설명

주양자수가 n 인 오비탈은 $(n-1)$ 개의 방사상 마디를 가져요. 따라서 1s 오비탈에는 방사상 마디가 없고, 2s 오비탈에는 1개, 3s 오비탈에는 2개가 있어요. 핵으로부터의 거리가 0인 지점에 전자 존재 확률이 0인 것은 부피가 없는 한 점이기에 인 것으로 이것을 방사상 마디라고 부르지는 않아요.

12 | 자료 분석하기 |



- A : 가장 바깥 전자껍질에 전자가 1개이므로 전자 1개를 잃고 +1가의 양이온이 된다.
 $\Rightarrow A^+ : 1s^2$ (He의 전자 배치)
- B : 가장 바깥 전자껍질에 전자가 6개이므로 전자 2개를 얻어 -2가의 음이온이 된다.
 $\Rightarrow B^{2-} : 1s^2 2s^2 2p^6$ (Ne의 전자 배치)
- C : 가장 바깥 전자껍질에 전자가 7개이므로 전자 1개를 얻어 -1가의 음이온이 된다.
 $\Rightarrow C^- : 1s^2 2s^2 2p^6$ (Ne의 전자 배치)
- D : 가장 바깥 전자껍질에 전자가 1개이므로 전자 1개를 잃고 +1가의 양이온이 된다.
 $\Rightarrow D^+ : 1s^2 2s^2 2p^6$ (Ne의 전자 배치)

알짜풀이 ● ㄴ. B 이온은 B^{2-} , C 이온은 C^- 이다.

오답نب기 ● ㄱ. A 이온의 전자 배치는 $1s^2$, B 이온의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이다.

ㄷ. 전자가 채워진 오비탈의 수는 A 이온은 1, B, C, D 이온은 5이다. **답 ②**

13

알짜풀이 ● ② C에서는 모든 오비탈에 전자가 쌍을 이루어 채워져 있으므로 홀전자는 없다.

오답نب기 ● ① A의 원자가 전자 수는 $2s^2 2p^1$ 에 들어 있는 전자이므로 3이고, B의 원자가 전자 수는 $3s^1$ 에 들어 있는 전자이므로 1이다.

③ B의 L 전자껍질에 들어 있는 전자 수는 $2s^2 2p^6$ 의 8개이다.

④ A, B, C는 바닥상태, D는 들뜬상태의 전자 배치이다.

⑤ 전자가 들어 있는 전자껍질 수는 2주기 원소인 A는 2, 3주기 원소인 B, C, D는 3이다. **답 ②**

14

알짜풀이 ● 발머 계열 중 파장이 가장 긴 것은 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되므로 스펙트럼 선의 파장은

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \text{에서 } \lambda = \frac{36}{5R} \text{이다.} \quad \text{답 } \frac{36}{5R}$$

15

(1) **알짜풀이** ● a에서 방출되는 빛에너지는 $-\frac{1312}{2^2} -$

$$\left(-\frac{1312}{1^2} \right) = \frac{3 \times 1312}{4} \text{ (kJ/mol), } b \text{에서 방출되는 빛에너지}$$

$$\text{는 } -\frac{1312}{4^2} - \left(-\frac{1312}{2^2} \right) = \frac{3 \times 1312}{16} \text{ (kJ/mol), } c \text{에서 방출}$$

$$\text{되는 빛에너지는 } 0 - \left(-\frac{1312}{4^2} \right) = \frac{1 \times 1312}{16} \text{ (kJ/mol)이다.}$$

에너지가 클수록 파장은 짧으므로 파장이 가장 짧은 것은 a이다. **답 a**

(2) 알짜풀이 ● a 에서 방출되는 에너지
 b 에서 방출되는 에너지

$$= \frac{3 \times 1312}{4} = \frac{3 \times 1312}{16} = 4 \text{이다.} \quad \text{답 4}$$

16

알짜풀이 ● 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$ 로 총 전자 수는 15이고, $n=3$ 인 오비탈에 채워진 전자 수는 5이고, 쌍을 이루고 있지 않은 홀전자 수는 3이다.

답 원자 번호 : 15, 원자가 전자 수 : 5, 홀전자 수 : 3

17

모범답안 ● • 쌍을 원리 : 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 전자가 차례로 채워진다.

• 파울리 배타 원리 : 한 오비탈에는 전자가 최대 2개 들어가며, 두 전자의 스핀 방향은 서로 반대이어야 한다.

• 훈트 규칙 : 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때에는 가능한 한 쌍을 이루지 않은 홀전자 수가 많은 것이 보다 안정한 전자 배치이다.

채점 기준	배점
① 세 가지를 모두 바르게 쓴 경우	100 %
② 두 가지만 바르게 쓴 경우	60 %
③ 한 가지만 바르게 쓴 경우	30 %

18

알짜풀이 ● (가) $_{14}\text{Si}$ 원자의 전자 배치는 $\text{K}(2)\text{L}(8)\text{M}(4)$ 로 원자가 전자 수는 4이다.

(나) $n=3$ 인 M 전자껍질에 존재하는 오비탈 수는 $3^2=9$ 이다.

(다) d 오비탈을 $n \geq 3$ 인 주양자수에서만 존재하므로 d 오비탈이 존재하는 가장 작은 주양자수는 3이다.

(라) $_7\text{N}$ 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 로 홀전자 수는 3이다. 답 19

우공비 BOX

용어 알기

바닥상태

에너지가 가장 낮은 안정한 상태의 전자 배치를 바닥상태 전자 배치라고 해요. 바닥상태보다 높은 에너지의 전자 배치를 들뜬상태 전자 배치라고 해요.

ㄷ. (나)의 전자가 $n=1$ 로 전이할 때 방출하는 에너지는 $-\frac{A}{9} - (-A) = \frac{8A}{9}$ (kJ/mol)이고, $n=2$ 로 전이할 때 방

출하는 에너지는 $-\frac{A}{9} - (-\frac{A}{4}) = \frac{5A}{36}$ (kJ/mol)이므로

방출하는 에너지의 비는 $\frac{8A}{9} : \frac{5A}{36} = 32 : 5$ 이다.

오답넘기 ● ㄴ. 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지는 (가)

에서는 A kJ/mol이고, (나)에서는 $\frac{A}{9}$ kJ/mol이므로 A :

$\frac{A}{9} = 9 : 1$ 이다. 답 ③

02 | 자료 분석하기

구분	전자가 들어 있는 전자껍질 수	p 오비탈에 들어있는 전자 수	홀전자 수
(가)	a (2)	2	2
(나)	3	8	b (2)
(다)	c (3)	6	1

(가) p 오비탈에 들어있는 전자 수가 2이므로 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 이다.

(나) p 오비탈에 들어있는 전자 수가 8이므로 M 껍질까지 전자가 들어있으며, 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1$ 이다.

(다) p 오비탈에 들어있는 전자 수가 6이므로 3개의 2p 오비탈에 전자가 모두 들어있으며, 홀전자 수가 1이므로 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

알짜풀이 ● ㄱ. a는 2, b는 2, c는 3으로 $a+b+c=7$ 이다.

ㄴ. (나)에서 전자가 들어있는 오비탈은 1s, 2s, 3개의 2p, 3s, 2개의 3p 오비탈로 모두 8개이다.

ㄷ. (다)의 홀전자는 3s 오비탈에 들어 있다. 답 ⑤

03

알짜풀이 ● ㄷ. 2s 오비탈의 경우 원자핵으로부터 c만큼 떨어진 곳에서 전자가 존재할 확률이 0이다.

오답넘기 ● ㄱ. a는 1s 오비탈에서 전자 존재 확률이 90 % 인 공간의 핵으로부터의 거리이고, b는 1s 오비탈에서 전자 존재 확률이 최대인 거리로, a와 b는 같지 않다.

ㄴ. 1s 오비탈에서 원자핵으로부터 멀어짐에 따라 전자 존재 확률이 증가하다가 b만큼 떨어진 곳에서 최대가 된다. 원자핵으로부터의 거리가 더 멀어지면 전자 존재 확률은 감소한다. 답 ②

04

알짜풀이 ● X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ 이고, Y의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 이다.

④ 원자가 전자 수는 Y가 7, X가 2로 Y가 X보다 5개 더 많다.

오답넘기 ● ① 원자 번호는 X가 Y보다 크다.

② 전자가 들어 있는 전자껍질 수는 X는 4, Y는 3이다.

③ 홀전자 수는 X는 0, Y는 1이다.

○ ⑤ 전자가 존재하는 전자껍질 수는 Y^- 와 Y가 3으로 같다. 답 ④

보충 설명

비금속 원소는 원자일 때와 이온일 때 전자껍질 수에 차이가 없어요.

어려운

중 단 원 별 문제 정복하기

○ 별책 14쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ② 04 ④

01

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 전자는 $-\frac{A}{1^2}$ (kJ/mol)의 에너지 준위에 있고, (나)에서 전자는 $-\frac{A}{3^2}$ (kJ/mol)의 에너지 준

위에 있다. (나)와 (가) 상태의 에너지 차이는 $-A - (-\frac{A}{9})$

$= -\frac{8A}{9}$ 이므로 (가)가 (나)로 되려면 $\frac{8}{9}A$ 의 에너지를 흡수해야 한다.

05 주기율표

II. 개성 있는 원소

우공비 BOX

꼭 나오는

[중단원별 문제 점검하기]

별책 15~17쪽

- 01 ③ 02 ④ 03 ⑤ 04 ③ 05 ③ 06 ② 07 ①
08 ⑤ 09 ① 10 ① 11 ④ 12 ③ 13 해설 참조
14 (가)-(㉠)-(나)-(㉡)-(다)-(㉢) 15 (1) B-A-C (2) A의
이온 : ㉡, B의 이온 : ㉢, C의 이온 : ㉠

01

알짜풀이 ● ㄱ. 주기율표의 세로줄을 족이라고 하며, 1~18 족이 있다. 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같아서 화학적 성질이 비슷하다.

ㄴ. 주기율표의 가로줄을 주기라고 하며, 1~7주기가 있다. 같은 주기 원소들은 전자가 들어 있는 전자껍질 수가 같다.

오답نب기 ● ㄷ. 3주기에 속하는 원소 수는 8이고, 4주기에 속하는 원소 수는 18이다. ㉢ ③

02

알짜풀이 ● A는 수소(H), B는 베릴륨(Be), C는 탄소(C), D는 나트륨(Na), E는 마그네슘(Mg), F는 염소(Cl)이다.

④ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다.

오답نب기 ● ① 금속 원소는 B, D, E 세 가지이다.

② 전기 음성도는 주기율표의 오른쪽 위에 있는 원소가 더 크므로(단, 18족 제외) B가 D보다 크다.

③ 같은 족에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지가 감소하므로 E가 B보다 작다.

⑤ 바닥상태에서 홀전자 수는 A는 1, B는 0, C는 2, D는 1, E는 0, F는 1이다. ㉢ ④

03

알짜풀이 ● ㄴ. C와 D는 3주기 원소로 전자가 존재하는 전자껍질 수가 3(K, L, M)으로 같다.

ㄷ. B는 전자 2개를 얻어 Ne의 전자 배치를 이루며, C는 전자 1개를 잃어 Ne의 전자 배치를 이룬다. 따라서 B와 C는 안정한 이온이 되었을 때 전자 수가 10으로 같다.

오답نب기 ● ㄱ. A는 수소(H)로 비금속 원소이고, C는 나트륨(Na)으로 금속 원소이므로 화학적 성질이 다르다. ㉢ ⑤

04

알짜풀이 ● ㄱ. 원자 번호 7~9는 2주기 비금속 원소이고, 11, 12는 3주기 금속 원소이다. 비금속 원소가 음이온이 되면 이온 반지름은 원자 반지름보다 크고, 금속 원소가 양이온이 되면 이온 반지름은 원자 반지름보다 작으므로 (가)는 원자 반지름이고, (나)는 이온 반지름이다.

ㄴ. A는 O의 안정한 이온인 O^{2-} 으로 전자 수는 10이다.

오답نب기 ● ㄷ. 전자가 존재하는 전자껍질 수는 Na인 B는 3이고, Mg^{2+} 인 C는 2이다. ㉢ ③

필수 자료

전기 음성도의 주기성

- 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도가 증가해요.
- 같은 족에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도가 감소해요.

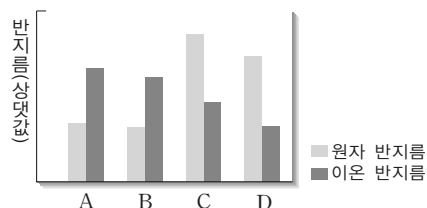
조심조심

수소는 비금속 원소로, 원자가 전자 수가 1이지만 다른 1족 원소인 알칼리 금속과는 성질이 달라요.

쉽게쉽게

비금속 원소는 원자와 이온일 때 전자껍질 수에 차이가 없고, 금속 원소는 원자일 때보다 이온일 때 전자껍질 수가 1개 줄어요.

05 | 자료 분석하기 |



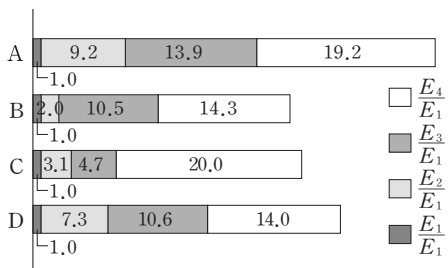
- A와 B는 원자 반지름보다 이온 반지름이 크므로 2주기 비금속 원소이다.
- C와 D는 원자 반지름보다 이온 반지름이 작으므로 3주기 금속 원소이다.
- 등전자 이온에서 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작으므로 원자 번호는 $A < B < C < D$ 이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 원자 번호는 $A < B < C < D$ 이다.

ㄴ. 전기 음성도는 2주기 비금속 원소가 3주기 금속 원소보다 크다. 2주기 비금속 원소인 A, B 중에서 원자 번호가 큰 B의 전기 음성도가 더 크다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 D가 C보다 크다. ㉢ ⑤

06 | 자료 분석하기 |



• A와 D는 $\frac{E_1}{E_1} < \frac{E_2}{E_1} < \frac{E_3}{E_1} < \frac{E_4}{E_1}$ 로 $E_1 \ll E_2 < E_3 < E_4$ 이므로 원자가 전자 수가 1이다.

⇒ 같은 족 원소 중 제2 이온화 에너지가 더 크게 증가하는 A가 Na, D는 K이다.

• B는 $\frac{E_1}{E_1} < \frac{E_2}{E_1} < \frac{E_3}{E_1} < \frac{E_4}{E_1}$ 로 $E_1 < E_2 \ll E_3 < E_4$ 이므로 원자가 전자 수가 2이다.

⇒ B는 Mg이다.

• C는 $\frac{E_1}{E_1} < \frac{E_2}{E_1} < \frac{E_3}{E_1} < \frac{E_4}{E_1}$ 로 $E_1 < E_2 < E_3 \ll E_4$ 이므로 원자가 전자 수가 3이다.

⇒ C는 Al이다.

알짜풀이 ● ㄷ. 13족 원소인 C와 1족 원소인 D는 바닥상태에서 홀전자 수가 1로 같다.

오답نب기 ● ㄱ. A와 D는 1족에 속하는 서로 다른 원소이므로 같은 주기 원소일 수 없다.

ㄴ. B는 Mg, C는 Al로, 같은 주기에서 13족 원소는 2족 원소보다 이온화 에너지가 작으므로 E_1 은 C(Al)가 B(Mg)보다 작다. ㉢ ②

07

알짜풀이 ● 같은 3주기 원소인 A~C에서 A는 $E_2 \ll E_3$, B는 $E_3 \ll E_4$, C는 $E_1 \ll E_2$ 이므로 원자가 전자 수는 A가 2, B가 3, C가 1이다.

ㄱ. 3주기 13족 원소인 B가 3주기 2족 원소인 A보다 원자 번호가 크다.

오답نب기 ● ㄴ. 기체 상태의 A원자로부터 A^{2+} 을 만드는 데 필요한 에너지는 $E_1 + E_2$ 이므로 $738 + 1451 = 2189$ (kJ/mol)이다.

ㄷ. C는 Na으로 산화물의 화학식은 $C_2O(Na_2O)$ 이다. Na이 산화되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



즉, Na 1몰이 산소(O_2)와 반응하여 Na_2O 이 생성되는 반응에서 소모되는 O_2 의 몰 수는 0.25몰이다. ㉑ ①

08

알짜풀이 ● 같은 족 2주기 원소의 이온화 에너지가 3주기 원소의 이온화 에너지보다 크므로 A, B, C는 2주기 원소이고, D, E는 3주기 원소이다.

⑤ E는 3주기 16족 원소로 황(S)이므로 E의 안정한 이온의 전자 배치는 아르곤(Ar)과 같다.

오답نب기 ● ① A는 2주기 2족 원소인 Be으로 바닥상태의 전자 배치가 $1s^2 2s^2$ 로 홀전자가 없다.

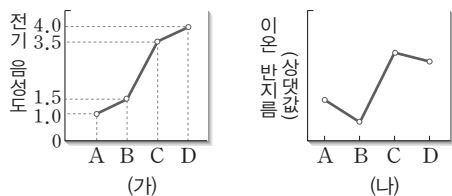
② B는 2주기 15족 원소인 N로 바닥상태의 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 로 3개의 2p 오비탈에 전자가 1개씩 들어 있다.

③ 전기 음성도는 주기율표의 오른쪽 위로 갈수록 커지므로 전기 음성도가 가장 큰 것은 2주기 17족 원소인 C(F)이다.

④ 원자 반지름은 주기율표의 왼쪽 아래로 갈수록 커지므로 원자 반지름이 가장 큰 것은 3주기 1족 원소인 D(Na)이다.

㉑ ⑤

09 | 자료 분석하기 |



● 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 크므로 원자 번호는 $A < B < C < D$ 이다.

● A, B의 이온의 반지름이 C, D의 이온 반지름보다 작으므로 A, B는 양이온을 형성하는 2주기 금속 원소이고, C, D는 음이온을 형성하는 2주기 비금속 원소이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름은 $A > D$ 이다.

오답نب기 ● ㄴ. B는 2주기 금속 원소로 B 이온의 전자 배치는 He과 같고, C는 2주기 비금속 원소로 C 이온의 전자 배치는 Ne과 같다.

우공비 BOX

쉽게쉽게

순차적 이온화 에너지가 급격히 증가하기 전까지 떼어난 전자 수는 원자가 전자 수와 같아요.

●보충 설명●

원자 번호 1~20인 원소 중에서 바닥상태 전자 배치에서 홀전자가 없는 것은 He, Be, Ne, Mg, Ar, Ca으로 18족과 2족 원소들이예요.

ㄷ. A는 양이온을 형성하는 금속 원소이므로 이온 반지름 원자 반지름 < 1 이고, C는 음이온을 형성하는 비금속 원소이므로 이온 반지름 원자 반지름 > 1 이다. ㉑ ①

10

알짜풀이 ● ㄱ. 2주기 금속 원소는 Li, Be으로 바닥상태에서 홀전자가 없는 것은 Be이므로 X는 Be으로 원자가 전자 수는 2이다.

오답نب기 ● ㄴ. 3주기 원소 중 바닥상태에서 홀전자가 없는 것은 Mg, Ar인데, 이들 중에서 비금속 원소는 Ar이므로 Y는 Ar이다. 3주기 원소 중 바닥상태에서 홀전자가 1개인 것은 Na, Al, Cl인데, 이들 중에서 비금속 원소는 Cl이므로 Z는 Cl이다. 따라서 원자 번호는 Y가 Z보다 크다.

ㄷ. X와 Z로 이루어진 안정한 화합물의 화학식은 XZ_2 ($BeCl_2$)이다. ㉑ ①

11 | 자료 분석하기 |

각 원자의 바닥상태 전자 배치와 홀전자 수, 원자가 전자 수는 다음과 같다.

원소	바닥상태 전자 배치	원자가 전자 수	홀전자 수
Li	$1s^2 2s^1$	1	1
C	$1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$	4	2
N	$1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$	5	3
O	$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$	6	2
F	$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$	7	1

● 홀전자 수가 (가)=(나)>(다)=(라)이므로 (가), (나)는 C, O, (다), (라)는 Li, F 중 하나이다.

● 원자가 전자 수가 (다)>(가)>(나)이므로 (다)는 F, (가)는 O, (나)는 C이다. 따라서 (마)는 N, (라)는 Li이다.

알짜풀이 ● ㄴ. 1족 원소인 (라) Li는 제2 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 제2 이온화 에너지 제1 이온화 에너지 값은 (라) Li이 (다) F보다 크다.

ㄷ. 15족 원소인 (마) N는 16족 원소인 (가) O보다 이온화 에너지가 크다.

오답نب기 ● ㄱ. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 작을수록 커지므로 (라) Li이 가장 크다. ㉑ ④

12

알짜풀이 ● 전기 음성도가 $F > O > Mg > Na$ 이므로 A는 Na(나트륨), B는 Mg(마그네슘), C는 O(산소), D는 F(플루오린)이다.

ㄱ. A(Na)는 금속 원소이므로 양이온을 형성한다. 따라서 A의 이온 반지름은 원자 반지름보다 작다.

ㄴ. A~D가 안정한 이온으로 될 때는 모두 Ne의 전자 배치를 이룬다. 전자 수가 같을 때 이온 반지름은 핵전하가 작을수록 커지므로 $C > D > A > B$ 순이다.

오답نب기 ● ㄷ. 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 B(Mg)가 0, D(F)가 1이다. ㉑ ③

조심조심

같은 주기에서 이온화 에너지는 대체로 증가하는 경향을 가지지만, 2족의 이온화 에너지는 13족보다 크고, 15족의 이온화 에너지는 16족보다 커요.

13

알짜풀이 ● (가) 원자 반지름은 주기율표의 왼쪽 아래에 위치할수록 크므로 C가 가장 크다. (나) 안정한 이온인 A^{2-} , B^{-} , C^{+} , D^{2+} , E^{3+} 는 등전자 이온이므로 이온 반지름은 원자 번호(핵전하)가 가장 작은 A^{2-} 가 가장 크다.

모범답안 ● (가) C (나) A, 원자 반지름은 전자껍질 수가 증가할수록, 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하기 때문에 원자 번호가 작을수록 크므로 C가 가장 크다. 등전자 이온에서 원자 반지름이 핵전하량이 작을수록 이온 반지름이 크기 때문에 이온 반지름은 A가 가장 크다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 바르게 설명한 경우	100 %
② (가)와 (나) 둘 중 한 가지만 바르게 설명한 경우	40 %

14

알짜풀이 ● (가) K^{+} 은 K보다 전자껍질 수가 적어서 K^{+} 의 이온 반지름이 K의 원자 반지름보다 작다.

(나) Cl^{-} 은 Cl보다 전자 수가 많아 전자 사이의 반발력이 크므로 Cl^{-} 의 반지름이 Cl보다 크다.

(다) F^{-} 과 Mg^{2+} 은 등전자 이온으로 핵전하가 큰 Mg^{2+} 의 이온 반지름이 작다. ㉠ (가) - ㉡ (나) - ㉢ (다) - ㉣

15

(1) **알짜풀이** ● A, B는 이온이 되면 반지름이 증가하므로 비금속 원소이다. 2주기 비금속 원소 A, B 중 원자 반지름이 작은 A의 원자 번호가 더 크다. ㉠ B - A - C

(2) **알짜풀이** ● A~C의 이온은 등전자 이온으로, 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작다. 따라서 C의 이온은 ㉡, A의 이온은 ㉣, B의 이온은 ㉢이다.

㉠ A의 이온 : ㉣, B의 이온 : ㉢, C의 이온 : ㉡

우공비 BOX

쉽게쉽게

- $K \rightarrow K^{+}$ 이 될 때 전자껍질 수 감소
- $Cl \rightarrow Cl^{-}$ 이 될 때 전자껍질 수 불변, 전자 수 증가
- F^{-} 과 Mg^{2+} : 전자 수가 같은 등전자 이온, 유효 핵전하량의 크기는 $F^{-} < Mg^{2+}$

쉽게쉽게

186 pm보다 이온 반지름이 커진 것이 없으므로 C는 양이온으로 되는 금속 원소이고, 64 pm, 66 pm보다 이온 반지름이 작아진 것이 없으므로 A와 B는 음이온으로 되는 비금속 원소라는 것을 알 수 있어요.

쉽게쉽게

같은 주기 금속 원소와 비금속 원소가 이온을 형성하였을 때 전자 배치가 같은 것이 아니에요. 2주기 비금속 원소의 음이온과 3주기 금속 원소의 양이온의 전자 배치가 같아요.

알짜풀이 ● ㄱ. 원자 번호는 $B < A < D < C$ 이다.

ㄴ. C와 D는 3주기 금속 원소로 C와 D의 이온은 등전자 이온이다. 등전자 이온의 반지름은 원자 번호(핵전하)가 클수록 작아지므로 이온 반지름은 $D > C$ 이다.

ㄷ. A는 음이온을 형성하는 비금속 원소이므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다. ㉠ ㉡

02

알짜풀이 ● 전자 배치로 보아 (가)는 2주기 16족, (나)는 2주기 18족, (다)는 3주기 1족, (라)는 2주기 15족, (마)는 3주기 2족 원소이다. 2주기 비금속 원소는 3주기 금속 원소보다 이온화 에너지가 크며, 같은 주기에서는 대체로 원자 번호가 클수록 이온화 에너지가 크다. (단, 16족은 15족보다 작다.) 따라서 이온화 에너지의 순서는 (다) < (마) < (가) < (라) < (나)이며, 그래프에서 이온화 에너지는 $B < A < D < E < C$ 이므로 A는 (마), D는 (가)이다. ㉠ ㉡

03 | 자료 분석하기 |

주기 \ 족	1	2	3~12	13	14	15	16	17	18
1									
2							X (나)		
3	B	A (가)					Y		
4									

- A와 B는 전자가 들어 있는 전자껍질 수가 같으며, 전기 음성도는 A > B이다.

원자 번호는 A > B이다.

- X와 Y는 원자가 전자 수가 같으며, 이온화 에너지는 X > Y

같은 족 원소이다.

이다.

X가 2주기, Y는 3주기, 16족인지는 17족인지는 알 수 없다.

- A 이온과 X 이온의 전자 배치는 같다.

A와 B는 3주기 원소이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 3주기 원소는 A, B, Y로 세 가지이다.

ㄴ. 3주기 금속 원소인 A, B에서 원자 번호가 A > B이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 A > B이다.

○ **오답탐기** ● ㄷ. 3주기 금속 원소인 B의 이온은 네온(Ne)과 같은 전자 배치이고, 3주기 비금속 원소인 Y의 이온은 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치이다. ㉠ ㉡

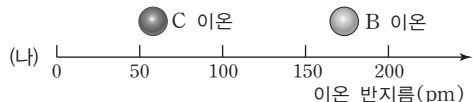
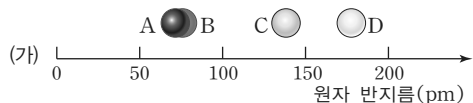
04

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 전기 음성도는 $F > O > N > Al > Mg$ 이다. Al의 전기 음성도가 1.5이며, 금속 원소의 전기 음성도 차이가 0.3이므로 Mg의 전기 음성도는 1.2이다. F의 전기 음성도가 4.0이며, 비금속 원소 사이의 전기 음성도 차이가 0.5 또는 1.0이므로 O와 N의 전기 음성도는 각각 3.5, 3.0이다.

○ **오답탐기** ● ㄷ. N와 Mg의 전기 음성도 차이는 $3.0 - 1.2 = 1.8$ 이고, O와 Al의 전기 음성도 차이는 $3.5 - 1.5 = 2.0$ 이다. ㉠ ㉡

어려운
[중·단원별 문제] 정복하기 ㉠ 별책 18쪽
01 ㉡ 02 ㉢ 03 ㉣ 04 ㉤

01 | 자료 분석하기 |



- B는 이온 반지름 > 원자 반지름이므로 2주기 비금속 원소이다.
- C는 이온 반지름 < 원자 반지름이므로 3주기 금속 원소이다.
- 원자 반지름이 B > A이므로 A는 B보다 원자 번호가 큰 2주기 비금속 원소이고, 원자 반지름이 D > C이므로 D는 C보다 원자 번호가 작은 3주기 금속 원소이다.

06 분자 구조의 다양성

꼭 나오는

[중·원·별 문제] 점검하기

○별책 19~20쪽

- 01 ⑤ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ① 05 ① 06 ⑤ 07 ④
 08 ③ 09 (1) (가) 인산 (나) 염기 (다) 당 (2) 수소 결합, ①
 < ④ 10 (1) A : 염화 이온(Cl^-), B : 나트륨 이온(Na^+)
 (2) 해설 참조

01

알짜풀이 ● (가)는 흑연, (나)는 흑연의 한 층을 떼어 낸 그래핀, (다)는 그래핀을 관의 형태로 말아놓은 탄소 나노튜브이다.
 ㄱ. 흑연, 그래핀, 탄소 나노튜브는 결합에 참여하지 않은 전자가 한 평면 위에서 자유로이 돌아다니므로 전기 전도성이 있다.

ㄴ. 세 물질 모두 정육각형 모양으로 되어 있으므로 탄소 원자 사이의 결합각이 120° 로 같다.

ㄷ. 세 물질 모두 탄소 원자 1개가 주위의 다른 탄소 원자 3개와 결합한다. ㉮ ⑤

02

알짜풀이 ● 동소체란 같은 원소로 이루어져 있으나 원자 배열이 달라 모양과 성질이 다른 물질을 의미한다. 수소와 중수소는 동소체가 아닌 중성자 수가 달라 질량수가 다른 동위 원소 관계이다.

오답نب기 ● 탄소의 경우 흑연, 풀러렌, 다이아몬드, 그래핀 등이 있고, 산소의 경우 오존과 산소 기체, 인의 경우 붉은 인과 흰인, 황의 경우 단사황과 사방황이 있다. ㉮ ⑤

03

알짜풀이 ● (가)는 흑연, (나)는 다이아몬드, (다)는 풀러렌(C_{60}), (라)는 탄소 나노튜브이다.

⑤ 탄소 원자 1개에 결합한 다른 탄소 원자의 수는 (가), (다), (라)의 경우 3개이고, (나)의 경우 4개이다.

오답نب기 ● ① 흑연은 층상 구조로서 평면 구조를 나타낸다.
 ② (다) 풀러렌(C_{60})은 60개의 탄소 원자가 20개의 육각형과 12개의 오각형으로 결합되어 있으므로 화학식량은 $170 (=60 \times 12)$ 이다. 나머지는 화학식이 C이므로 화학식량은 12이다.

③ (가) 흑연은 전기 전도성이 있지만, (나) 다이아몬드는 전기 전도성이 없다.

④ (가)~(라)는 모두 탄소의 동소체로서 탄소로만 이루어져 있으므로 완전 연소 생성물은 이산화탄소(CO_2)로 모두 같다.

㉮ ⑤

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 상보적인 염기쌍 사이의 수소 결합이다.

오답نب기 ● ㄴ. 염기쌍은 2중 나선 골격의 안쪽에 배치되어 있다.

ㄷ. 인산과 당은 2중 나선 구조의 바깥쪽 골격을 이룬다. ㉮ ①

우공비 BOX

용어 알기

수소 결합

전기 음성도가 큰 F, O, N에 결합된 수소 원자와 다른 분자의 F, O, N와의 사이에 작용하는 강한 분자 간 인력이 예요.

●보충 설명●

물에는 이온이 거의 존재하지 않아 전류가 잘 흐르지 않아요. 물을 전기 에너지에 의해 성분 원소로 분해시키려면 자신은 분해되지 않으면서 전류를 잘 흐르게 해주는 전해질을 넣어 주어야 해요.

- 가능한 전해질 : 황산, 나트륨, 수산화 나트륨, 황산 등
- 사용할 수 없는 전해질 : 염화 구리, 염화 나트륨

용어 알기

동위 원소

원자 번호가 같고 질량수가 다른 원소로, 양성자 수가 같지만 중성자 수가 다른 관계예요. 동위 원소는 화학적인 성질이 같고, 물리적인 성질이 달라요.

05

알짜풀이 ● ㄱ. DNA 2중 나선 구조에서 인산-당은 바깥쪽 골격을 형성한다. 따라서 당 1개당 결합하는 인산의 수는 2개이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)에서 당은 5탄당으로 탄소 원자 4개와 산소 원자 1개가 고리 모양을 이루고 있다.

ㄷ. (가)의 염기쌍 사이의 결합은 수소 결합이고, (나)의 각 탄소 원자가 다른 원자와 이루는 결합은 공유 결합이다. ㉮ ①

06

알짜풀이 ● DNA는 유전 정보를 저장, 복제, 전달하는 역할을 한다. DNA는 인산-당의 기본 골격에 염기쌍이 서로 수소 결합하여 대칭적인 2중 나선 구조로 존재하는데, 이때 수소 결합이 형성되는 곳은 염기쌍이다. ㉮ ⑤

07

알짜풀이 ● ㄴ. 물을 전기 분해하면 (-)극에서는 수소 기체가, (+)극에서는 산소 기체가 2 : 1의 부피비로 발생한다.

ㄷ. 물을 전기 분해하여 성분 원소인 수소와 산소를 얻는 것으로 보아 물은 수소와 산소가 전기적 성질에 의해 결합되어 있다는 것을 알 수 있다.

오답نب기 ● ㄱ. 순수한 물은 전류가 잘 흐르지 않으므로 황산 나트륨과 같은 전해질을 넣어 주어야 한다. ㉮ ④

08

알짜풀이 ● ㄱ. 포도당인 (가)는 공유 결합 물질, 염화 나트륨인 (나)는 이온 결합 물질로서 두 물질을 이루는 각 입자 사이의 결합에 전자가 관여한다.

ㄴ. 두 물질은 화합물이므로 분해시키면 성분 원소의 물질로 얻어진다.

오답نب기 ● ㄷ. 포도당은 공유 결합 물질이므로 용융액 상태에서 전기 전도성이 없다. ㉮ ③

09

(1) **알짜풀이** ● DNA를 이루는 기본 단위인 뉴클레오타이드는 인산-당-염기로 구성된다.

㉮ (가) 인산 (나) 염기 (다) 당

(2) **알짜풀이** ● 염기쌍 사이에는 수소 결합을 이룬다. 이때 아데닌(A)과 티민(T) 사이에는 2개의 수소 결합이, 구아닌(G)과 사이토신(C) 사이에는 3개의 수소 결합이 형성된다.

㉮ 수소 결합, ⑦ < ④

10

(1) **알짜풀이** ● (+)극으로 끌려가는 A는 음이온이므로 염화 이온이다. (-)극으로 끌려가는 B는 양이온이므로 나트륨 이온이다. ㉮ A : 염화 이온(Cl^-), B : 나트륨 이온(Na^+)

(2) **모범답안** ● (+)극 : 염소 기체(Cl_2), (-)극 : 나트륨(Na), 염화 나트륨은 염화 이온과 나트륨 이온이 결합하여 생성된 화합물로, 이온 결합이 형성될 때 전자가 관여한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 전기 분해를 통해 알 수 있는 사실만 바르게 설명한 경우	40 %
③ 생성되는 물질만 바르게 쓴 경우	30 %

중·원·별 문제 정복하기

별책 21쪽

01 ② 02 ③ 03 ② 04 ③

01

알짜풀이 ● Γ . DNA 2중 나선 구조에서 당-인산 골격은 바깥쪽을 형성하고, 상보적인 염기쌍은 골격 안쪽에 위치한다.

오답نب기 ● Γ . (가)에서 당은 탄소 원자를 중심으로 고리 모양을 하는 입체 구조이다.

Γ . (나)에서 아데닌과 티민 사이에는 2개의 수소 결합을, 구아닌과 사이토신 사이에는 3개의 수소 결합을 이루며, 수소 결합을 이루면 전체적인 결합 길이가 같아지므로 2중 나선이 일정한 간격을 유지하면서 뒤를리지 않는 구조를 유지할 수 있다. ㉢ ②

02

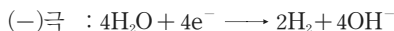
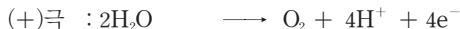
알짜풀이 ● Γ . (나)와 (다) 1몰에는 탄소 원자가 아보가드로 수만큼 들어 있다.

Γ . (가)~(다)는 정육각형으로 이루어져 있으므로 탄소 원자 사이의 결합각이 120° 로 같다.

오답نب기 ● Γ . (가) 벤젠은 전기 전도성이 없다. ㉢ ③

03

알짜풀이 ● 물을 전기 분해하면 (-)극에서는 H_2 기체가, (+)극에서는 O_2 기체가 발생하므로, 기체 A_2 는 산소(O_2)이고, B_2 는 수소(H_2)임을 알 수 있다.



Γ . 결합 a는 물 분자 사이의 수소 결합이고, 결합 b는 산소와 수소 원자 사이의 공유 결합이다. DNA 2중 나선 구조에서 염기쌍 사이에는 수소 결합이 형성되고, 인산-당, 당-염기 사이에는 공유 결합이 형성된다.

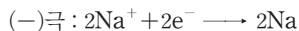
오답نب기 ● Γ . H_2O 2몰이 분해되면 H_2 2몰과 O_2 1몰이 얻어지며, H_2 2몰의 질량은 4 g, O_2 1몰의 질량은 32 g이므로 기체의 질량은 2몰의 H_2 가 1몰의 O_2 보다 작다.

Γ . 각 성분 기체가 생성될 때 분자 내 공유 결합인 결합 b가 끊어진다. 결합 a는 상태 변화할 때 끊어진다. ㉢ ②

04

알짜풀이 ● Γ . (가)에서 고체 염화 나트륨은 이온이 단단하게 결합하여 이동할 수 없으므로 전기 전도성이 없지만, 용융액으로 되면 이온이 자유롭게 움직일 수 있으므로 전기 전도성이 증가한다.

Γ . NaCl 용융액을 전기 분해시키면 (+)극에서는 염소 기체가 발생하고, (-)극에서는 금속 나트륨이 생성된다.



오답نب기 ● Γ . 전체 반응식은 $2NaCl \longrightarrow 2Na + Cl_2$ 이므로 1몰의 용융액을 전기 분해하면 0.5몰의 Cl_2 가 얻어진다. ㉢ ③

필수 자료

염기의 수소 결합

A(아데닌), 구아닌(G), 사이토신(C), 티민(T)의 네 가지 염기가 A-T, G-C의 쌍으로 결합하며 A-T 사이에는 2개, G-C 사이에는 3개의 수소 결합이 형성돼요.

용어 알기

옥텟

비활성 기체인 18족 원소가 지닌 안정한 전자 배치로서 18족 외의 원소들은 결합을 형성하거나 반응하여 옥텟을 형성하려는 경향을 나타내요.

필수 자료

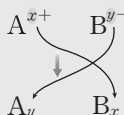
이온 결합 물질의 특징

- 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력으로 형성돼요.
- 상온에서 비휘발성 고체예요.
- 단단하나 잘 부스러져요.

필수 자료

이온 결합 물질의 화학식

이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량이 같아지도록 양이온과 음이온이 결합해요. 따라서 A^{x+} 과 B^{y-} 이 결합하여 형성되는 물질의 화학식은 다음과 같이 나타낼 수 있어요.



07 화합 결합

꼭 나오는

중·원·별 문제 점검하기

별책 22~23쪽

01 ① 02 ③ 03 ② 04 ③ 05 ② 06 ⑤ 07 ③

08 ⑤ 09 (1) (가), (나), (마), (바) (2) (다), (라) (3) (바) 10

(1) A_2C , AD, BC, BD_2 (2) 해설 참조 11 (1) 고체 (2) 해설 참조

01

알짜풀이 ● Γ . 원자는 결합을 하거나 반응을 할 때 18족 원소의 전자 배치를 가지려고 하며 이러한 성질을 옥텟 규칙이라고 한다.

오답نب기 ● Γ . 금속 원소들끼리는 서로 반응하지 않으므로 금속 화합물은 생성되지 않는다. 금속 화합물은 금속 원소와 비금속 원소가 화합하여 생성된다.

Γ . 나트륨(Na)의 원자 번호는 11이고 아르곤(Ar)은 18이다. 나트륨(Na)은 전자 1개를 잃고 이온화하여 원자 번호 10인 네온(Ne)의 전자 배치와 같아지려고 한다. ㉢ ①

02

알짜풀이 ● Γ . 일반적으로 이온 결합은 금속 원소와 비금속 원소가 결합할 때 형성된다.

Γ . 금속 양이온의 전하량과 비금속 음이온의 전하량이 클수록 이온 결합력이 강하다.

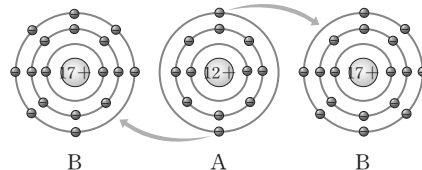
오답نب기 ● Γ . 이온 결합 길이가 짧을수록 이온 결합력이 강하여 이온 결합 물질의 녹는점이 높다. ㉢ ③

03

알짜풀이 ● 화합물 X의 성질로 보아 X는 이온 결합 물질이다. 금속 원소와 비금속 원소가 결합한 염화 나트륨(Γ)과 질산 칼륨(Γ)은 이온 결합 물질이다.

오답نب기 ● 아이오딘과 포도당은 비금속 원소들로 이루어진 공유 결합 물질로 용융 상태에서 전류가 흐르지 않고, 수용액에서도 이온화하지 않으므로 전류가 흐르지 않는다. ㉢ ②

04 | 자료 분석하기 |



- A는 원자가 전자 수가 2인 3주기 2족의 금속 원소이고, B는 원자가 전자 수가 7인 3주기 17족의 비금속 원소이다.
- 금속 원소와 비금속 원소의 결합은 이온 결합이다.

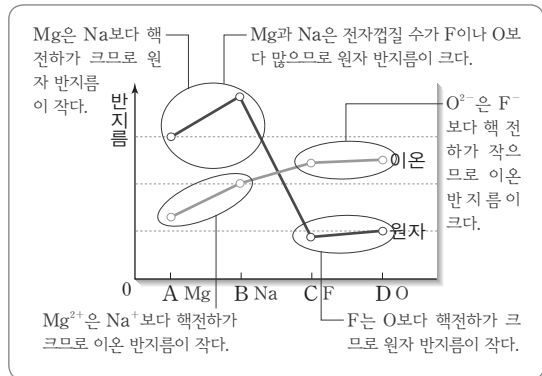
알짜풀이 ● Γ . A는 2족의 금속 원소이므로 안정한 이온은 A^{2+} 이고, B는 17족의 비금속 원소이므로 안정한 이온은 B^- 이다. A 원자는 2개의 B 원자와 이온 결합하여 옥텟을 이루게 된다. 따라서 X의 화학식은 AB_2 이다.

중 단 원 별 문제 정복하기

○ 별책 24쪽

01 ③ 02 ③ 03 ① 04 ⑤

01 | 자료 분석하기 |



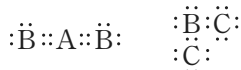
알짜풀이 ● O^{2-} , F^{-} , Na^{+} , Mg^{2+} 은 등전자 이온이므로 원자 번호가 클수록 핵전하량이 커서 이온 반지름이 작다. 이온 반지름의 크기가 $A < B < C < D$ 이므로, A, B, C, D는 각각 Mg, Na, F, O이다.

ㄱ. B는 3주기 1족인 Na이고, C는 2주기 17족인 F이다.
ㄴ. AD는 MgO으로 +2와 -2의 전하를 띠고 있으며, BC는 NaF으로 +1과 -1의 전하를 띠고 있다. 따라서 녹는점은 이온의 전하량이 큰 AD가 BC보다 높다.

오답نب기 ● ㄷ. $C_2(F_2)$ 의 공유 전자쌍은 1개, $D_2(O_2)$ 의 공유 전자쌍은 2개이다. ㉓ ③

02

알짜풀이 ● A, B, C는 2주기 원소이며, A는 원자가 전자 수가 4이므로 탄소(C), B는 원자가 전자 수가 6이므로 산소(O), C는 원자가 전자 수가 7이므로 플루오린(F)이다. 3원자 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



ㄱ. 한 분자를 구성하는 B 원자의 수는 (가)는 2개, (나)는 1개이다.

ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)는 4, (나)는 2이다.

오답نب기 ● ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)는 4, (나)는 8이다. ㉓ ③

03

알짜풀이 ● ㄱ. H는 1주기 원소이고, X는 2주기 이상의 원소이므로, 원자 반지름의 크기는 $H < X$ 이다. 따라서 H_2 의 핵 간 거리는 a이고, 결합 에너지는 E_3 이다.

오답نب기 ● ㄴ. 단일 결합인 HX에서 X의 전기 음성도가 H보다 크므로 HX는 극성 분자이다. X가 공유 전자쌍을 더 강하게 당겨서 HX의 핵 간 거리는 H의 공유 반지름과 X의 공유 반지름의 합보다 작아지게 된다. 즉, $a + c > 2b$ 이다.

ㄷ. 결합이 달라지면 기존 결합과는 전혀 다른 새로운 결합이 생성되므로 HX의 결합 에너지는 H_2 나 X_2 의 결합 에너지와 관계가 없다. ㉓ ①

● 보충 설명 ●

원자 반지름의 변화

- 같은 주기 : 원자 번호가 클수록 원자 반지름 감소
- 같은 족 : 원자 번호가 클수록 원자 반지름 증가

● 보충 설명 ●

공유 결합 물질의 녹는점과 녹는점은 대체적으로 낮지만 다이아몬드, 석영 등과 같이 원자들이 인접한 원자와 연속적으로 공유 결합하여 그물처럼 연결되어 이루어진 것은 녹는점과 끓는점이 높아요. 이를 공유 결합이라고 해요.

● 보충 설명 ●

전자 친화도와 전기 음성도의 차이

전자 친화도는 기체 상태의 중성 원자가 전자를 얻어서 -1가의 음이온이 될 때 방출하는 에너지를 의미하고, 전기 음성도는 공유 결합한 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 상대적 힘의 크기를 상대적으로 나타낸 것이예요.

● 필수 자료 ●

무극성 분자에서 두 원자 사이의 핵 간 거리는 두 원자의 원자 반지름의 합과 같아요. 그러나 극성 분자에서 두 원자 사이의 핵 간 거리는 두 원자 반지름의 합보다 작아요.

04

알짜풀이 ● ㄱ. A는 고체와 액체에서 전기 전도성이 있으므로 금속이다. 녹는점과 끓는점이 각각 일정한 순물질이므로, A는 금속 원소 한 가지로 이루어 있다. 따라서 A는 원소(홀원소 물질)이다.

ㄴ. B와 D는 모두 고체와 액체에서 전기를 통하지 않으므로 공유 결합으로 생성된 물질이다. 다이아몬드와 같이 원자들이 공유 결합하여 그물처럼 연결되어 이루어진 것은 녹는점과 끓는점이 높다.

ㄷ. C는 액체에서는 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다. 따라서 수용액에는 양이온과 음이온이 존재한다. ㉓ ⑤

III. 아름다운 분자 세계

08 분자의 구조

꼭 나오는

중 단 원 별 문제 점검하기

○ 별책 25~26쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ④ 04 ④ 05 ④ 06 ② 07 ①
08 ④ 09 ⑤ 10 (나), (라) 11 (1) (나), (라) (2) (라), (마)
(3) (가) 12 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01

알짜풀이 ● ⑤ 전기 음성도가 다른 원자들이 전자쌍을 공유하여 극성 공유 결합을 하더라도 분자 구조가 대칭이면 무극성 분자이다.

오답نب기 ● ①, ② 전기 음성도란 결합하는 원자들이 공유 전자쌍을 끌어당기는 상대적인 힘의 크기이다. 비금속성이 큰 원소일수록 전기 음성도가 큰 경향이 있다.

③, ④ 전기 음성도가 다른 원자들이 결합하여 형성된 결합은 극성 공유 결합이다. 전기 음성도가 같은 원자끼리의 결합은 무극성 공유 결합이다. ㉓ ⑤

02

알짜풀이 ● ㄱ. 같은 원자가 결합하여 이루어진 H_2 는 무극성 공유 결합으로 이루어진 무극성 분자이다.

ㄴ. CO_2 는 C와 O 사이에 극성 공유 결합으로 이루어진 분자이다. 그러나 CO_2 는 대칭 구조를 이루어 쌍극자 모멘트의 합이 0이므로 무극성 분자이다.

ㄷ. H_2S 는 H와 S 사이의 극성 공유 결합으로 이루어진 분자이다. H_2S 는 비대칭 구조로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니므로 극성 분자이다. ㉓ ⑤

03

알짜풀이 ● ㄱ. 분자 구조가 (가) 굽은형, (나) 삼각뿔형, (다) 정사면체이다.

따라서 쌍극자 모멘트의 합이 0보다 큰 분자는 대칭 구조가 아닌 극성 분자인 (가)와 (나)이며, 쌍극자 모멘트 합이 0인 분자는 대칭 구조인 무극성 분자인 (다)이다.

ㄷ. 중심 원자의 원자가 전자 수 = 공유 전자쌍 수 + (비공유 전자쌍 수 × 2)이다.

원자가 전자 수는 A가 $2 + (2 \times 2) = 6$, B는 $3 + (1 \times 2) = 5$, C는 4이다.

오답نب기 ● 나. 굽은형인 (가)는 평면 구조, 삼각뿔형인 (나)와 정사면체인 (다)는 입체 구조이다. ㉡ ④

04

알짜풀이 ● (가)는 직선형, (나)는 평면 삼각형, (다)는 정사면체, (라)는 삼각뿔형, (마)는 굽은형의 분자 구조이다.

ㄱ. 입체 구조인 것은 (다)의 정사면체와 (라)의 삼각뿔형 두 가지이다.

ㄴ. 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 (가), (나), (다)는 0개이고, (라) NF_3 는 1개, (마) OF_2 는 2개이다.

따라서 비공유 전자쌍이 존재하는 분자는 두 가지이다.

오답نب기 ● 나. 결합각은 (가)는 180° 이고 (나)는 120° , (다)는 109.5° , (라)와 (마)는 비공유 전자쌍 사이의 반발력 때문에 109.5° 보다 결합각이 작다. 따라서 (다)보다 결합각이 큰 것은 (가)와 (나) 두 가지이다. ㉡ ④

05

알짜풀이 ● 기체 상태에서 자기장의 영향을 받는 분자는 극성을 나타내는 분자이다. 분자 구조가 비대칭 구조로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 분자가 극성 분자이며, (라)와 (마)가 해당한다. ㉡ ④

06

알짜풀이 ● (가) A와 C의 전기 음성도 차이는 2.5이므로 이온 결합을 형성한다.

(나) H와 B의 전기 음성도 차이는 0.4 정도이므로 극성 공유 결합을 형성한다. ㉡ ②

07

알짜풀이 ● ㄱ. 14족 원소의 주기가 커질수록 끓는점이 높아지므로 같은 경향성을 나타내는 것은 분자량의 크기이다. 주기가 커질수록 중심 원자의 원자량이 증가하므로 분자량이 커진다.

오답نب기 ● 나. 공유 전자쌍의 수는 4개로 모두 같다.

ㄴ. 결합하는 두 원자 사이, 즉 C-H, Si-H, Ge-H, Sn-H 사이의 쌍극자 모멘트의 크기는 14족 원소의 주기가 커질수록 작아진다. 이는 같은 족에서 주기가 커질수록 전기 음성도가 감소하여 중심 원자와 수소 원자 간 전기 음성도 차이가 점차 감소하기 때문이다. ㉡ ①

08

알짜풀이 ● 나, 다. 분자의 구조는 중심 원자의 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 반발 방향 중 공유 전자쌍의 방향과 일치한다. 중심 원자를 둘러싼 전자쌍 수에 따라 전자쌍의 반발 방향이 정해지고, 이중 다른 원자가 결합되는 공유 전자쌍의 방향이 분자 구조가 된다.

오답نب기 ● ㄱ. 쌍극자 모멘트의 크기는 구성 원자의 전기 음성도 크기와 분자 구조에 따라 달라진다. ㉡ ④

09

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 정사면체, (나)는 삼각뿔형, (다)는 굽은형이므로 (가)와 (나)는 입체 구조이다.

우공비 BOX

쉽게쉽게

전자쌍 수가 같을 때 비공유 전자쌍의 수가 많을수록 결합각은 작아져요.

보충 설명

한 분자 내에서 부분적인 (+)전하와 (-)전하를 띠는 경우 극성 분자라고 해요. 극성 분자는 비대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니에요.

용어 알기

배위 결합

한 원자가 일반적으로 비공유 전자쌍을 제공하여 공유하는 결합으로 공유 결합의 일종이에요.

나. (가)의 결합각은 109.5° 이고, (나)와 (다)는 비공유 전자쌍의 반발력으로 인해 109.5° 보다 작다.

ㄴ. (나)와 (다)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 비대칭 구조의 극성 분자이다. 따라서 기체 분자들이 전기장 내에서 전기장의 영향을 받아 일정한 방향으로 배열한다. ㉡ ⑤

10 | 자료 분석하기 |

● 전자쌍 수 : 전자쌍 반발 방향 결정

⇒ 2개 - 직선형, 3개 - 삼각형, 4개 - 정사면체

● 분자 모양 : 전체 전자쌍의 반발 방향 중 공유 전자쌍의 반발 방향과 일치한다.

⇒ (가) 직선형, (나) 굽은형, (다) 평면 삼각형, (라) 삼각뿔형

비공유 전자쌍이 없고, 대칭 구조를 이룬다. ⇒ 무극성 분자

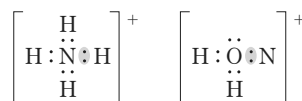
플루오린 화합물	(가)	(나)	(다)	(라)
	AF_2	BF_2	CF_3	DF_3
공유 전자쌍 수	2	2	3	3
비공유 전자쌍 수	0	2	0	1

비공유 전자쌍을 지닌 분자는 극성을 나타낸다.
⇒ 극성 분자

알짜풀이 ● 자기장에서 일정한 방향으로 배열되는 물질은 극성 물질이며, 비공유 전자쌍을 지닌 (나)와 (라)가 극성 물질이다. 분자 구조는 (나) 굽은형, (라) 삼각뿔형이다. (가)는 직선형, (다)는 평면 삼각형으로 무극성을 띠므로 자기장에서 일정한 방향으로 배열되지 않는다. ㉡ (나), (라)

11

(1) **알짜풀이** ● 배위 결합에 의해 형성된 것은 NH_4^+ 와 H_3O^+ 이다.



● 배위 결합

㉡ (나), (라)

(2) **알짜풀이** ● AB_3 형태인 (라)와 (마)는 중심 원자가 비공유 전자쌍 1개를 지니고 있으므로 모두 삼각뿔형의 구조이다. (가)는 직선형, (나)는 정사면체, (다) 굽은형, (바)는 평면 삼각형 구조이다. ㉡ (라), (마)

(3) **알짜풀이** ● (가)는 직선형 구조이므로 결합각이 180° 로 가장 크다. ㉡ (가)

12

(1) **모범답안** ● 쌍극자 모멘트의 합이 0인 물질은 무극성 분자이고, 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 물질은 극성 분자이다. CF_4 는 대칭 구조로 쌍극자 모멘트의 합이 0인 무극성 분자이고, CH_3F , CH_2F_2 , CH_3F 은 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니므로 극성 분자이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %

(2) **모범답안** ● CF_4 , CF_4 는 정사면체 구조로 무극성 물질이므로 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는다.

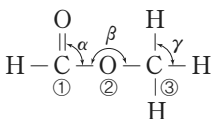
채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② CF ₄ 만 바르게 고른 경우	30 %

어려운
[중·원·별 문제] 정복하기

01 ② 02 ⑤ 03 ① 04 ②

별책 27쪽

01 | 자료 분석하기 |



- ① C를 중심으로 공유 전자쌍이 3개이므로 C를 중심으로 한 분자 모양은 삼각형이다.
- ② O를 중심으로 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍이 각각 2개이므로 O를 중심으로 한 분자 모양은 굽은형이다.
- ③ C를 중심으로 공유 전자쌍이 4개이므로 C를 중심으로 한 분자 모양은 사면체이다.

알짜풀이 ● ㄴ. 결합각의 크기는 α 는 120° 정도, β 는 104° 정도, γ 는 109.5° 정도이므로 $\alpha > \gamma > \beta$ 이다.

오답넘기 ● ㄱ. 비공유 전자쌍은 각 산소에 2개씩 존재하므로 총 4개이다.

ㄷ. 결합각 γ 를 이루는 C를 중심으로 공유 전자쌍이 4개이므로 C를 중심으로 한 분자 모양은 입체 구조이다. 따라서 모든 구성 원자들이 동일 평면에 존재하지 않는다. ㉑ ②

02

알짜풀이 ● (나)에서 B의 원자가 전자 수는 6이므로 B의 총 전자 수는 8이며 원자 번호는 8이다. (가)에서 B는 이온으로 될 때 전자 2개를 얻어 B^{2-} 이 되며, A와 B는 1:1의 개수 비로 결합하므로 A의 이온은 $+2$ 가의 양이온이다. 따라서 A의 총 전자 수는 12이며 원자 번호는 12이다. 따라서 A와 B의 원자 번호 차이는 4이다.

ㄴ. (나)에서 C는 원자가 전자가 4인 14족 원소이고, B는 원자가 전자가 6인 16족 원소이므로 두 원소의 전기 음성도가 다르다. 따라서 (나)는 C와 B 사이의 극성 공유 결합으로 이루어진다.

ㄷ. (가)의 AB는 이온 결합 물질이고, (나)의 CB_2 는 극성 공유 결합 물질이므로, A와 B의 전기 음성도 차이는 C와 B의 전기 음성도 차이보다 크다. ㉑ ⑤

03

알짜풀이 ● ① NH_3 의 비공유 전자쌍을 H^+ 과 공유하므로 NH_4^+ 에는 비공유 전자쌍이 없다.

오답넘기 ● ② NH_3 의 분자 모양은 삼각뿔형이고, NH_4^+ 의 분자 모양은 정사면체이다. NH_3 의 중심 원자인 N에는 비공유 전자쌍이 존재하고, NH_4^+ 의 중심 원자인 N에는 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 반발력이 큰 NH_3 의 결합각이 NH_4^+ 보다 작다.

●보충 설명●

다중 결합과 전자쌍 반발

다중 결합은 두 원자 사이에 전자구름이 겹쳐 있는 것이므로 분자 구조를 예측할 때에는 단일 결합으로 간주하고 전자쌍 반발 원리를 적용시키면 돼요.

●필수 자료●

전자쌍 사이의 반발력의 크기는 비공유-비공유 > 공유-비공유 > 공유-공유 전자쌍에요. 따라서 중심 원자가 포함하는 비공유 전자쌍 수가 많을수록 결합각이 작아지게 돼요.

③ BF_3 에서 B-F 사이의 결합은 서로 다른 원자 사이의 결합이므로 극성 공유 결합이다.

④ BF_3 의 분자 모양은 평면 삼각형이므로 평면 구조이다.

⑤ BF_4^- 의 중심 원자인 B는 공유 전자쌍만 4개이므로 BF_4^- 의 분자 모양은 정사면체이다. ㉑ ①

04

알짜풀이 ● 분자 모양이 평면 구조인 것은 BeH_2 과 H_2O 이다. BeH_2 은 결합각이 180° 로 가장 크므로 (가)는 H_2O 이고, (다)는 BeH_2 이다.

(나)와 (라)를 전기장에 놓았을 때 (라)만 일정한 방향으로 배열하므로 (라)는 극성 분자로 NH_3 이다. 따라서 (나)는 CCl_4 이다. ㉑ ②

III. 아름다운 분자 세계

09 탄소 화합물

꼭 나오는

[중·원·별 문제] 점검하기

별책 28~29쪽

- 01 ③ 02 ① 03 ③ 04 ③ 05 ④ 06 ⑤ 07 ①
08 ② 09 ④ 10 (1) (가) 뷰텐 (나) 사이클로뷰텐인 (2) (나) (3) 해설 참조 11 (1) (가), (나), (다) (2) (가), (라) (3) (나) 12 (1) 핵선 (2) (가)

01

알짜풀이 ● ③ 탄소 수가 4 이상인 알케인들은 이성질체를 갖는다. CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 은 이성질체가 없다.

오답넘기 ● ①, ⑤ 알케인은 탄소에 수소가 가장 많이 결합되어 있는 포화 탄화수소로서 일반식이 C_nH_{2n+2} 이고, 탄소 원자 사이의 결합이 모두 단일 결합이다.

②, ④ 각 탄소 원자를 중심으로 사면체 구조를 하므로 입체 구조이며, 다른 물질과의 반응성이 크지 않아서 반응이 잘 일어나지 않는다. ㉑ ③

02

알짜풀이 ● 이성질체는 분자식이 같지만 구조가 다른 화합물이므로 분자량은 같지만 끓는점, 녹는점 등이 물질의 성질이 다른 물질이다.

오답넘기 ● ㉑ 이성질체는 분자식이 달라도 실험식은 같을 수 있기 때문에 실험식은 적당하지 않다.

㉒ 이성질체의 성분 원소들은 같다. 하지만 이성질체가 아니더라도 성분 원소들이 같을 수 있기 때문에 성분 원소는 적당하지 않다. ㉑ ①

03

알짜풀이 ● 단일 결합의 포화 탄화수소이며, 이성질체가 존재하는 것은 뷰텐(C_4H_{10})이다.

오답넘기 ● CH_4 과 C_3H_8 은 이성질체가 없으며, 사슬 모양인 경우 C_3H_{10} 과 C_6H_{12} 은 2중 결합을 지니고 있는 불포화 탄화수소이다. ㉑ ③

04

알짜풀이 ● ㄱ. α 의 결합각을 나타내는 탄소를 중심으로 평면 삼각형이므로 α 는 120° 정도이다. β 의 결합각을 나타내는 탄소를 중심으로 사면체형이므로 β 는 109.5° 정도이다.
 ㄴ. (가)와 (나)에는 각각 2중 결합이 존재하고 있으므로 불포화 탄화수소이다.

오답نب기 ● ㄷ. (가)와 (나)는 분자식이 C_4H_8 로 같지만 2중 결합의 위치가 다른 이성질체이다. 이성질체는 서로 다른 물질이므로 (가)와 (나)는 끓는점이 같지 않다. ㉔ ③

05

알짜풀이 ● ㄴ. 세 가지 모두 탄소 수가 2이므로 모두 사슬 모양 탄화수소이다.

ㄷ. 탄소와 수소로만 이루어져 있으므로 완전 연소 생성물은 CO_2 와 H_2O 이다.

오답نب기 ● ㄱ. C_2H_4 , C_2H_2 는 탄소와 수소가 모두 같은 평면에 있는 평면 구조이고, C_2H_6 는 입체 구조이다. ㉔ ④

06

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 사이클로프로페인은 고리 모양의 포화 탄화수소로, 탄소와 탄소가 모두 단일 결합이고, 삼각형 구조이므로 $\angle CCC$ 의 결합각은 약 60° 이다.

ㄷ. 사이클로프로페인은 분자식이 C_3H_6 로 프로펜과 같으므로 프로펜과 이성질체 관계이다. ㉔ ⑤

07

알짜풀이 ● ㄱ. 탄화수소 중 탄소에 수소가 최대로 결합되어 있는 물질을 포화 탄화수소라고 한다. (가)와 (나)는 탄소 원자 사이의 결합이 모두 단일 결합이므로 수소가 최대로 결합된 포화 탄화수소이다.

오답نب기 ● ㄴ. (가)의 분자식은 C_2H_6 이고, (나)의 분자식은 C_3H_6 이다. (가)와 (나)의 분자식이 다르므로 (가)와 (나)는 이성질체가 아니다.

ㄷ. (나)를 구성하는 탄소(C) 원자들은 동일 평면에 존재하지만, 각 C에 결합하는 2개씩의 수소 원자들은 C 원자들이 속한 평면과는 어긋나 있는 입체 구조이다. ㉔ ①

08

알짜풀이 ● ㄴ. 벤젠은 공명 구조로 탄소 사이의 결합 길이가 모두 같은 평면 정육각형의 구조를 나타낸다.

오답نب기 ● ㄱ. 벤젠(C_6H_6)은 불포화 탄화수소이며, 탄소 수가 6인 고리 모양 포화 탄화수소의 분자식은 C_6H_{12} 이다.

ㄷ. 벤젠의 분자식은 C_6H_6 이므로 완전 연소 시 생성되는 분자 수비는 $CO_2 : H_2O = 2 : 1$ 이다. ㉔ ②

09

알짜풀이 ● ㄱ. (가)와 (나)는 분자식이 C_6H_{12} 로 같으므로 이성질체 관계이다. 탄소 수가 같은 알켄과 사이클로알케인은 이성질체 관계이다.

ㄷ. (나)는 탄소 원자 간 결합 길이가 모두 단일 결합으로 같고, (다)는 공명 구조로 탄소 원자 간 결합 길이가 모두 같다.

오답نب기 ● ㄴ. (가)는 2중 결합을 중심으로 한 탄소 원자는

우공비 BOX

용어 알기

2중 결합

두 원자가 2개의 공유 전자 쌍을 공유하여 이루어지는 결합

보충 설명

탄화수소는 성분 원소가 탄소와 수소이므로 완전 연소 반응이 일어나면 이산화탄소와 물이 생성돼요. 그런데 탄화수소가 연소될 때 산소가 부족하면 일산화탄소, 그을음 등이 함께 발생하는 데 이러한 연소 반응을 불완전 연소라고 해요.

같은 평면에 위치하나 $-CH_3$ 를 중심으로는 입체 구조이다. (다)만 평면 구조이다. ㉔ ④

10

(1) **알짜풀이** ● (가)는 탄소 수가 4이고 2중 결합이 있으므로 뷰텐, (나)는 탄소 수가 4이고 고리 모양이므로 사이클로뷰테인이다. ㉔ (가) 뷰텐 (나) 사이클로뷰테인

(2) **알짜풀이** ● 포화 탄화수소는 단일 결합으로만 이루어진 물질이므로 (나)이다. ㉔ (나)

(3) **모범답안** ● (가)와 (나) 모두 분자식은 C_4H_8 이다. 분자식이 서로 같으므로 완전 연소시켰을 때 생성되는 CO_2 와 H_2O 의 분자 수는 서로 같다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %

11

(1) **알짜풀이** ● 고리 모양 탄화수소는 (라)이며, 나머지는 사슬 모양이다. ㉔ (가), (나), (다)

(2) **알짜풀이** ● 단일 결합으로만 이루어진 (가)와 (라)는 포화 탄화수소이다. ㉔ (가), (라)

(3) **알짜풀이** ● 3중 결합 물질인 (나)만 직선형 구조이므로 평면 구조이다. 나머지 물질은 나타내지 않은 수소 원자들이 지 고려하면 모두 입체 구조이다. ㉔ (나)

12

(1) **알짜풀이** ● 분자식이 사이클로헥세인(C_6H_{12})과 같은 사슬 모양 탄화수소는 2중 결합을 1개 포함하는 헥센이다. ㉔ 헥센

(2) **알짜풀이** ● 사이클로헥세인은 의자 모양인 (가)가 배 모양인 (나)보다 더 안정하다. (가) 구조와 같이 원자들이 서로 엇갈렸을 때 원자들 간의 반발력이 (나)보다 작으므로 (가)가 (나)보다 안정하다. ㉔ (가)

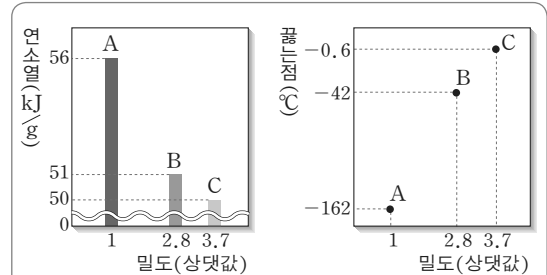
아래

[중·원·별 문제 정복하기]

● 별책 30쪽

01 ② 02 ① 03 ④ 04 ③

01 | 자료 분석하기 |



- 단위 부피당 연소열(kJ/L)은 단위 질량당 연소열(kJ/g) × 밀도(g/L)로 구한다. ➔ 단위 부피당 연소열은 C가 가장 크다.
- 밀도가 증가할수록 끓는점이 높아진다.

알짜풀이 ● ㄴ. 단위 부피당 연소열은 다음과 같다.

$$A : 56 \times 1 = 56 (\text{kJ/L})$$

$$B : 51 \times 2.8 = 142.8 (\text{kJ/L})$$

$$C : 50 \times 3.7 = 185 (\text{kJ/L})$$

오답넘기 ● ㄱ. A, B, C는 끓는점이 모두 25℃보다 낮으므로 25℃에서 기체 상태로 존재한다. 기체는 같은 압력과 같은 온도에서 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 존재한다. 이로부터 밀도가 클수록 한 분자당 질량, 즉 분자량이 크다는 것을 알 수 있고, 한 분자당 탄소 수는 분자량이 클수록 많으므로 C가 가장 많다.

ㄷ. 그래프에서 밀도가 증가할수록 끓는점이 높아지는 것을 확인할 수 있다. ㉔ ②

02

알짜풀이 ● ㄱ. (가)의 공명 구조에서는 탄소-탄소 간 결합 길이가 모두 같은데, (나)의 구조에서는 단일 결합과 2중 결합이 교대로 존재하므로, 탄소 원자 간 결합 길이가 다르다.

오답넘기 ● ㄴ. (가)와 (나) 모두 분자식은 C_6H_6 로 변하지 않으므로 분자량은 변하지 않는다.

ㄷ. (가)는 평면 정육각형이지만 (나)는 평면 육각형이다. (나)의 구조에서 각 탄소를 중심으로 평면 삼각형 구조이기 때문이다. 따라서 (가)와 (나) 모두 평면 구조이다. ㉔ ①

03

알짜풀이 ● ㄱ. (가)와 (나)는 분자식이 C_4H_8 로 같은 이성질체이므로 분자식과 분자량이 같다.

ㄷ. 2중 결합을 하는 탄소를 중심으로 평면 삼각형 구조이므로 탄소 원자핵들은 모두 같은 평면에 있다.

오답넘기 ● ㄴ. (가)와 (나)는 이성질체로서 서로 다른 물질이다. 따라서 물질이 다르므로 끓는점은 서로 다르다. ㉔ ④

04 | 자료 분석하기 |

	(가)	(나)	(다)
구조			
분자식	C_6H_{12}	C_6H_{10}	C_6H_6
물질명	사이클로헥세인	사이클로헥센	벤젠

- (가)는 포화 탄화수소, (나)와 (다)는 불포화 탄화수소이다.
- 결합 길이는 $a > c > b$ 이다.

알짜풀이 ● ㄱ. 1몰을 완전 연소시킬 때 필요한 산소의 양이 가장 많은 것은 수소 수가 가장 많은 (가)이다.

ㄷ. (가)는 단일 결합이고 안정된 탄화수소로서 탄소를 중심으로 사면체 구조이므로 탄소-탄소 사이의 결합각이 약 109.5°이다. (다)는 평면 정육각형 구조이므로 결합각은 120°이다.

오답넘기 ● ㄴ. 탄소 사이의 결합 길이는 단일 결합 > 벤젠에서의 결합 > 2중 결합의 순이다. 따라서 탄소 사이의 결합 길이가 가장 짧은 것은 2중 결합을 포함하는 화합물인 (나)에 있다. ㉔ ③

조심조심

벤젠의 구조

- (가)와 같이 단일 결합과 2중 결합이 아닌 일정한 길이의 공명 구조로 이루어져요.
- (나)와 같이 구조식을 나타내는 것은 2중 결합과 단일 결합으로 이루어진 것을 나타내는 것이 아니라 결합 수의 비를 편의상 나타내는 것이에요.

보충 설명

기하 이성질체

(가), (나)와 같이 분자식은 같지만 구성 원자들의 공간상에서의 배치가 달라서 성질이 다른 물질이에요.

조심조심

금속과 금속 이온의 반응에서 반응한 금속 이온의 전하와 생성된 금속 이온의 전하가 다르면 용액 속의 양이온 수가 달라져요

보충 설명

금속의 반응성과 부식

금속의 부식은 금속이 산화되기 때문에 생기는 현상입니다. 어떤 금속이 먼저 산화되어 전자를 내놓으면, 그 전자를 산소가 얻어 환원되므로 상대적으로 반응성이 작은 금속은 부식되지 않는다는 것을 기억하세요.

쉽게쉽게

(가)~(다)의 탄소 수는 같으므로 수소 수만 비교하면 돼요.

10 산화-환원 반응

꼭 나오는

중 단 원 별 문제 점검하기

○ 별책 31~32쪽

- 01 ③ 02 ② 03 ⑤ 04 ③ 05 ④ 06 ③ 07 ④
08 ① 09 ㉠ CO ㉡ Fe_2O_3 10 (1) (가)와 (다) (2) (가)와 (라) 11 해설 참조

01

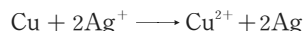
알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 흡원소 물질인 탄소의 산화수는 0이고, 이산화 탄소에서 탄소의 산화수는 +4이다.

ㄴ. (가)에서 산화 구리(II)의 구리 이온은 구리로 환원되고, 탄소는 이산화 탄소가 산화된다.

오답넘기 ● ㄷ. (나)에서는 산화수가 변하는 물질이 없으므로 (나) 반응은 산화-환원 반응이 아니다. ㉔ ③

02

알짜풀이 ● 용액 중에서 일어나는 산화-환원 반응식은 다음과 같다.



② 전자는 구리에서 은 이온으로 이동한다.

○ **오답넘기** ● ①, ③ 구리 1몰이 산화되어 구리 이온(Cu^{2+})이 될 때, 은 이온(Ag^+) 2몰이 환원되어 구리 선에 달라붙는다. 이때 원자량은 $Cu < Ag$ 이므로 구리 선의 질량은 증가한다. 또한 은 이온 2몰이 반응할 때 구리 이온 1몰이 생성되므로 용액 속의 양이온 수는 감소한다.

④ 구리 선 표면에서 은 이온이 구리가 내놓은 전자를 얻어 환원된다.

⑤ 구리가 산화되어 구리 이온(Cu^{2+})이 되므로 용액은 구리 이온에 의해 푸른색을 나타낸다. ㉔ ②

03 | 자료 분석하기 |



- 금속 B가 A보다 먼저 산화된다. ➔ B는 A보다 산화되기 쉽다.
- B는 전자를 내놓고 산화되고, 이 전자를 물속의 산소가 받아 환원된다.

알짜풀이 ● ⑤ 물방울에 소금과 같은 전해질이 녹아 있으면 전자의 이동이 빨라져 B의 부식이 빨라진다.

오답넘기 ● ① B가 A보다 먼저 산화되고, A는 산화되지 않는다.

② A보다 B의 표면이 먼저 부식된 것으로 보아 B는 A보다 산화되기 쉽다.

③ B가 산화되면서 전자를 내놓으며, 이 전자는 B에서 물 속에 녹아 있는 산소로 이동한다.

④ B에 A를 부착하면 반응성이 큰 B가 먼저 산화되므로 B의 부식이 더 빨라진다. **답 ⑤**

04

알짜풀이 ● ㄱ. 산소는 금속 원소보다 전기 음성도가 크고, 전자를 얻으려는 경향이 크다. 금속 X가 Fe보다 먼저 산화되어 전자를 내놓고, 산소가 이 전자를 얻어 환원된다. 즉, ㉠에 해당하는 물질은 산소이다.

ㄴ. 금속 X를 Fe에 부착시켰을 때 X가 Fe보다 먼저 산화되어 부식된 것으로 보아 X가 Fe보다 산화되기 쉽다는 것을 알 수 있다.

오답남기 ● ㄷ. X가 전자를 잃고 산화되고, X가 내놓은 전자를 물에 녹은 산소가 얻어 환원된다. X가 남아 있는 동안에는 Fe이 산화되지 않으므로 Fe은 산화제 또는 환원제가 아니다. **답 ③**

05

알짜풀이 ● ④ 전기 음성도는 수소 > 알칼리 금속이므로 수소가 알칼리 금속과 결합하면 수소의 산화수는 -1이 된다.

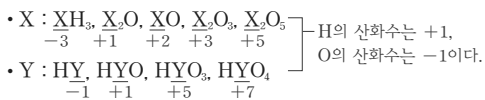
오답남기 ● ① 산화수가 증가하면 산화 반응이고, 산화수가 감소하면 환원 반응이다.

② 전기 음성도는 플루오린 > 산소이므로 산소가 플루오린과 결합할 때는 산소는 (+)의 산화수를 가지게 된다.

③ 어떤 원자가 원자가 전자를 모두 잃었을 때가 그 원자의 최대 산화수이다. 즉, 최대 산화수는 그 원자의 원자가 전자수와 같다.

⑤ 공유 결합 물질에서는 공유 전자쌍이 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 치우치므로, 물질을 구성하는 원소의 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 갖는다고 가정할 때 각 구성 원자가 가지는 전하를 산화수로 정한다. **답 ④**

06 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. X의 최대 산화수는 +5이다.

ㄴ. Y의 최대 산화수는 +7이다.

오답남기 ● ㄷ. 원자의 최고 산화수는 원자가 전자 수를 넘지 못하므로 원자가 전자 수는 최대 산화수가 큰 Y가 X보다 많다. **답 ③**

07

알짜풀이 ● ㄴ. 전기 음성도는 H가 Cl보다 작으므로 (나)에서 수소와 염소가 반응하여 HCl를 형성할 때 수소는 산화수가 0 → +1로 증가한다.

ㄷ. Cl는 (가)와 (나)에서 산화수가 0 → -1로 감소(환원)하므로, Cl₂는 두 반응 모두에서 산화제로 작용한다.

오답남기 ● ㄱ. (가)에서 금속 원소인 Na은 비금속 원소인 Cl₂와 반응하여 NaCl을 형성할 때 전자를 잃고 산화된다. **답 ④**

우공비 BOX

조심조심

철에 철보다 산화되기 쉬운 금속을 부착하면 그 금속이 먼저 산화되면서 물에 녹은 산소가 환원되고, 철보다 산화되기 어려운 금속을 부착하면 철이 먼저 산화되면서 물에 녹은 산소가 환원됩니다. 이때 반응성이 작은 금속이 환원되는 것이 아님에 주의하세요.

필수 자료

물질의 산화-환원

구분	산화	환원
산소	얻음	잃음
전자	잃음	얻음
산화수	증가	감소

08

(가) OF₂에서 F의 전기 음성도가 O보다 크므로 F의 산화수가 -1이고, O의 산화수는 +2이다.

(나) H₂O₂에서 H의 산화수는 +1이므로 O의 산화수는 -1이다.

(다) Na₂O에서 Na의 산화수는 +1이므로 O의 산화수는 -2이다. **답 ①**

09

알짜풀이 ● 어떤 원자나 화합물이 산소와 결합하면 산화되고, 산소를 잃으면 환원이다. 따라서 CO는 산소와 결합하여 산화되고, Fe₂O₃은 산소를 잃고 환원된다.

답 ① CO **답 ②** Fe₂O₃

10 | 자료 분석하기 |

구분	(가)	(나)	(다)	(라)
실험 장치				
조건	산소 ○, 물 ○	산소 ○, 물 ×	산소 ×, 물 ○	산소 ○, 물 ○, 전해질 ○

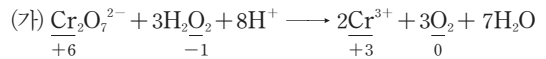
• 시험관 (가)와 (나) 비교 : 물의 영향 확인
 • 시험관 (가)와 (다) 비교 : 산소의 영향 확인
 • 시험관 (가)와 (라) 비교 : 전해질의 영향 확인

(1) **알짜풀이** ● (가)와 (다) 시험관의 철 못의 부식 정도를 비교하면 산소가 철의 부식에 미치는 영향을 알 수 있다. **답 (가)와 (다)**

(2) **알짜풀이** ● (가)와 (라) 시험관의 철 못의 부식 정도를 비교하면 전해질이 철의 부식에 미치는 영향을 알 수 있다. **답 (가)와 (라)**

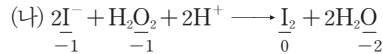
11

알짜풀이 ● (가)와 (나)에서 각 원소의 산화수 변화는 다음과 같다.



• 산화되는 물질 : H₂O₂

• 환원되는 물질 : Cr₂O₇²⁻



• 산화되는 물질 : I⁻

• 환원되는 물질 : H₂O₂

모범답안 ● Cr₂O₇²⁻, (가)에서 자신이 환원되면서 H₂O₂를 산화시킨 것은 Cr₂O₇²⁻이므로 Cr₂O₇²⁻은 H₂O₂보다 환원되기 쉽다. 또 (나)에서 자신이 환원되면서 I⁻을 산화시킨 것은 H₂O₂이므로 H₂O₂는 I⁻보다 환원되기 쉽다. 따라서 환원되기 가장 쉬운 물질은 Cr₂O₇²⁻이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 가장 환원되기 쉬운 물질만 바르게 쓴 경우	40 %

중·단원 별 문제 정복하기

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ③

0 별책 33쪽

01 | 자료 분석하기 |



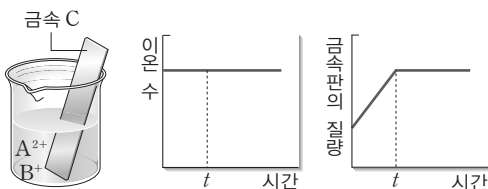
- (가)에서 수용액 속의 Cu^{2+} 이 금속 구리로 석출된다. $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu} \Rightarrow$ 산화 - 환원 반응은 동시에 일어나므로 넣어 준 금속 A가 산화되면서 전자를 잃고, 이 전자를 Cu^{2+} 이 얻어 환원된다.
- (나)에서 수용액 속에 들어 있던 Cu^{2+} , A 이온이 금속으로 석출되었으므로 Cu^{2+} 과 A 이온은 전자를 얻어 환원된다. \Rightarrow 금속 B가 산화된다.
- (다)에서 수용액 속에는 A 이온, B 이온이 존재한다. 금속 C를 넣으면 A와 B가 석출되므로 금속 C가 산화된다. \Rightarrow 전자를 잃고 산화되기 가장 쉬운 금속은 C이다.

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 넣어 준 금속 A가 산화되면서 내놓은 전자를 구리 이온이 얻어 금속 구리로 환원되어 석출된다. ㄴ. (나)에서 수용액 속에 존재하던 Cu^{2+} , A 이온이 금속으로 석출되었으므로 전자를 얻어 환원된 것이다. ㄷ. (다)에서 A 이온과 B 이온이 모두 석출된 것으로 보아 금속 C는 전자를 잃고 산화되었다. 즉, 금속 중에서 전자를 잃고 산화되기 가장 쉬운 것은 C이다. ㉡ ⑤

02

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 HCl의 수소 이온은 전자를 얻어 환원되어 수소 기체가 되므로 Mg를 산화시키는 산화제이다. ㄴ. (다)에서 Cl_2 는 Mg와 반응할 때 Mg으로부터 전자를 얻어 환원된다. ㄷ. (가)~(다)에서 Mg는 모두 전자를 잃고 산화된다. 반응에서 Mg의 산화수는 0에서 +2로 증가한다. ㉡ ⑤

03 | 자료 분석하기 |



- A^{2+} 과 B^{+} 이 들어 있는 용액에 금속 C를 넣었을 때 이온 수 변화가 없으므로 반응을 하지 않았거나 반응한 이온과 생성된 이온의 전하가 같은 경우이다.
- 시간 t까지 금속판의 질량이 증가하므로 반응이 일어난 것이다. \Rightarrow 반응한 이온은 C^{2+} 과 전하가 같은 A^{2+} 이다.
- 금속판의 질량이 증가하므로 반응한 C의 질량보다 생성된 A의 질량이 크다.

유공비 BOX

●보충 설명●

금속과 금속 이온의 반응

(가)에서 구리가 석출되려면 Cu^{2+} 이 전자를 얻어야 하고, 이 전자는 금속 A가 산화되면서 제공한 것이랍니다. 이로부터 산화되기 쉬운 정도는 $\text{A} > \text{Cu}$ 라는 것을 알 수 있어요. (나)에서 A 이온과 구리 이온이 들어 있는 수용액에 금속 B를 넣었을 때 A와 구리가 모두 석출되었지요. 이 경우 환원되기 쉬운 이온인 Cu^{2+} 부터 환원되고, Cu^{2+} 이 모두 환원된 후에도 계속 전자를 제공해 주는 B가 남아 있어서 A 이온이 전자를 얻어 환원되는 것입니다.

알짜풀이 ● ㄱ. 금속 C를 넣어 주었을 때 A^{2+} 은 C로부터 전자를 얻어 환원되지만 B^{+} 은 환원되지 않는 것으로 보아 금속이 산화되기 쉬운 정도는 $\text{B} > \text{C} > \text{A}$ 이다. 즉, 금속 이온이 환원되기 쉬운 정도는 $\text{A}^{2+} > \text{C}^{2+} > \text{B}^{+}$ 이다.

ㄴ. C가 반응하여 C^{2+} 1개가 생성될 때 A^{2+} 1개가 환원되어 금속 A가 석출된다. 이때 금속판의 질량이 증가하므로 금속 원자 1개의 질량은 A가 C보다 크다.

ㄷ. 금속이 산화되기 쉬운 정도는 $\text{B} > \text{C} > \text{A}$ 이므로 C^{2+} 수용액에 금속 B를 넣으면 B가 산화된다. ㉡ ⑤

04

알짜풀이 ● ㄱ. 전기 음성도가 $\text{O} > \text{N}$ 이므로 NO에서 N의 산화수는 +2이고, NO_2 에서 N의 산화수는 +4이다.

ㄴ. NO_2 에서 N의 산화수는 +4, HNO_3 에서 N의 산화수는 +5, NO에서 N의 산화수는 +2이므로 산화수의 합은 11이다.

오답탐기 ● ㄷ. (다)에서는 산화수가 변하는 물질이 없으므로 (다) 반응은 산화-환원 반응이 아니다. ㉡ ③

IV. 짧은풀 화학 반응

11 산과 염기

꼭 나오는

중·단원 별 문제 점검하기

0 별책 34~35쪽

01 ① 02 ③ 03 ① 04 ③ 05 ② 06 ③ 07 ⑤
08 (가) NaOH (나) NH_3 (다) HCl 09 H_2PO_4^- , NH_4^+ , H_2O , H_3O^+ 10 해설 참조

01

알짜풀이 ● ㄱ. 주어진 세 가지 물질 중에서 마그네슘과 반응하여 기체를 발생하는 것은 산인 아세트산 수용액이다. 산의 수소 이온(H^+)은 마그네슘과 반응하면 수소 기체(H_2)로 환원된다.

오답탐기 ● ㄴ. 주어진 세 가지 물질 중에서 이산화 탄소 기체를 통과시켰을 때 뿌연게 흐려지는 것은 수산화 칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 수용액이다. 따라서 B는 암모니아수, C는 수산화 칼슘 수용액이다. B는 염기이므로 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시킨다.

ㄷ. 암모니아는 약염기이고, 수산화 칼슘은 강염기이므로 수용액에 전류를 흘려 주면 C가 B보다 전류의 세기가 크다. ㉡ ①

02

알짜풀이 ● ③ 전류를 흘려 주지 않아도 수산화 나트륨 수용액을 적신 실을 올려놓은 부분은 붉은색 리트머스 종이 푸르게 변한다.

오답탐기 ● ① 수산화 나트륨 수용액의 OH^- 이 (+)극 쪽으로 이동하면서 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시킨다.

② 질산 칼륨이 물에 녹아 생성된 NO_3^- 은 (+)극 쪽으로 이동한다.

●보충 설명●

금속 이온이 들어 있는 수용액에 금속을 넣었을 때 이온 수의 변화도 없고, 금속판의 질량도 변하지 않으면 반응이 일어나지 않은 것이요, 이것은 금속 이온으로 존재하는 금속 원소가 넣어 준 금속 원소보다 산화되기 쉽기 때문이에요.

조심조심

전류를 흘려 주지 않아도 NaOH(aq)의 OH^- 에 의해 붉은색 리트머스 종이의 색이 변해요. 전류를 흘려 주면 OH^- 이 (+)극 쪽으로 이동하기 때문에 붉은색이 (+)극으로 퍼져 나가는 것이요.

④ 수산화 칼슘 수용액에도 OH^- 이 존재하므로 실에 수산화 칼슘 수용액을 적서 실험해도 붉은색 리트머스 종이가 (+)극 쪽으로 푸르게 변한다.

⑤ (-)극 쪽으로 이동하는 이온은 리트머스 종이의 색깔을 변화시키지 못하므로 (-)극 쪽으로는 색깔이 변하지 않는다.

답 ③

03

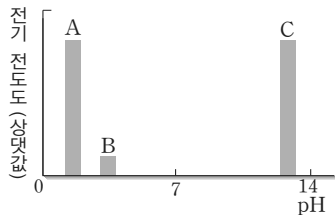
알짜풀이 ● ㄱ. 식초는 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시키는 것으로 보아 H^+ 이 들어 있다.

오답نب기 ● ㄴ. 에탄올은 중성이며, 물에 녹아 이온화하지 않으므로 수용액에서 전류가 흐르지 않는다.

ㄷ. 제산제는 BTB 용액의 색깔을 푸르게 변화시키는 것으로 보아 염기이다. 염기는 마그네슘과 반응하지 않는다.

답 ①

04 | 자료 분석하기 |



- pH가 7보다 작은 A와 B는 산 수용액이다. → 수용액 속에 H^+ 이 존재한다.
- pH가 7보다 큰 C는 염기 수용액이다. → 수용액 속에 OH^- 이 존재한다.
- 전기 전도도가 큰 A와 C는 물에서 이온화하는 정도가 크다. → A와 C는 산 또는 염기의 세기가 강하다.

알짜풀이 ● ㄱ. B를 물에 녹인 수용액의 pH가 7보다 작은 것으로 보아 B 수용액의 액성은 산성이므로, B는 물에 녹아 H^+ 을 내놓는다.

ㄴ. 수용액의 전기 전도도가 A 수용액이 B 수용액보다 큰 것으로 보아 수용액 속 이온의 개수는 A가 더 많다. 즉, 물에서 이온화하는 정도는 A가 B보다 크므로 A가 B보다 강한 산이다.

오답نب기 ● ㄷ. C 수용액의 pH가 7보다 크므로 수용액의 액성은 염기성이다. 따라서 Mg를 넣어도 반응이 일어나지 않는다.

답 ③

05

알짜풀이 ● ② NaOH과 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 은 금속 양이온이 다르므로 불꽃색으로 구별할 수 있다. NaOH은 노란색, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 은 주황색의 불꽃색을 나타낸다.

오답نب기 ● ① 산과 염기는 수용액에서 이온화하므로 모두 전류가 흐른다.

③ HCl과 CH_3COOH 은 모두 산으로 같은 지시약에 대해 색깔 변화가 같으므로 지시약으로 구별할 수 없다.

④ NaOH과 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 은 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시키는 염기이다.

⑤ 마그네슘과 반응하여 수소 기체를 발생하는 것은 산 수용액이므로 두 가지이다.

답 ②

우공비 BOX

필수 자료

산과 염기의 정의

구분	산	염기
아레니우스	수용액에서 H^+ 을 내놓는 물질	수용액에서 OH^- 을 내놓는 물질
브뢴스테드-로우리	H^+ 주개	H^+ 받개
루이스	비공유 전자쌍 받개	비공유 전자쌍 주개

보충 설명

같은 몰 수의 물질이 녹아 있는 같은 부피의 수용액에서 산의 세기가 강할수록 수용액 속에 들어 있는 H^+ 의 개수가 많으므로 pH가 작고, 염기의 세기가 강할수록 수용액의 pH가 큼니다.

06

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 H_2O 은 HCl로부터 양성자(H^+)를 받는 염기로 작용하고, (나)에서는 양성자(H^+)를 제공하는 산으로 작용한다. 따라서 H_2O 은 양쪽성 물질이다.

ㄴ. (나)에서 NH_3 는 H_2O 로부터 양성자(H^+)를 받는 브뢴스테드-로우리 염기이다.

오답نب기 ● ㄷ. (다)에서 NH_3 는 HCl에 비공유 전자쌍을 제공하므로 루이스 염기이다.

답 ③

07

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 NaOH은 물에 녹아 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.

ㄴ. (나)에서 H_2O 은 HCl로부터 양성자(H^+)를 받아들이므로 브뢴스테드-로우리 염기이다.

ㄷ. (다)에서 HCl은 NH_3 에 양성자(H^+)를 제공하므로 브뢴스테드-로우리 산이다.

답 ⑤

08

알짜풀이 ● 수용액이 페놀프탈레인 용액과 반응하여 붉은색을 나타내는 것은 염기인 NaOH과 NH_3 이다. 이 중 불꽃 반응색이 노란색을 나타내는 것은 NaOH이다. 따라서 (가)는 NaOH, (나)는 NH_3 , (다)는 HCl이다.

답 (가) NaOH (나) NH_3 (다) HCl

09

알짜풀이 ● 양성자(H^+)를 내놓는 물질이 브뢴스테드-로우리 산이다.

답 H_2PO_4^- , NH_4^+ , H_2O , H_3O^+

10

모범답안 ● 각 수용액의 부피가 같으므로 넣어 준 분자 중 이온화된 정도를 비교해 보면 (가)는 5개가 전부 이온화되었고, (나)는 5개 중 3개, (다)는 5개 중 1개만 이온화되었다. 따라서 이온화된 정도가 가장 큰 (가)가 가장 강한 산이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 가장 강한 산만 바르게 고른 경우	40 %

중·원·별 문제 정복하기

별책 36쪽

01 ① 02 ③ 03 ⑤ 04 ③

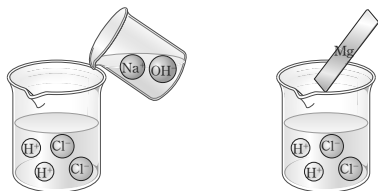
01

알짜풀이 ● ㄱ. (나)에서 염산과 Mg이 반응하여 수소 기체가 발생하면서 수용액 속 H^+ 의 개수가 점점 감소하므로 수용액의 pH는 (나)가 (가)보다 크다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)에서 Mg이 전자를 잃고 산화되면서 H^+ 이 전자를 얻어 수소 기체로 환원되므로 (나)에서 일어나는 반응은 산화-환원 반응이다. 이때 HCl은 Mg을 산화시키는 산화제이다.

ㄷ. 염산 속의 H^+ 2개가 반응하여 Mg^{2+} 1개가 생성되므로 수용액 속 양이온 수는 점점 감소한다. 이때 음이온 수는 일정하므로 용액 속의 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 는 증가한다. [답] ①

02 | 자료 분석하기 |



(가) 중화 반응

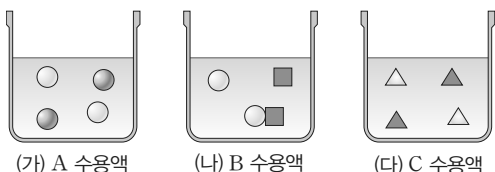
(나) 산화-환원 반응

- (가)에서 OH^- 과 H^+ 이 반응하여 물을 생성하고, (나)에서 Mg 이 산화되면서 내놓은 전자를 H^+ 이 얻어 수소 기체로 환원된다. \Rightarrow (가)와 (나)에서 수용액 속의 H^+ 이 감소한다.
- (가)에서는 반응한 H^+ 만큼 Na^+ 이 들어오므로 양이온 수가 같고, (나)에서는 반응한 H^+ 의 개수가 생성된 Mg^{2+} 의 개수보다 많으므로 양이온 수가 감소한다.

알짜풀이 ● ㄱ. (가)와 (나)에서 넣어준 수산화 나트륨 수용액의 OH^- 과 Mg 이 각각 묶은 염산의 H^+ 과 반응하므로 수용액 속 H^+ 의 개수가 감소하여 수용액의 pH는 증가한다.
ㄴ. (가)에서는 반응이 완결될 때까지 양이온 수가 일정하고, (나)에서는 반응이 진행될 때 양이온 수가 감소한다. 이때 반응에 참여하지 않은 음이온은 그 수가 일정하므로 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 는 (가)가 (나)보다 크다.

오답نب기 ● (가)에서는 산화되거나 환원되는 물질이 없고, (나)에서는 HCl 의 H^+ 이 환원되어 H_2 기체가 발생하고 Mg 이 Mg^{2+} 로 산화된다. [답] ③

03 | 자료 분석하기 |



(가) A 수용액

(나) B 수용액

(다) C 수용액

- (가)와 (나)는 BTB 용액을 노란색으로 변화시키고, (다)는 푸른색으로 변화시킨다. \Rightarrow (가)와 (나)는 산 수용액이고, (다)는 염기 수용액이다.
- (가)와 (나)에 공통적으로 존재하는 이온은 산의 공통적인 성질을 나타내는 H^+ 이다.

알짜풀이 ● ㄱ. (가)와 (나)에 공통적으로 존재하는 \bigcirc 은 H^+ 이다.

ㄴ. 같은 부피 속에 들어 있는 H^+ 의 개수는 (가)에서가 (나)에서보다 많다. 따라서 Mg 을 넣었을 때 기체가 발생하는 정도는 (가)에서가 (나)에서보다 활발하다.

ㄷ. (다)는 염기성 용액으로 산성 용액인 (가)와 혼합하면 중화 반응을 하여 중화열이 발생하므로 혼합 용액의 온도는 혼합 전보다 높아진다. [답] ⑤

우공비 BOX

조심조심

암모니아(NH_3)는 염기이지만, 분자 자체는 OH^- 을 내놓지 않으므로 아레니우스 정의로는 설명할 수 없어요.

조심조심

(가)에서는 H^+ 이 2개 반응할 때 Na^+ 이 2개 들어오고, (나)에서는 H^+ 이 2개 반응할 때 Mg^{2+} 이 1개 생성돼요. 음이온의 경우 (가)에서 넣어준 OH^- 은 H^+ 과 반응하여 H_2O 이 되므로 수용액에 존재하지 않고, Cl^- 은 (가)와 (나)에서 모두 반응에 참여하지 않으므로 그 수가 변하지 않아요.

보충 설명

중화점의 확인

- 중화점에서 용액의 색상이 변하므로 지시약의 색이 변해요.
- 중화열이 발생하므로 중화점에서 온도가 최고가 돼요.

쉽게쉽게

산의 공통성을 나타내는 것은 H^+ 이므로 산 수용액 (가)와 (나)에 공통으로 들어 있는 이온은 H^+ 이에요.

04

알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 $0 \rightarrow +1$ 로 증가(산화)하고, Cl의 산화수는 $0 \rightarrow -1$ 로 감소(환원)한다.

ㄴ. H_2O 은 (나)에서는 브뢴스테드-로우리 염기, (다)에서는 브뢴스테드-로우리 산으로 작용하므로 양쪽성 물질이다.

○ **오답نب기** ● ㄷ. NH_3 는 양성자(H^+)를 받아 NH_4^+ 이 되므로 브뢴스테드-로우리 염기이다. [답] ③

IV. 짧은풀 화학 반응

12 중화 반응

꼭 나오는

[중단원 별 문제 점검하기]

○ 별책 37~39쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ① 04 ③ 05 ③ 06 ① 07 ①
08 ① 09 ③ 10 ③ 11 ② 12 Na^+ 3개, H^+ 1개, Cl^- 4개 13 염기-염기 14 해설 참조

01

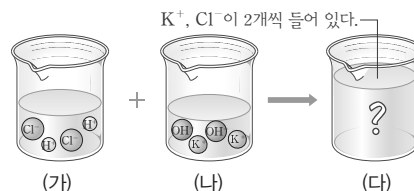
알짜풀이 ● ⑤ 염은 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합하여 생성되므로 반응시킨 산과 염기의 종류에 따라 달라진다.
오답نب기 ● ① 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온이 반응하여 물이 생성될 때 중화열이 방출된다.

② 중화 반응이 완결되는 중화점에서 용액의 색상이 달라지므로 지시약의 색깔이 변한다.

③ 중화 반응에서 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온이 1 : 1의 몰 수비로 반응한다.

④ 산 수용액에 염기 수용액을 가하여 중화 반응이 일어나는 동안 수용액 속의 수소 이온 농도가 점차 감소하므로 pH가 증가한다. [답] ⑤

02 | 자료 분석하기 |



(가)

(나)

(다)

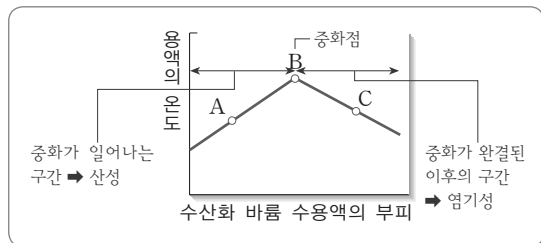
- (가)의 H^+ 의 수와 (나)의 OH^- 의 수가 같으므로 (다)는 중성 용액이다.
- (가)와 (나) 용액이 반응하면 중화열이 방출되므로 용액의 온도는 (다) > (가) = (나)이다.

ㄱ. (가)는 산성 용액, (나)는 염기성 용액, (다)는 중성 용액이므로 용액의 pH는 (나) > (다) > (가)이다.

ㄴ. (다)에서는 중화 반응이 일어나 중화열이 방출되므로 용액의 온도가 높아진다.

ㄷ. (다)에서 H^+ 2개와 OH^- 2개가 반응하여 H_2O 이 되고, Cl^- 2개와 K^+ 2개는 반응하지 않고 남는다. 따라서 (가)와 (다) 용액에 존재하는 이온의 총 수는 4개로 같다. [답] ⑤

03 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ① 중화점인 B에서 중화 반응이 완결되어 구간 BC에서는 중화 반응이 일어나지 않으므로 물이 생성되지 않는다.

오답نب기 ● ② B점은 중화점으로, 용액의 액성이 중성이 되므로 용액의 색은 노란색에서 녹색으로 변한다.

③ A는 산성, B는 중성, C는 염기성이므로 수용액의 pH는 $A < B < C$ 이다.

④ B점에서 H^+ 과 OH^- 이 모두 반응하여 H_2O 이 되고, SO_4^{2-} 과 Ba^{2+} 이 모두 반응하여 $BaSO_4$ 앙금을 생성하므로 용액 속에는 이온이 거의 존재하지 않는다.

⑤ C점의 용액에 존재하는 이온은 Ba^{2+} , OH^- 두 종류이다.

정답 ①

04

알짜풀이 ● ㄱ. $Ca(OH)_2(aq)$ 은 Ca^{2+} 과 OH^- 의 개수비가 1 : 2이고, $HCl(aq)$ 은 H^+ 과 Cl^- 의 개수비가 1 : 1이다. 같은 부피에서 두 수용액에 녹아 있는 물질의 물 수가 같으므로 단위 부피당 이온 수의 비율은 $Ca(OH)_2(aq) : HCl(aq) = 3 : 2$ 이다.

ㄴ. 같은 부피의 $Ca(OH)_2(aq)$ 에 들어 있는 OH^- 수와 $HCl(aq)$ 에 들어 있는 H^+ 수의 비율은 2 : 1이므로 $Ca(OH)_2(aq)$ 과 $HCl(aq)$ 은 1 : 2의 부피비로 반응한다. 따라서 (라)에서 혼합 용액이 중화점에 도달하므로 온도가 가장 높다.

오답نب기 ● ㄴ. 생성되는 물 분자 수는 중화점인 (라)에서 가장 많다.

정답 ③

05

알짜풀이 ● ③ 실험 I의 A점과 실험 II의 C점에서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 같으므로 방출되는 중화열은 같다. 이때 용액의 총 부피는 A점이 C점보다 작으므로 용액의 온도는 A점이 C점보다 높다.

오답نب기 ● ① A점은 실험 I의 중화점이므로 중성이고, B점은 실험 II에서 중화점 이전으로 산성을 나타내므로 용액의 pH는 A에서 B에서보다 크다.

② 실험 II에서 Cl^- 은 중화 반응에 참여하지 않는다. 따라서 반응이 진행되는 동안 그 수가 일정하다.

④ 생성된 물 분자 수가 2N이므로 묽은 염산 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 수는 2N이며(Cl^- 의 수도 2N) 수산화 칼슘 수용액 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 수도 2N이고, Ca^{2+} 의 수는 N개이다. 따라서 단위 부피당 양이온 수는 묽은 염산이 수산화 칼슘 수용액의 2배이다.

우공비 BOX

조심조심

반응하는 이온이 H^+ , OH^- 만이 아니라 앙금을 생성하는 Ba^{2+} , SO_4^{2-} 도 있으므로 중화점에서 이온이 거의 존재하지 않아요. 앙금이 생성되지 않는 경우에는 구경꾼 이온이 존재하므로 중화점에서 이온 수가 0이 되지 않아요.

쉽게쉽게

전해질 수용액에서 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량의 합은 0이 되므로, 제시된 혼합 용액에서 양이온의 전하량은 +10예요.

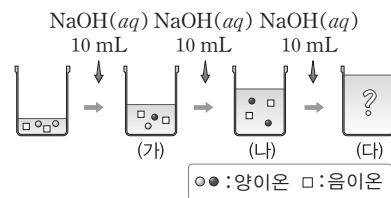
필수 자료

- 중화 반응으로 물이 생성되므로 물 분자 수가 최대인 지점이 중화점이에요.
- 중화 반응에서 반응한 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온의 수는 같아요.
- 강산과 강염기는 거의 100% 이온화하므로 산(염기) 수용액에 들어 있는 수소 이온(수산화 이온)의 개수로부터 산(염기)의 음이온(양이온) 수를 파악할 수 있어요.

⑤ 실험 II에서 묽은 염산 10 mL와 반응하는 수산화 나트륨 수용액의 부피가 20 mL이므로 단위 부피 당 이온 수는 묽은 염산이 수산화 나트륨 수용액의 2배이다.

정답 ③

06 | 자료 분석하기 |



- ●은 $NaOH(aq)$ 을 가함에 따라 그 수가 감소하므로 H^+ 이다.
- 은 $NaOH(aq)$ 을 가하여도 그 수가 변하지 않으므로 구경꾼 이온인 Cl^- 이다.
- 은 $NaOH(aq)$ 을 가할수록 증가하므로 구경꾼 이온인 Na^+ 이다.
- (나)에는 H^+ 이나 OH^- 이 존재하지 않으므로 완전 중화되었다.
 $\Rightarrow HCl(aq)$ 10 mL와 반응하는 $NaOH(aq)$ 은 20 mL이다.
 \Rightarrow 단위 부피당 이온 수의 비는 $HCl(aq) : NaOH(aq) = 2 : 1$ 이다.

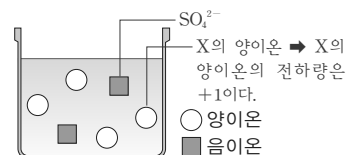
알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 H^+ 이 남아 있으므로 산성, (나)는 완전 중화된 지점으로 중성, (다)는 염기를 더 넣어 준 지점이므로 염기성이다. 따라서 용액의 pH는 (가) < (나) < (다)이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)가 중화점이므로 중화 반응으로 생성된 물 분자의 총 수는 (나) = (다) > (가)이다.

ㄴ. 반응 부피비가 $HCl(aq) : NaOH(aq) = 1 : 2$ 이므로 단위 부피당 이온 수는 묽은 염산이 수산화 나트륨 수용액의 2배이다.

정답 ①

07 | 자료 분석하기 |



- 처음 넣어 준 묽은 황산의 음이온 SO_4^{2-} 은 구경꾼 이온으로 중화 반응에 참여하지 않는다. \Rightarrow 묽은 황산의 SO_4^{2-} 이 2개이므로 H^+ 은 4개이다.
- 완전 중화되었으므로 반응 전 염기의 OH^- 의 수는 4개이다.
 \Rightarrow 염기의 양이온 수가 4개이므로 염기 X를 구성하는 양이온과 음이온의 개수비는 1 : 1이다.

알짜풀이 ● ① 반응 전 $H_2SO_4(aq)$ 에 들어 있는 H^+ 은 4개이고 모두 반응하므로 중화 반응으로 생성된 물 분자도 4개이다.

오답نب기 ● ② ○과 ■은 완전 중화된 용액에 남아 있는 것으로 보아 중화 반응에 참여하지 않는다.

③ 가해 준 염기의 OH^- 이 같은 개수의 H^+ 과 반응하는 동안 OH^- 과 같은 개수의 양이온이 들어오므로 전체 이온 수는 일정하다.

④ 용액의 액성은 산성에서 중성으로 변하므로 색깔은 노란색에서 녹색으로 변한다.

⑤ 염기 X를 구성하는 양이온과 음이온의 개수는 같으므로 개수비는 1 : 1이다. **답 ①**

08

알짜풀이 ● ㄱ. 수산화 나트륨 수용액의 Na^+ 은 중화 반응에 참여하지 않으므로 15 mL에 들어 있는 Na^+ 의 수가 3개 (OH^- 수 3개)이다. 또 염산의 Cl^- 은 중화 반응에 참여하지 않으므로 염산 10 mL에 들어 있는 Cl^- 의 수는 2개(H^+ 수 2개)이다. (가)에 염산 5 mL를 더 넣어 주면 H^+ 과 Cl^- 을 각각 1개씩 더 넣어 주는 것이므로 중화 반응이 일어나 용액의 온도가 높아진다. 즉, 온도는 (가) < (나)이다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)에서 혼합 용액은 중화점에 도달하여 H^+ 이 존재하지 않는다. 따라서 마그네슘과 반응하여 수소 기체를 발생시키지 않는다.

ㄷ. 수산화 나트륨 수용액 15 mL에는 OH^- 이 3개, 염산 10 mL에는 H^+ 이 2개 있으므로 같은 부피 속에 들어 있는 이온 수는 같다. **답 ①**

09

알짜풀이 ● ㄱ. A점과 C점은 각 실험에서의 중화점에 해당한다. NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 수가 N개이므로 묶은 염산 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 수는 N개이며 Cl^- 의 수도 N개이다. 또 묶은 황산 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 수는 2N개이고, SO_4^{2-} 의 수는 N개이다. 따라서 A점에서 Cl^- 의 수와 C점에서 SO_4^{2-} 의 수는 같다.

ㄴ. 같은 NaOH(aq) 을 사용했으므로 중화 반응한 양은 C점이 A점의 2배이다.

오답نب기 ● ㄷ. B점은 중화점 이후이므로 염기성이고, C점은 중화점이므로 중성이다. 따라서 pH는 $B > C$ 이다. **답 ③**

10

알짜풀이 ● 생선 비린내의 원인인 염기성 물질을 산인 식초로 중화시켜 제거한다.

ㄱ. 생선 비린내의 원인 물질은 염기성이므로 pH가 7보다 크다.

ㄷ. 위산 과다로 속이 쓰릴 때 염기성인 제산제를 먹어 중화시킨다.

오답نب기 ● ㄴ. 매니큐어를 지울 때 아세톤을 이용하는 것은 극성 정도가 비슷한 물질끼리 잘 용해되는 성질을 이용한 것이다. **답 ③**

11

알짜풀이 ● ㄷ. (다)는 염기이다. 염기는 DNA 2중 나선 구조에서 짝을 이루는 염기와 수소 결합을 한다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)의 질소 원자 주위에는 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 질소의 전자 배치는 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ. 인(P)의 원자가 전자 수는 5이고, (나)에서 P의 공유 전자쌍의 수가 5이므로 P에는 비공유 전자쌍이 존재하지 않는다.

답 ②

우공비 BOX

필수 자료

중화 반응의 양적 관계

산과 염기가 중화 반응할 때 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온이 1 : 1의 몰 수비로 반응하여 물을 생성해요.
산의 H^+ 의 몰 수 = 염기의 OH^- 의 몰 수

보충 설명

중화열과 용액의 온도

중화 반응에 의해 방출된 열을 용액이 흡수하므로 용액의 부피가 같다면 중화 반응한 양이 많을수록 용액의 온도가 높아요.

12

알짜풀이 ● NaOH(aq) 15 mL에 Na^+ 과 OH^- 이 각각 3개씩 있으므로 5 mL당 각 이온이 1개씩 있다. HCl(aq) 의 단위 부피당 이온 수는 NaOH(aq) 의 2배이므로 5 mL당 H^+ 과 Cl^- 이 2개씩 들어 있다. 따라서 HCl(aq) 10 mL를 가하면 OH^- 3개와 H^+ 3개가 중화 반응하고, Na^+ 3개, H^+ 1개, Cl^- 4개가 남는다. **답 Na^+ 3개, H^+ 1개, Cl^- 4개**

13

알짜풀이 ● DNA 2중 나선에서 염기는 이웃한 가닥의 염기와 수소 결합을 형성한다. **답 염기-염기**

14

모범답안 ● DNA의 2중 나선 구조의 바깥쪽 골격을 이루고 있는 인산이 (-)전하를 띠므로 DNA가 물에 잘 녹는다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 인산 때문이라고만 설명한 경우	30 %

아려물

중 단 원 별 문제 정복하기

별책 40쪽

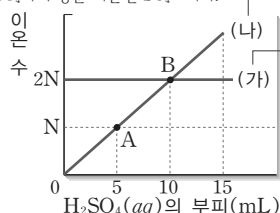
01 ① 02 ② 03 ③ 04 ③

조심조심

NaOH 1몰이 물에서 내놓을 수 있는 OH^- 의 몰 수는 1몰이지만 H_2SO_4 1몰이 물에서 내놓을 수 있는 H^+ 의 몰 수는 2몰이에요.

01 | 자료 분석하기 |

H_2SO_4 를 가할수록 계속 증가하므로 H_2SO_4 의 구경꾼 이온인 SO_4^{2-} 이다.



- NaOH(aq) 10 mL 속에는 OH^- 이 2N개 존재한다.
- $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 10 mL에 들어 있는 SO_4^{2-} 의 수는 2N개이다.
- ➔ $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 수는 4N개이다.

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 Na^+ , (나)는 SO_4^{2-} 으로 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

오답نب기 ● ㄴ. 혼합 전 NaOH(aq) 10 mL 속에 들어 있는 Na^+ 의 개수가 2N이므로 OH^- 의 개수도 2N이다. 또 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 은 4N개, SO_4^{2-} 은 2N개이므로 혼합 전 같은 부피의 수용액 속 전체 이온 수비는 $\text{NaOH(aq)} : \text{H}_2\text{SO}_4(aq) = 4 : 6 = 2 : 3$ 이다.

ㄷ. NaOH(aq) 10 mL를 완전 중화하는 데 필요한 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 은 5 mL이므로 A는 중화 반응이 완결된 지점이다. 따라서 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 더 가하여도 중화 반응이 일어나지 않으므로 중화 반응으로 생성된 물의 질량은 A와 B에서 같다.

답 ①

02

알짜풀이 ● ㄷ. 묽은 염산 5 mL 속에는 H^+ 과 Cl^- 이 각각 N개씩 들어 있고, 수산화 나트륨 수용액 20 mL 속에는 Na^+ 과 OH^- 이 각각 2N개씩 들어 있으므로 같은 부피 속에 들어 있는 총 이온 수는 $HCl(aq)$ 이 $NaOH(aq)$ 의 2배이다.

오답نب기 ● ㄱ. (가)에 존재하는 양이온은 H^+ 이므로 묽은 염산 5 mL에 들어 있는 H^+ 의 개수는 N개이다. 일정량의 $HCl(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 가해 주면 중화 반응이 완결될 때까지 넣어 준 OH^- 의 개수만큼 H^+ 의 개수가 감소하지만 감소한 개수만큼의 Na^+ 이 들어오므로 중화점까지 양이온 수는 일정하다. 따라서 (다) 용액은 $NaOH(aq)$ 이 과량인 염기성 용액으로 pH는 7보다 크고, 용액 속에 존재하는 양이온은 Na^+ 이다. 즉, $NaOH(aq)$ 20 mL에는 Na^+ 과 OH^- 이 각각 2N개씩 들어 있으므로, 10 mL에는 Na^+ 과 OH^- 이 각각 N개씩 들어 있다. 이로부터 (나)의 혼합 용액은 중화 반응이 완결된 것이라고 판단할 수 있다.

ㄴ. (나)는 중화 반응이 완결된 중성 용액으로 Na^+ 이 N개, Cl^- 이 N개 들어 있다. 즉, 음이온의 종류는 한 가지이다. ㉢ ②

03

알짜풀이 ● ㄱ. 실험 I에서 $HA(aq)$ V mL를 가했을 때 중화 반응으로 생성된 물 분자 수가 최대가 된 이후 일정하게 유지되는 것으로 보아 중화 반응이 완결되었다. 즉, 혼합 전 $NaOH(aq)$ 속에 들어 있는 OH^- 의 개수와 같은 개수의 H^+ 이 가해졌다. 혼합 전 $NaOH(aq)$ 에는 $NaOH$ 0.1몰을 녹였고, $NaOH$ 는 완전히 이온화하여 Na^+ 과 OH^- 0.1몰씩을 내놓으므로 수용액 속에는 0.2몰의 이온이 존재한다. 따라서 $HA(aq)$ V mL 속에도 H^+ 과 A^- 이 각각 0.1몰씩 들어 있으므로 총 이온의 몰 수는 0.2몰이다.

우공비 BOX

쉽게쉽게

중화점에 존재하는 양이온과 음이온은 각각의 염기의 양이온과 산의 음이온이에요.

필수 자료

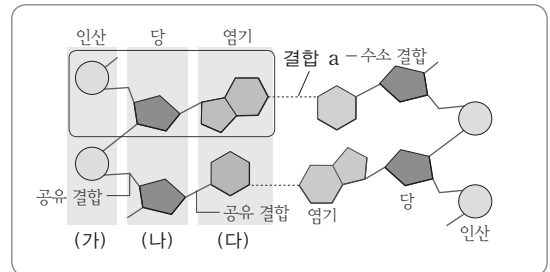
핵산의 구성과 결합

- 인산과 당 : 공유 결합
- 당과 염기 : 공유 결합
- 염기와 염기 : 수소 결합

ㄴ. 산 수용액 V mL를 가했을 때 실험 I에서는 중화점에 도달하였고, 실험 II에서는 중화 반응이 절반만 일어난 상태이다. 따라서 혼합 용액의 최고 온도는 실험 I에서 실험 II에서보다 높다.

오답نب기 ● ㄷ. 실험 I의 경우 $HA(aq)$ V mL를 가했을 때 중화점에 도달하므로, $HA(aq)$ 2V mL를 가했을 때 혼합 용액에 존재하는 양이온은 $NaOH(aq)$ 의 Na^+ 과 과량으로 가해진 $HA(aq)$ 의 H^+ 이다. 실험 II의 경우 $HB(aq)$ 2V mL를 가했을 때 중화점에 도달하므로 혼합 용액에서 양이온은 $NaOH(aq)$ 의 Na^+ 만 존재한다. 따라서 혼합 용액 속 양이온 수는 실험 I에서 실험 II에서보다 많다. ㉢ ③

04 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 인산으로 H^+ 을 잃고 (-)전하를 띤다. ㄷ. (다)는 핵산을 구성하는 염기로, 염기는 탄소, 수소뿐만 아니라 질소(N)를 포함한다.

오답نب기 ● ㄴ. (나)와 (다)는 공유 결합을 하고 있으며, 결합 a는 염기와 염기 사이의 수소 결합이다. ㉢ ③



