

# I 화학의 첫걸음

## 01 화학과 우리 생활

### 개념 확인 문제

본책 9쪽, 11쪽

- 1 암모니아,  $\text{NH}_3$     2 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○    3 알루미늄  
4 (1) ㉠ 질소 ㉡ 암모니아 (2) ㉠ 철 ㉢ 철근 콘크리트    5 (1) ○  
(2) ○ (3) ×    6 탄소    7 (가) 메테인 (나) 에탄올 (다) 아세트산  
8 (1) (나) (2) (가) (3) (다) (4) (가), (나), (다)

1 하버는 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 비료의 원료로 사용할 수 있는 암모니아를 합성하였다. 암모니아의 화학식은  $\text{NH}_3$ 이다.

- 2 (1) 천연 섬유는 대량 생산이 어렵지만, 합성 섬유는 대량 생산이 가능하다.  
(2) 최초의 합성 섬유는 나일론이다.  
(3) 합성 섬유의 원료는 대부분 화석 연료인 원유에서 얻는데, 원유는 탄소 화합물의 혼합물이다.  
(4) 모브는 최초의 합성염료이다. 합성염료의 개발로 다양한 색을 가지는 의류를 입을 수 있게 되었다.

3 가볍고 단단하여 창틀, 건물의 외벽에 주로 이용되는 금속 건축 재료는 알루미늄이다.

- 4 (1) 화학 비료의 원료로 사용되는 암모니아( $\text{NH}_3$ )는 공기 중의 질소( $\text{N}_2$ )와 수소( $\text{H}_2$ )를 반응시켜 얻는다.  
(2) 대규모 건축물을 짓기 위해서는 단단한 구조물이 필요한데, 철의 단점과 콘크리트의 단점을 서로 보완한 철근 콘크리트가 개발되면서 대규모 건축물을 지을 수 있게 되었다.

- 5 (1) 탄소는 원자가 전자 수가 4이므로 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합을 형성할 수 있다.  
(2) 탄소 원자는 결합을 다양하게 형성할 수 있으므로 사슬 모양, 가지 달린 사슬 모양, 고리 모양 등 다양한 구조의 화합물을 형성할 수 있다.  
(3) 탄화수소는 일반적으로 탄소 수가 많을수록 분자 사이의 인력이 커서 끓는점이 높다.

6 탄화수소는 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어진 탄소 화합물로 메테인( $\text{CH}_4$ ), 에테인( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), 프로페인( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), 뷰테인( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) 등이 그 예이다.

- 7 (가)는  $\text{CH}_4$ 의 화학식을 가지므로 메테인이다.  
(나)는  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 화학식을 가지므로 에탄올이다.  
(다)는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 화학식을 가지므로 아세트산이다.

8 (1) 에탄올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )은 술의 성분이고, 소독용 알코올 등에 이용된다.

- (2) 천연가스의 주성분은 메테인( $\text{CH}_4$ )이다. 메테인은 무색, 무취의 탄소 화합물이다.  
(3) 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )은 물에 녹으면  $\text{H}^+$ 을 내놓으므로 산성을 띤다. 식초는 아세트산이 포함되어 있어 신맛이 난다.  
(4) 물질을 구성하는 원소가 C, H이면 완전 연소하여 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ), 물( $\text{H}_2\text{O}$ )을 생성한다.

### 수능 자료 마스터

본책 12쪽

자료 ㉠ 1 ㉢

1 ㄱ. 콘크리트 속에 철근을 넣은 철근 콘크리트는 약한 인장 강도를 가지는 콘크리트의 단점을 보완한 매우 튼튼한 건축 재료로 대규모 건축물의 건축이 가능하게 하였다.

ㄴ. 하버와 보슈가 개발한 공정으로 대량 생산된 암모니아는 비료의 원료로 사용되었고, 화학 비료의 대량 생산이 이루어지면서 농업 생산량이 증가하게 되어 인류의 식량 문제 해결에 기여하게 되었다.

바로알기 ㄷ. ㉠~㉣의 화학식은 각각  $\text{CO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$ 이다. 따라서 화합물은  $\text{CO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_3$  3가지이다.

### 수능 2점 다지기

본책 13쪽~14쪽

- 1 ⑤    2 ⑤    3 ⑤    4 ③    5 ④    6 ③  
7 ②    8 ②

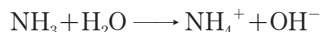
#### 1 암모니아의 합성

##### [선택지 분석]

- ㉠ 암모니아의 구성 원소는 질소와 수소이다.  
㉡ 암모니아 수용액은 염기성이다.  
㉢ ㉠은 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

ㄱ. 암모니아의 화학식은  $\text{NH}_3$ 이므로 구성 원소는 질소와 수소이다.

ㄴ. 암모니아는 물에 녹아  $\text{OH}^-$ 을 생성하므로 암모니아 수용액은 염기성이다.



ㄷ. 암모니아의 대량 합성으로 화학 비료의 대량 생산이 이루어져서 농업 생산량이 증대되었고, 이는 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

#### 2 암모니아의 합성 반응

##### [선택지 분석]

- ㉠ ㉡은 질소( $\text{N}_2$ )이다.  
㉢ 암모니아는 화합물이다.  
㉣ 이 반응은 고온, 고압에서 일어난다.

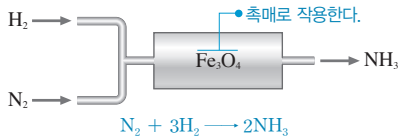
ㄱ. 암모니아는 질소와 수소를 반응시켜 얻는다. 따라서 ㉠은 질소( $N_2$ )이다.

ㄴ. 암모니아는 2가지 이상의 서로 다른 원소가 결합하여 생성된 물질이므로 화합물이다.

ㄷ. 암모니아 합성 반응은 실온에서 쉽게 일어나지 않고 고온, 고압에서 일어난다.

### 3 암모니아의 합성 반응

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ㉠ 분자는 3가지이다.  $H_2, N_2, NH_3$
- ㉡ 화합물은 2가지이다.  $NH_3, Fe_2O_3$
- ㉢  $NH_3$ 는 비료의 원료로 사용된다.

ㄱ. 분자는 비금속 원소들끼리 결합하여 생성된 물질이므로  $H_2, N_2, NH_3$  3가지이다.

ㄴ. 화합물은 2가지 이상의 서로 다른 원소가 결합하여 생성된 물질이므로  $NH_3, Fe_2O_3$  2가지이다.

ㄷ. 이 과정에 의해  $NH_3$ 의 대량 합성이 이루어지면서 화학 비료의 대량 생산이 이루어졌고, 이로 인해 농업 생산량이 크게 증대되었다.

### 4 인류 문제 해결과 화학

#### [자료 분석]

- (가) 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 얻는 물질로 비료의 원료이다. → 암모니아 → 식량 문제 해결
- (나) 모래와 자갈에 시멘트를 섞고 물로 반죽하여 사용하는 물질이다. → 콘크리트 → 주거 문제 해결
- (다) 인류가 최초로 합성한 섬유로 질기고 값이 싸며, 대량 생산이 쉬워 널리 쓰인다. → 나일론 → 의류 문제 해결

#### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.
- ㉡ (나)는 철근 콘크리트이다. 콘크리트
- ㉢ (다)는 신축성이 좋다.

ㄱ. (가)는 암모니아로, 비료의 원료로 사용되어 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

ㄷ. (다)는 합성 섬유인 나일론으로, 신축성이 좋다.

바로알기 ㄴ. (나)는 모래, 자갈, 시멘트를 혼합한 건축 재료인 콘크리트이다. 철근 콘크리트는 콘크리트 속에 철근을 넣어 콘크리트의 강도를 높인 건축 재료이다.

### 5 탄소 화합물의 다양성

#### [선택지 분석]

- ㉠ 탄소는 지구에서 존재량이 가장 많은 원소이다. 철
- ㉡ 탄소 원자 1개는 다른 원자들과 최대 4개의 결합을 형성한다.
- ㉢ 탄소 원자들끼리 여러 가지 형태의 결합을 형성한다.

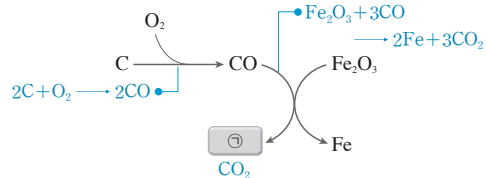
ㄴ. 탄소는 원자가 전자 수가 4이므로 탄소 원자 1개는 다른 원자들과 최대 4개의 결합을 형성할 수 있다.

ㄷ. 탄소 원자들끼리 고리 모양, 사슬 모양, 다중 결합 등 다양한 형태의 결합을 형성할 수 있다.

바로알기 ㄱ. 지구에 존재하는 원소 중 가장 많은 것은 철(Fe)이다. 존재량이 많은 것과 탄소 화합물이 다양한 것은 관련성이 약하다.

### 6 철의 제련 반응

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은  $CO_2$ 이다.
- ㉡ 이 과정은 실온에서 쉽게 일어난다. 고온의 용광로에서
- ㉢ 철은 인류의 주거 문제 해결에 기여하였다.

ㄱ. ㉠은 이산화 탄소( $CO_2$ )이다.

ㄷ. 이 과정에서 생산된 철은 인류의 주거 문제 해결에 기여하였다.

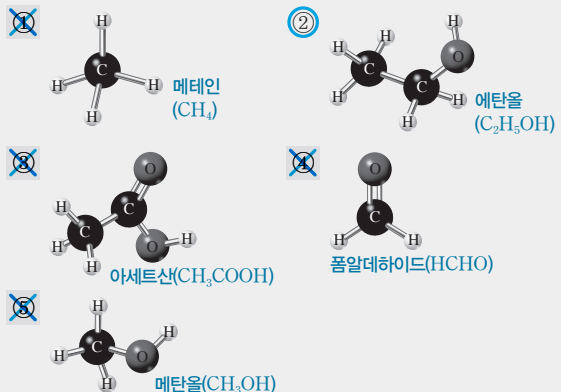
바로알기 ㄴ. 철의 제련 과정은 고온의 용광로에서 일어나는 반응이다.

### 7 탄소 화합물의 종류

#### [자료 분석]

- 탄화수소의 탄소(C) 원자에 수소(H) 대신 하이드록시기( $-OH$ )가 결합되어 있는 구조이다.
  - C 원자에  $-OH$ 가 결합된 물질은 알코올이다.
- 곡물이나 과일을 발효시켜 얻을 수 있다.
  - 곡물이나 과일을 발효시키면 에탄올을 얻을 수 있다.
- 특유의 냄새가 나고 살균·소독 작용을 한다.
  - 에탄올은 특유의 냄새가 있고 살균·소독 작용을 하므로 소독용 알코올로 사용된다.

#### [선택지 분석]



② 화합물 X는 에탄올( $C_2H_5OH$ )이다.

바로알기 ① 메테인( $CH_4$ )의 분자 모형이다.

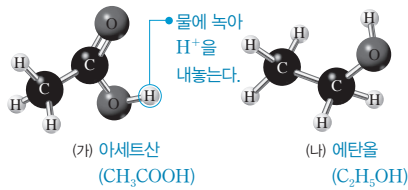
③ 아세트산( $CH_3COOH$ )의 분자 모형이다.

④ 포알데하이드( $HCHO$ )의 분자 모형이다.

⑤ 메탄올( $CH_3OH$ )도 C 원자에 하이드록시기( $-OH$ )가 붙어 있는 알코올이지만 곡물이나 과일의 발효로 얻을 수 없다.

## 8 탄소 화합물의 종류

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ☒ 주로 연료로 사용된다. → (나)만 해당
- ☒ 탄소 원자가 2개이다.
- ☒ 물에 녹아 H<sup>+</sup>을 내놓는다. → (가)만 해당

ㄴ. 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)과 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)은 모두 탄소 원자가 2개이다.

**바로알기** ㄱ. 에탄올은 연료로 사용할 수 있지만, 아세트산은 식초의 성분, 의약품, 합성수지의 원료로 사용된다.

ㄷ. 물에 녹아 H<sup>+</sup>을 내놓는 것은 아세트산이다. 에탄올은 물에 녹아 H<sup>+</sup>을 내놓지 않는다.

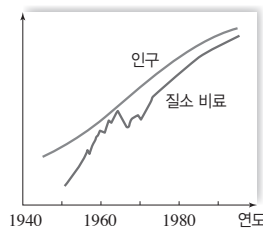
## 수능 3점 공부하기

본책 15쪽~17쪽

1 ③	2 ③	3 ①	4 ③	5 ⑤	6 ⑤
7 ①	8 ③	9 ⑤	10 ③	11 ③	12 ③

## 1 식량 문제의 해결과 화학

### |자료 분석|



인구와 질소 비료의 사용량이 함께 증가함 → 인류의 식량 문제 해결과 관련이 있음

### |선택지 분석|

- ☒ ㄱ. 질소 비료의 사용량 증가는 인구의 증가와 관련이 있다.
- ☒ ㄴ. 암모니아의 합성으로 질소 비료의 생산량이 증가하였다.
- ☒ ㄷ. 질소 비료와 같은 화학 비료의 생산량은 천연 비료의 생산량과 같다. → 화학 비료의 생산량 > 천연 비료의 생산량

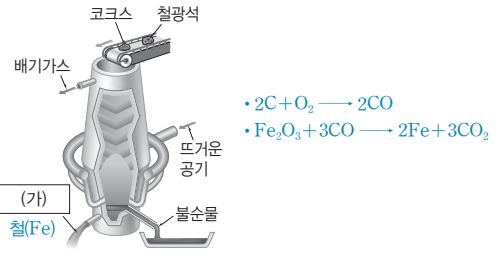
ㄱ. 산업 혁명 이후 인구가 급격히 증가하여 식량 부족 문제가 발생하였으나, 질소 비료의 사용량이 증가하면서 인류의 식량 문제가 해결되었다.

ㄴ. 질소 비료의 원료는 암모니아로, 하버가 개발한 암모니아 합성법으로 질소 비료의 대량 생산이 가능해졌다.

**바로알기** ㄷ. 천연 비료는 그 양에 한계가 있었지만, 암모니아의 합성으로 질소 비료의 대량 생산이 가능해졌다. 따라서 질소 비료와 같은 화학 비료의 생산량이 천연 비료의 생산량보다 많다.

## 2 철의 제련

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ☒ ㄱ. 배기가스에는 CO<sub>2</sub>가 포함되어 있다.
- ☒ ㄴ. (가)는 건축물의 골조나 배관에 사용된다.
- ☒ ㄷ. (가)와 시멘트를 혼합한 것은 콘크리트이다. 모래, 자갈 등

ㄱ. 철의 제련 과정에서 발생하는 배기가스에는 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)가 포함되어 있다.

ㄴ. 철은 단단하고 내구성이 뛰어나 건축물의 골조나 배관에 사용된다.

**바로알기** ㄷ. 시멘트에 모래, 자갈 등을 넣고 혼합한 것이 콘크리트이다.

## 3 의류 문제의 해결과 화학

### |자료 분석|

- (가) 화석 연료를 원료로 하여 최초로 합성한 섬유로 질기고 값이 싸다. → 나일론
- (나) 영국의 퍼킨이 말라리아 치료제를 연구하던 중 발견한 것으로 최초의 합성염료이다. → 모브

### |선택지 분석|

- ☒ ㄱ. 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다. 의류
- ☒ ㄴ. 대량 생산이 가능하다.
- ☒ ㄷ. 공기의 성분 기체를 원료로 하여 만들 수 있다. 없다

ㄴ. 나일론은 합성 섬유이고, 모브는 합성염료이다. 두 물질은 모두 대량 생산이 가능하여 인류의 의류 문제 해결에 기여하였다.

**바로알기** ㄱ. 나일론과 모브는 인류의 의류 문제를 해결하는 데 기여하였다.

ㄷ. 합성 섬유와 합성염료는 모두 화석 연료를 통해 얻으며, 공기의 성분 기체를 원료로 하여 만들 수 없다.

## 4 합성 섬유와 천연 섬유

### |선택지 분석|

- ☒ ㄱ. 나일론은 합성 섬유이다.
- ☒ ㄷ. 실크는 나일론보다 질기고 신축성이 좋다. 나일론은 실크보다
- ☒ ㄴ. 나일론과 실크는 모두 탄소 화합물이다.

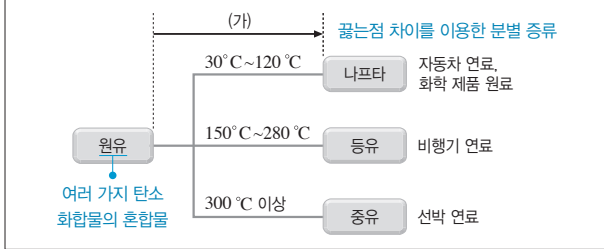
ㄱ. 나일론은 화석 연료로부터 얻은 최초의 합성 섬유이다.

ㄷ. 나일론과 실크는 구조식에 모두 탄소(C)가 포함되어 있으므로 탄소 화합물이다.

**바로알기** ㄴ. 나일론은 합성 섬유이고 실크는 천연 섬유이므로 나일론이 실크보다 질기고 신축성이 좋다.

## 5 원유의 분리

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)의 과정은 끓는점 차이를 이용한 것이다.
- ㉡ 원유의 분별 증류로 얻는 물질들은 탄소 화합물이다.
- ㉢ 우리 주변의 많은 물질이 원유로부터 얻어진다.

㉠. (가)의 과정은 끓는점 차이를 이용하여 혼합물을 분리하는 분별 증류 과정이다.

㉡, ㉢. 원유의 분별 증류로 얻는 물질들은 탄소를 포함하는 탄소 화합물로, 다양한 석유 화학 제품의 원료로 사용된다.

## 6 탄소 화합물의 종류

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠과 ㉡의 원자 수는 같다.
- ㉡  $\text{CH}_3\text{OH}$ 과  $\text{CH}_4$ 은 탄소 화합물이다.
- ㉢ 반응 II의 생성물은 연료로 이용된다.

㉠. ㉠은  $\text{CO}$ , ㉡은  $\text{H}_2$ 이므로 원자 수는 2로 같다.

㉡. 탄소 화합물은 탄소 원자가 수소, 산소, 질소, 플루오린 등의 여러 가지 원자들과 결합하여 이루어진 물질이다. 따라서  $\text{CH}_3\text{OH}$ 과  $\text{CH}_4$ 은 탄소 화합물이다.

㉢. 반응 II의 생성물인 메테인( $\text{CH}_4$ )은 가정용 연료 등으로 이용된다.

## 7 탄화수소의 종류

### [자료 분석]

	액화 천연가스	액화 석유 가스	
연료	LNG	LPG	
주성분	(가) $\text{CH}_4$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$
끓는점(°C)	$a = -162$	-42	-0.5

탄소 수가 커지므로 끓는점이 높아진다.

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 탄소 원자가 2개인 탄소 화합물이다. 1개
- ㉡  $a < -42$ 이다.
- ㉢ LPG를 이루는 탄소 화합물은 탄소 원자들의 결합이 고리 모양이다.

㉡. 탄화수소는 일반적으로 탄소 수가 많을수록 분자 사이의 인력이 커서 끓는점이 높다. 메테인( $\text{CH}_4$ )은 탄소 수가 프로페인( $\text{C}_3\text{H}_8$ )보다 작으므로 끓는점이 프로페인( $\text{C}_3\text{H}_8$ )보다 낮다. 메테인( $\text{CH}_4$ )의 끓는점은  $-162^\circ\text{C}$ 이다.

㉠. (가)는 메테인( $\text{CH}_4$ )으로 탄소 수가 1이다.

㉢. LPG의 주성분인 프로페인( $\text{C}_3\text{H}_8$ )과 뷰테인( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )은 탄소 원자들의 결합이 모두 사슬 모양이다.

## 8 탄화수소의 종류

### [자료 분석]

구분	(가)	(나)	(다)
분자식	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$
끓는점	-162	-89	-42

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 LNG의 주성분이다.
- ㉡ (가)~(다) 중 액체로 만들기 가장 어려운 것은 (다)이다. (가)
- ㉢ 수소 수 : 탄소 수 는 (가) > (나) > (다)이다.

㉠. (가)의 메테인은 LNG(액화 천연가스)의 주성분이다.

㉡. 수소 수 : 탄소 수 는 (가)~(다)가 각각 4, 3,  $\frac{8}{3}$  이므로 (가) > (나) > (다)이다.

㉢. 끓는점이 낮을수록 액체로 만들기 어렵다. 탄화수소는 탄소 수가 작을수록 끓는점이 낮으므로 (가)가 액체로 만들기 가장 어렵다.

## 9 탄화수소의 종류

### [자료 분석]

탄화수소	(가)	(나)	(다)
분자식	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$
H 원자 3개와 결합한 C 원자 수	$a=2$	$b=2$	3

### [선택지 분석]

- ㉠  $a=b$ 이다.
- ㉡ H 원자 2개와 결합한 C 원자 수는 (나)가 (가)보다 많다.
- ㉢ (다)에는 C 원자 3개와 결합한 C 원자가 있다.

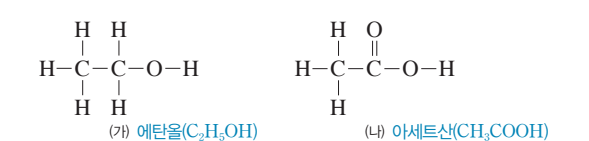
㉠. H 원자 3개와 결합한 C 원자 수는  $a=b=2$ 이다.

㉡. H 원자 2개와 결합한 C 원자 수는 (가)가 1, (나)가 2이다.

㉢. (다)에는 C 원자 3개와 결합한 C 원자가 1개 있다.

## 10 탄소 화합물의 종류

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

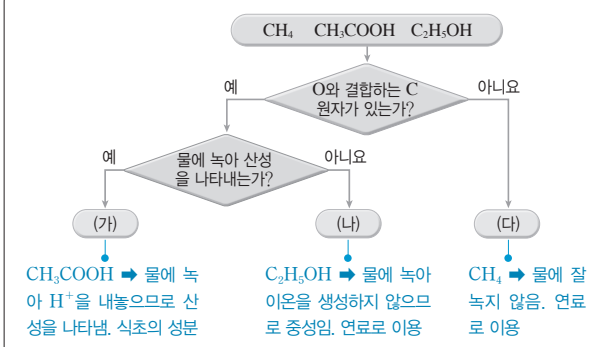
- ㉠ 물에 잘 녹는다.
- ㉡ 완전 연소하면  $\text{CO}_2$ 와  $\text{H}_2\text{O}$ 이 생성된다.
- ㉢ 2중 결합이 포함되어 있다. → (나)만 해당



- ㄱ. 에탄올과 아세트산은 물에 잘 녹는다.  
 ㄴ. 에탄올과 아세트산은 구성 원소의 종류가 모두 C, H, O이므로 완전 연소하면  $\text{CO}_2$ 와  $\text{H}_2\text{O}$ 이 생성된다.  
**바로알기** ㄷ. 2중 결합이 포함되어 있는 화합물은 (나)뿐이다.

## 11 탄소 화합물의 종류

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 식초의 성분이다.  
 ㉡ (나)와 (다)는 연료로 이용된다.  
 ✕ 물에 대한 용해도는 (다) > (나)이다. (나) > (다)

- ㄱ. O와 결합하는 C 원자가 있는 것은 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )과 에탄올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )이고, 물에 녹아 산성을 띠는 것은 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )이므로 (가)는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , (나)는  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , (다)는  $\text{CH}_4$ 이다.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 은 식초의 성분이다.  
 ㄴ.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 과  $\text{CH}_4$ 은 연료로 이용된다.  
**바로알기** ㄷ.  $\text{CH}_4$ 은 물에 거의 녹지 않고,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 은 물에 잘 녹는다. 따라서 물에 대한 용해도는 (나) > (다)이다.

## 12 탄소 화합물의 종류

### [자료 분석]

- 한 분자당 수소 수 / 탄소 수 는 (가) > (나)이다.  
 ↳ 한 분자당 수소 수 / 탄소 수 는 메테인이 4, 에탄올이 3, 아세트산이 2이다.
- 한 분자를 구성하는 원자 수는 (나) : (다) = 9 : 8이다.  
 ↳ 한 분자를 구성하는 원자 수는 메테인이 5, 에탄올이 9, 아세트산이 8이다.  
 따라서 (나)는 에탄올, (다)는 아세트산이다.  
 (가)는 한 분자당 수소 수 / 탄소 수 가 에탄올보다 크므로 메테인이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 액화 천연가스의 주성분이다.  
 ✕ (나)는 온실 기체 중 하나이다. (가)  
 ㉡ (다)는 의약품의 원료로 이용된다.

- (가)는 메테인( $\text{CH}_4$ ), (나)는 에탄올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), (다)는 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )이다.  
 ㄱ. (가)인 메테인은 액화 천연가스(LNG)의 주성분이다.  
 ㄷ. (다)인 아세트산은 의약품의 원료, 식초의 성분 등으로 이용된다.  
**바로알기** ㄴ. 온실 기체 중 하나는 (가)인 메테인이다. (나)와 (다)는 실온에서 액체 상태로 존재하는 물질이다.

## 02 화학식량과 몰

### 개념 확인 문제

본책 19쪽

- 1 (1) 원자량 (2) ㉠ 분자량 ㉡ 화학식량 (3) ㉠  $6.02 \times 10^{23}$  ㉡ 화학식량 (4) 22.4 2 0.5 mol,  $3.01 \times 10^{23}$  3 ㉠ 2 ㉡ 44.8 ㉢ 2 ㉣ 34 ㉤ 44 ㉥ 11.2

- 1 (1)  $^{12}\text{C}$ 의 원자량은 12로 원자량의 기준이다.  
 (2) 분자량은 분자의 상대적인 질량이고, 화학식량은 물질의 화학식을 이루는 각 원자들의 원자량을 합한 값이다.  
 (3), (4) 1몰의 입자 수 =  $6.02 \times 10^{23}$ , 1몰의 질량 = 화학식량 g, 기체 1몰의 부피 = 22.4 L (0 °C, 1기압)  
 2 0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로  $\text{CH}_4$  기체 11.2 L는 0.5몰이고, 분자 수는  $0.5 \times 6.02 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{23}$ 이다.

- 3 수소는 질량이 4 g이므로 수소의 양(mol)은  $\frac{4 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$ (㉠)이다. 따라서 부피는  $2 \times 22.4 \text{ L} = 44.8 \text{ L}$ (㉡)이다. 암모니아는 0 °C, 1기압에서 부피가 44.8 L이므로 암모니아의 양(mol)은 2몰(㉢)이다. 암모니아의 분자량이 17이므로 암모니아 2몰의 질량은  $17 \text{ g/mol} \times 2 \text{ mol} = 34 \text{ g}$ (㉣)이다. 이산화 탄소는 0.5몰이고, 질량이 22 g이므로 분자량은  $\frac{22 \text{ g}}{0.5 \text{ g/mol}} = 44 \text{ g}$ (㉤)이다. 또, 이산화 탄소 0.5몰의 부피는  $0.5 \times 22.4 \text{ L} = 11.2 \text{ L}$ (㉥)이다.

### 수능 자료 마스터

본책 20쪽

자료 ㉠ 1 ㉢

- 1  $\text{X}_2\text{Y}$ 의 질량은 용기 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로  $\text{X}_2\text{Y}$ 의 양(mol)도 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. 또한  $\text{X}_2\text{Y}_2$ 의 질량은 (가)에서가 (나)에서의 2배이므로  $\text{X}_2\text{Y}_2$ 의 양(mol)도 (가)에서가 (나)에서의 2배이다. (가)에서  $\text{X}_2\text{Y}$ 의 양(mol)을  $x$ 라고 한다면 (나)에서는  $2x$ 이고, (나)에서  $\text{X}_2\text{Y}_2$ 의 양(mol)을  $y$ 라고 한다면 (가)에서는  $2y$ 이다. (가)에서 전체 원자 수는  $3x + 8y = 19N$ 이고 (나)에서 전체 원자 수는  $6x + 4y = 14N$ 이므로  $x = N$ ,  $y = 2N$ 이다. 따라서 (가)에서 Y 원자 수는  $N + 8N = 9N$ 이고, (나)에서 Y 원자 수는  $2N + 4N = 6N$ 이므로  $\frac{\text{(가)에서 Y 원자 수}}{\text{(나)에서 Y 원자 수}} = \frac{9N}{6N} = \frac{3}{2}$ 이다.

### 수능 2점 다지기

본책 21쪽~22쪽

- 1 ㉢ 2 ㉠ 3 ㉠ 4 ㉣ 5 ㉤ 6 ㉣  
 7 ㉢ 8 ㉢

## 1 화학식량과 입자 수의 관계

### |선택지 분석|

- ☐ W 1g에 포함된 원자는 1몰이다.
- ☐  $XZ_2$ 와  $Y_2Z$ 의 분자량은 같다.
- ☒  $YW_3$  34g에 포함된 원자 수는  $2 \times 6 \times 10^{23}$ 이다.  $8 \times 6 \times 10^{23}$

원자 1몰의 질량 = 원자량 = 원자 1개의 질량  $\times 6 \times 10^{23}$ 이므로  
원자량은 W가 1, X가 12, Y가 14, Z가 16이다.

ㄱ. W의 원자량은 1이므로 W 1g에 포함된 원자는 1몰이다.

ㄴ.  $XZ_2$ 와  $Y_2Z$ 의 분자량은 모두 44로 같다.

**바로알기** ㄷ.  $YW_3$ 의 분자량은 17이므로  $YW_3$  34g에는 분자가 2몰 포함되어 있고, 원자는 총 8몰 포함되어 있다. 따라서  $YW_3$  34g에 포함된 원자 수는  $8 \times 6 \times 10^{23}$ 이다.

## 2 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

### |자료 분석|

화합물	분자식	부피(L)
(가)	$XY_4$	22
(나)	$Z_2$	11
(다)	$ZX_2$	8

질량이 같은 기체의  $\frac{1}{\text{부피}}$ 의 비는  
밀도비이고 이는 분자량비와 같다.  
따라서 분자량비는 (가) : (나) :  
(다) =  $\frac{1}{22} : \frac{1}{11} : \frac{1}{8}$ 이다.

### |선택지 분석|

- ☐ 분자량은  $XZ_2 > XY_4$ 이다.
- ☒ 1g에 들어 있는 원자 수는 (가)가 (나)의 2.5배이다. 5배
- ☒ 원자량은  $X > Z$ 이다.  $X < Z$

ㄱ. 분자량비는 같은 온도와 압력에서 밀도비와 같은데, (가) ~ (다)의 질량이 모두 같으므로  $\frac{1}{\text{부피}}$ 의 비는 밀도비와 같다. 밀도

비가  $XZ_2 : XY_4 = \frac{1}{8} : \frac{1}{22}$ 이므로 분자량은  $XZ_2 > XY_4$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 기체의 분자 수비는 부피비와 같으므로 원자 수비는 (가) : (나) =  $22 \times 5 : 11 \times 2$ 이다. 따라서 원자 수는 (가)가 (나)의 5배이다.

ㄷ. 분자량비는  $Z_2 : XZ_2 = \frac{1}{11} : \frac{1}{8} = 8 : 11$ 이므로 원자량비는  $X : Z = 3 : 4$ 이다. 따라서 원자량은  $X < Z$ 이다.

## 3 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

### |선택지 분석|

- ☐  $^{12}\text{C}$  1개의 질량은  $\frac{12.000}{\text{아보가드로수}}$  g이다.
- ☒ 1g에 있는 원자의 양(mol)은  $^1\text{H}$ 가 가장 작다.  $^{16}\text{O}$
- ☒  $^{12}\text{C}$  12.000g의 원자 수와  $^{16}\text{O}_2$  15.995g의 분자 수는 같다.  
↳  $^{12}\text{C}$  원자 수가  $^{16}\text{O}_2$  분자 수의 2배이다.

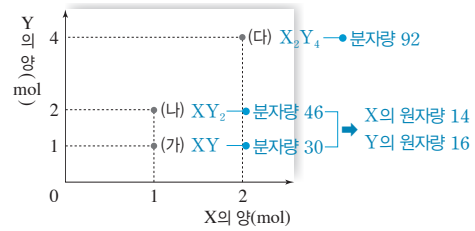
ㄱ.  $^{12}\text{C}$  1몰의 입자 수는 아보가드로수이고 1몰의 질량은 12.000g에 해당하므로  $^{12}\text{C}$  1개의 질량은  $\frac{12.000}{\text{아보가드로수}}$  g이다.

**바로알기** ㄴ. 원자의 양(mol)은 원자의 질량을 원자량으로 나눈 값에 해당하므로 1g에 있는 원자의 양(mol)은 원자량이 가장 큰  $^{16}\text{O}$ 가 가장 작다.

ㄷ.  $^{12}\text{C}$  12.000g에는 1몰의  $^{12}\text{C}$  원자가 있고,  $^{16}\text{O}_2$  15.995g에는 0.5몰의  $^{16}\text{O}_2$  분자가 있다.

## 4 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ☒ X의 원자량은 16이다. 14
- ☐ (다)의 분자량은 92이다.
- ☐ 1g에 포함된 원자 수는 (가)가 (나)보다 크다.

ㄴ. (다)의 분자식은  $X_2Y_4$ 이므로 분자량은 (나)의 2배인 92이다.  
ㄷ. (가)와 (나)의 분자식은 각각  $XY$ ,  $XY_2$ 이고 분자량이 30, 46이다. 1g에 포함된 원자 수는 (가)는  $\frac{1}{30} \times 2$ 몰이고, (나)는  $\frac{1}{46} \times 3$ 몰이므로 (가)가 (나)보다 크다.

**바로알기** ㄱ. (가)와 (나)의 분자량 차이는 Y의 원자량인 16이다. (가)의 분자량이 30이므로 X의 원자량은 14이다.

## 5 화학식량과 몰, 입자 수, 질량, 부피의 관계

### |자료 분석|

구분	분자량	밀도	질량	부피	양(mol)
기체 A	32	1.28 g/L	$1.28 \text{ g/L} \times 12.5 \text{ L} = 16 \text{ g}$	12.5 L	0.5 mol
액체 B	18	1.0 g/mL	$1.0 \text{ g/mL} \times 9.0 \text{ mL} = 9 \text{ g}$	9.0 mL	0.5 mol
메탄올	32		16 g		0.5 mol

### |선택지 분석|

- ☐ A의 분자량은 32이다.
- ☐ B와 메탄올 16g의 양(mol)은 같다.
- ☐ 메탄올 16g에 포함된 수소 원자의 양(mol)은 2몰이다.

ㄱ. 기체 A의 부피는 12.5 L이므로 A의 양(mol)은 0.5몰이다. 질량은  $1.28 \text{ g/L} \times 12.5 \text{ L} = 16 \text{ g}$ 이므로 A의 분자량은 32이다.

ㄴ. 액체 B의 질량은  $1.0 \text{ g/mL} \times 9.0 \text{ mL} = 9 \text{ g}$ 이므로 B의 양(mol)은 0.5몰이다. 메탄올의 질량은 16 g이고 분자량은 32이므로 메탄올의 양(mol)도 0.5몰이다.

ㄷ. 메탄올의 분자식은  $\text{CH}_3\text{OH}$ 이고, 메탄올 16g은 0.5몰이므로 메탄올 16g에 포함된 수소 원자의 양(mol)은 2몰이다.

## 6 화학식량과 몰, 입자 수, 질량, 부피의 관계

### |자료 분석|

분자식	$A_2B_4$	$A_4B_8$
부피(L) = 몰비	3 3n	2 2n
총 원자 수 (상댓값)	3 $6 \times 3n = 18n$	x=4 $12 \times 2n = 24n$
단위 부피당 질량 (상댓값)	y=1	2

### |선택지 분석|

- ☒ 2
- ☒ 3
- ☒ 4
- ☐ 5
- ☒ 6

25 °C, 1기압에서  $A_2B_4(g)$ 와  $A_4B_8(g)$ 의 부피가 각각 3 L, 2 L 이므로 각 기체의 분자 수는  $3n$ ,  $2n$ 이라고 가정할 수 있다.

1분자 당 원자 수가  $A_2B_4$ 는 6,  $A_4B_8$ 은 12이므로 총 원자 수는  $A_2B_4$ 가  $18n$ ,  $A_4B_8$ 이  $24n$ 이다. 따라서 총 원자 수비가  $A_2B_4 : A_4B_8 = 18n : 24n = 3 : 4$ 이므로  $x=4$ 이다.

또한, 단위 부피당 질량은 기체의 밀도와 같고, 기체의 온도와 압 력이 같을 때 기체의 밀도는 기체의 분자량에 비례한다. 분자량은  $A_4B_8$ 이  $A_2B_4$ 의 2배이므로 단위 부피당 질량도  $A_4B_8$ 이  $A_2B_4$ 의 2배이다. 따라서  $y=1$ 이고,  $x+y=5$ 이다.

## 7 화학식량과 몰, 입자 수, 질량의 관계

### [자료 분석]

• (가)와 (나)의 분자량 차이가 7인데, 원자량은  $B > A$ 이므로 A의 원자량이 7, B의 원자량이 8이다.

화합물	성분 원소	분자 당 구성 원자 수	분자의 상대적 질량	분자식
(가)	A, B	2	15	$AB$
(나)	A, B	3	22	$A_2B$
(다)	B, C	3	9	$BC_2$

### [선택지 분석]

- ㉠ (나)의 분자식은  $A_2B$ 이다.  
 ✕ 원자량비는  $A : B : C = 7 : 8 : 1$ 이다.  $14 : 16 : 1$   
 ㉡ 같은 질량에 들어 있는 B의 원자 수비는 (가) : (다) =  $3 : 5$ 이다.

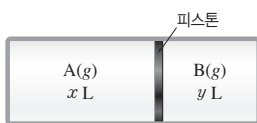
㉠. (가)와 (나)의 분자의 상대적 질량 차이 7은 원자량이 작은 A의 상대적 원자량이 된다. 따라서 B의 상대적 원자량은 8이고, (나)의 분자식은  $A_2B$ 이다.

㉡. (다)에서 B의 상대적 원자량이 8이므로 C의 상대적 원자량은 0.5이고, 분자식은  $BC_2$ 이다. (가)의 분자식은  $AB$ 이므로 같은 질량에 들어 있는 B의 원자 수비는 (가) : (다) =  $\frac{1}{15} : \frac{1}{9} = 3 : 5$ 이다.

바로알기 ㉢. 원자량비는  $A : B : C = 7 : 8 : 0.5 = 14 : 16 : 1$ 이다.

## 8 화학식량과 몰, 입자 수, 질량, 부피의 관계

### [자료 분석]



분자량은  $X_2$ 가  $X_3$ 보다 작고 같은 질량의 부피는  $A > B$ 이므로 A는  $X_2$ , B는  $X_3$ 이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ A는  $X_2$ 이다.  
 ㉡  $x : y = 3 : 2$ 이다.  
 ✕ 실린더 내부 기체의 밀도비는 A와 B가 같다.  $A : B = 2 : 3$

㉠. 기체의 양(mol)과 부피는 비례하므로 기체의 양(mol)은  $A > B$ 이다. A와 B는  $X_2$ ,  $X_3$  중 하나이므로 같은 질량을 넣었을 때 양(mol)이 큰 A는 분자량이 작은  $X_2$ 이다.

㉡. 같은 질량인 A와 B의 분자량비가  $A : B = 2 : 3$ 이므로 몰비는  $A : B = 3 : 2$ 이다. 기체의 양(mol)과 부피는 비례하므로 부피비는  $x : y = 3 : 2$ 이다.

바로알기 ㉢. 밀도비는  $A : B = \frac{1}{x} : \frac{1}{y} = 2 : 3$ 이다.

## 수능 3점 공부하기

본책 23쪽~25쪽

1 ①	2 ⑤	3 ⑤	4 ⑤	5 ①	6 ④
7 ①	8 ③	9 ②	10 ⑤	11 ④	12 ④

## 1 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

### [자료 분석]

기체	분자식	질량(g)	전체 원자 수 (상댓값)	단위 질량당 부피 (상댓값)
(가)	$A_nB_{2m}$ $A_3B_4$	5	$\frac{7}{8}N_A$	3
(나)	$A_mB_{2n}$ $A_2B_6$	5	$\frac{4}{3}N_A$	4

### [선택지 분석]

- ㉠  $n=3$ 이다.  
 ✕ (나)의 분자량은 60이다. 30  
 ✕ A의 원자량은 14이다. 12

㉠. (가)와 (나)의 질량이 5 g으로 같으므로 기체의 분자 수비는 단위 질량당 부피비와 같다. 분자 수비는 (가) : (나) =  $3 : 4$ 이므로 전체 원자 수비는 (가) : (나) =  $3 \times (n+2m) : 4 \times (m+2n) = \frac{7}{8} : \frac{4}{3}$ ,  $3m=2n$ 이다. 따라서 (가)의 실험식은  $A_{1.5m}B_{2m} = A_3B_4$ 이고 (가)는 실험식이 분자식과 같으므로  $m=2$ ,  $n=3$ 이다.

바로알기 ㉢. (가)의 전체 원자의 양(mol)은  $\frac{7}{8}$  몰이고 1분자당 원자 수는 7이므로 (가)의 양(mol)은  $\frac{1}{8}$  몰이다. (가) 5 g의 양(mol)이  $\frac{1}{8}$  몰이므로 분자량은 40이다. 분자량비는 (가) : (나) =  $4 : 3$ 이므로 (나)의 분자량은 30이다.

㉡. (가)의 분자량은 40이고 (나)의 분자량은 30이다. A의 원자량을  $a$ , B의 원자량을  $b$ 라고 할 때  $3a+4b=40$ ,  $2a+6b=30$ 이므로  $a=12$ ,  $b=1$ 이다.

## 2 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

### [자료 분석]

화합물	분자당 구성 원자 수	성분 원소의 질량비 (A : B)	같은 수의 A와 결합한 B의 질량 비(몰비)	분자식
X	3	7 : 4	4	$A_2B$
Y	3	7 : 16	16	$AB_2$
Z	5	7 : 12	12	$A_2B_3$

### [선택지 분석]

- ✕ 원자량은  $A > B$ 이다.  $A < B$   
 ㉡ Z의 분자식은  $A_2B_3$ 이다.  
 ㉢ X 1 g에 있는 A 원자의 양(mol)은 Y 1 g에 있는 B 원자의 양(mol)보다 크다.

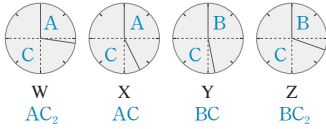
㉢. X와 Y는 분자당 구성 원자 수가 3이므로 분자식은 각각  $AB_2$  또는  $A_2B$ 이다. 또, 각 화합물의 성분 원소의 질량비로부터 같은 수의 A에 대한 B의 질량비가 4 : 16 : 12이므로 일정 수의 A와 결합한 B의 원자 수비는 1 : 4 : 3이다. 이로부터 X의 분자식은  $A_2B$ , Y의 분자식은  $AB_2$ , Z의 분자식은  $A_2B_3$ 이다.

ㄷ. X의 분자식은  $A_2B$ , Y의 분자식은  $AB_2$ 이다. X에서 A 원자 2개의 질량이 7이라고 할 때 B 원자 1개의 질량이 4이므로 원자량은 B가 A보다 크다. 원자량은 B가 A보다 크고, X에 있는 A 원자 수와 Y에 있는 B 원자 수가 같으므로 X 1g에 있는 A 원자의 양(mol)은 Y 1g에 있는 B 원자의 양(mol)보다 크다.

**바로알기** ㄱ. 원자량은 B가 A보다 크다.

### 3 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ☒ Y는  $BC_2$ 이다. BC
- ☐ 원자량은  $B > A$ 이다.
- ☐ X와 Z에서 C 원자 1몰당 결합한 A와 B의 몰비는 2 : 1이다.

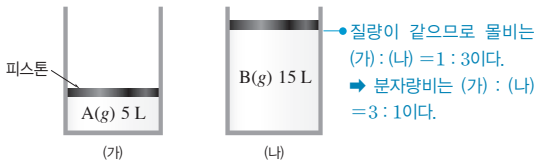
ㄴ. W와 X는 각각 AC와  $AC_2$  중 하나이고, 원자량은 C가 A보다 크므로 C의 질량비가 더 큰 W는  $AC_2$ 이고, X는 AC이다. Y와 Z는 각각 BC와  $BC_2$  중 하나이고, 원자량은 C가 B보다 크므로 C의 질량비가 더 큰 Z는  $BC_2$ 이고, Y는 BC이다. X와 Y 1분자당 C의 개수는 같고, A와 B의 질량비를 비교하면 B가 A보다 큰 것으로 보아 원자량은  $B > A$ 이다.

ㄷ. X는 AC이고, Z는  $BC_2$ 이므로 X에서 C 원자 2개와 결합한 A 원자의 개수는 2개이고, Z에서 C 원자 2개와 결합한 B 원자의 개수는 1개이다. 따라서 X와 Z에서 C 원자 1몰당 결합한 A와 B의 몰비는 2 : 1이다.

**바로알기** ㄱ. Y는 BC이다.

### 4 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ☐ (가)에서 A는  $\frac{1}{6}$  몰이다.
- ☐ 분자량은 A가 B의 3배이다.
- ☐ (나)에서 B의 분자식은  $C_2H_2$ 이다.

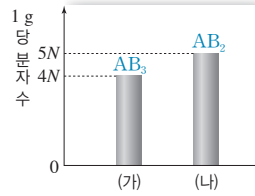
ㄱ. A의 양(mol)은  $\frac{A \text{의 부피(L)}}{90^\circ\text{C, 1기압에서 기체 1몰의 부피(L)}}$ 이다. 따라서  $\frac{5 \text{ L}}{30 \text{ L/mol}} = \frac{1}{6}$  mol이다.

ㄴ. 기체의 질량이 같을 때 기체의 양(mol)은 기체의 분자량에 반비례한다. A와 B의 질량은 각각 13 g으로 같고 부피로 보아 기체의 양(mol)은 B가 A의 3배이므로, 기체의 분자량은 A가 B의 3배이다.

ㄷ. B의 양(mol) =  $\frac{15 \text{ L}}{30 \text{ L/mol}} = \frac{13 \text{ g}}{B \text{의 몰 질량(g/mol)}}$ 이므로 B의 몰 질량은 26 g/mol이다. 따라서 B의 분자량은 26이며, C와 H의 원자량은 각각 12와 1이므로 B의 분자식은  $C_2H_2$ 이다.

### 5 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

#### [자료 분석]



1 g당 분자 수는 분자량에 반비례하므로 분자량이 클수록 1 g당 분자 수가 작다. (가)는  $AB_3$ 이고, (나)는  $AB_2$ 이며 분자량 비는 (가) : (나) =  $\frac{1}{4N} : \frac{1}{5N} = 5 : 4$ 이다.

#### [선택지 분석]

- ☐ 원자량은  $A > B$ 이다.
- ☒ 1 g당 원자 수는 (나) > (가)이다. (가) > (나)
- ☒ 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 (나) > (가)이다. (가) > (나)

ㄱ. 1 g당 분자 수는 분자량에 반비례하므로 분자량이 클수록 1 g당 분자 수가 작다. (가)는  $AB_3$ 이고, (나)는  $AB_2$ 이며 (가)와 (나)의 분자량비는 (가) : (나) =  $\frac{1}{4N} : \frac{1}{5N} = 5 : 4$ 이다. (가)의 분자량을  $5M$ , (나)의 분자량을  $4M$ 이라고 할 때, (가)와 (나)의 분자량 차이인  $M$ 은 B의 원자량이므로 A의 원자량은  $2M$ 이다. 따라서 원자량은 A가 B보다 크다.

**바로알기** ㄴ. 1 g당 원자 수는 (가)가  $4N \times 4 = 16N$ , (나)가  $5N \times 3 = 15N$ 이다. 따라서 1 g당 원자 수는 (가)가 (나)보다 크다. ㄷ. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 분자량이 큰 (가)가 (나)보다 기체의 밀도가 크다.

### 6 화학식량과 몰, 입자 수, 질량, 밀도의 관계

#### [선택지 분석]

- ☒  $0^\circ\text{C}$ , 1기압에서 생성된 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )의 밀도  
 ↳ 기준 I과 기준 II에서 밀도는 서로 같다.
- ☐ 생성된 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )의 분자 수
- ☐ 소모된 산소( $\text{O}_2$ )의 질량

ㄴ. 기준 I에서 탄소 1몰의 질량은 12.000 g이지만 기준 II에서 탄소 1몰의 질량은 다음 식에 의해 12.003 g이다.

$$12.000 \text{ g} : 15.995 = x : 16.000$$

$$x = 12.000 \text{ g} \times \frac{16.000}{15.995} = 12.003 \text{ g}$$

기준 II에서 탄소 1몰의 질량이 기준 I에서보다 크므로, 탄소 1몰에 들어 있는 탄소 원자 수는 기준 I보다 기준 II에서 더 많다. 따라서 탄소 1몰을 완전 연소시켰을 때 생성된 이산화 탄소의 분자 수도 기준 I보다 기준 II에서 더 많다.

ㄷ. 기준 I보다 기준 II에서 탄소 1몰의 질량과 원자 수가 더 크므로 탄소 1몰을 완전 연소시켰을 때 소모된 산소의 질량은 기준 I에서보다 기준 II에서 더 크다.

**바로알기** ㄱ. 원자량을 정하는 기준이 달라져도 원소의 실제 질량은 변하지 않으며, 온도와 압력이 같을 때 일정량의 분자가 차지하는 부피도 변하지 않는다. 따라서 0 °C, 1기압에서 생성된 이산화 탄소의 밀도는 기준 I과 기준 II에서 같은 값을 나타낸다.

## 7 화학식량과 몰, 입자 수의 관계

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒  $w=16$ 이다.  $w=8$   
☐ X의 원자량은 32이다.  
☒ 산소의 원자 수비는 (가) : (나) = 2 : 3이다. 1 : 3

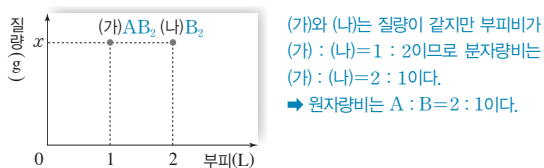
ㄴ. 온도와 압력이 같을 때 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자를 포함한다.  $H_2$ 의 분자량은 2이므로 (가)에서  $H_2$  1g의 양(mol)은 0.5몰이다. (가)와 (다)의 부피가 같으므로 (다)에서  $XO_3$ 의 양(mol)도 0.5몰이다.  $XO_3$  0.5몰의 질량이 40g이므로  $XO_3$ 의 분자량은 80이고, X의 원자량은 32이다.

**바로알기** ㄱ. (나)의 부피는 (가)의  $\frac{1}{2}$ 이므로  $O_2$ 의 양(mol)은 0.25몰이다.  $O_2$ 의 분자량은 32이므로  $O_2$  0.25몰의 질량은  $32 \text{ g/mol} \times 0.25 \text{ mol} = 8 \text{ g}$ 이다. 따라서  $w=8$ 이다.

ㄷ. (나)에서  $O_2$ 의 양(mol)은 0.25몰이므로 O 원자의 양(mol)은 0.5몰이다. (다)에서  $XO_3$ 의 양(mol)은 0.5몰이므로 O 원자의 양(mol)은 1.5몰이다. 따라서 산소의 원자 수비는 (가) : (나) = 1 : 3이다.

## 8 화학식량과 몰, 입자 수, 질량, 부피의 관계

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ (가)는  $AB_2$ 이다.  
☒ 원자량비는  $A : B = 2 : 1$ 이다.  
☒ 같은 질량에 포함된 전체 원자 수비는 (가) : (나) =  $\frac{3}{3} : \frac{8}{4}$ 이다.

ㄱ, ㄴ. 같은 질량의 부피비가 (가) : (나) = 1 : 2이므로 분자량비는 (가) : (나) = 2 : 1이다. 따라서 (가)는  $AB_2$ , (나)는  $B_2$ 이고, 원자량비는  $A : B = 2 : 1$ 이다.

**바로알기** ㄷ. 같은 질량에 포함된 전체 원자 수는  $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}} \times (1 \text{ 분자당 원자 수})$ 이므로 분자량을  $M$ 이라고 하면 (가) : (나) =  $\frac{x}{2M} \times 3 : \frac{x}{M} \times 2 = 3 : 4$ 이다.

## 9 화학식량과 몰, 입자 수, 부피의 관계

### [자료 분석]

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	$H_2$	$CH_4$	$NH_3$
기체의 양	$x \text{ g}$ $\frac{2}{2}$	$\frac{1}{2} N_A$	$V \text{ L}$
기체의 양(mol)	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
H 원자의 양(mol)	2	2	2
기체의 부피(L)	$\frac{3V}{2}$	$\frac{3V}{4}$	$V$
총 원자 수	$2N_A$	$\frac{5}{2} N_A$	$\frac{8}{3} N_A$

### [선택지 분석]

- ☒  $x=4$ 이다.  $x=2$   
☐ (나)의 부피는  $\frac{3V}{4} \text{ L}$ 이다.  
☒ (다)에 있는 총 원자 수는  $\frac{4}{3} N_A$ 이다.  $\frac{8}{3} N_A$

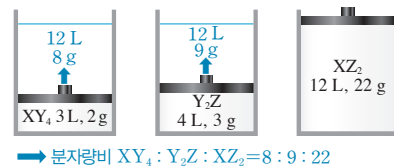
ㄴ. (나)에서 기체의 양(mol)이 0.5몰이므로 H 원자는 2몰이다. (다)에서도 H 원자가 2몰이므로  $NH_3$ 는  $\frac{2}{3}$  몰이다. (다)에서  $NH_3$   $\frac{2}{3}$  몰이 차지하는 부피가  $V \text{ L}$ 이므로 (나)에서  $CH_4$  0.5몰이 차지하는 부피를  $y$ 라고 하면,  $\frac{1}{2} \text{ 몰} : \frac{2}{3} \text{ 몰} = y : V$ 이다. 따라서 (나)의 부피  $y = \frac{3V}{4} \text{ L}$ 이다.

**바로알기** ㄱ. (나)에서 H 원자가 2몰이므로 (가)도 H 원자가 2몰이다. 따라서  $x=2$ 이다.

ㄷ. (다)에서 기체의 총 원자 수는  $\frac{2}{3} N_A \times 4 = \frac{8}{3} N_A$ 이다.

## 10 화학식량과 몰, 입자 수, 질량, 부피의 관계

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ X와 Z의 원자량의 비는 3 : 4이다.  
☐  $XY_4$ 와  $Y_2Z$ 의 분자량의 비는 8 : 9이다.  
☒  $XY_4$  2몰의 질량은  $Z_2$  1몰의 질량과 같다.

ㄱ, ㄴ.  $XY_4$  3L의 질량은 2g이므로  $XY_4$  12L의 질량은 8g이고,  $Y_2Z$  4L의 질량은 3g이므로  $Y_2Z$  12L의 질량은 9g이다. 즉, 기체 12L의 질량은 각각  $XY_4$  8g,  $Y_2Z$  9g,  $XZ_2$  22g이므로  $XY_4$ 의 분자량을 8이라고 가정하면  $Y_2Z$ 의 분자량은 9,  $XZ_2$ 의 분자량은 22이다. 한편, X의 원자량을  $x$ , Y는  $y$ , Z는  $z$ 라고 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$x + 4y = 8, 2y + z = 9, x + 2z = 22$$

위 식을 풀면  $x=6, y=0.5, z=8$ 이므로, X와 Z의 원자량비는 3 : 4이다.

ㄷ.  $XY_4$ 의 분자량은 8이고,  $Z_2$ 의 분자량은 16이므로  $XY_4$  2몰의 질량과  $Z_2$  1몰의 질량은 같다.



## 11 화학식량과 몰, 입자 수, 질량, 부피의 관계

### [자료 분석]

기체	분자식	질량(g)	부피(L)	분자 수	전체 원자 수 (상댓값)
(가)	AB	$y=45$		$1.5N_A$	4
(나)	$A_2B$	11	7		$z=1$
(다)	$AB_x$	23		$0.5N_A$	2

### [선택지 분석]

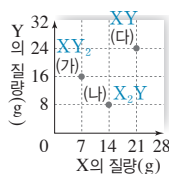
- ☒ 9      ☒ 11      ☒ 12  
☒ 15      ☒ 18

(가) AB의  $1.5N_A$ 와 (다)  $AB_x$ 의  $0.5N_A$ 에서 전체 원자 수비는  
 (가) : (다) =  $1.5 \times 2 : 0.5 \times (1+x) = 2 : 1$ 이므로  $x=2$ 이다.  
 $t^\circ\text{C}$ , 1기압에서 기체 1몰의 부피는 28 L이므로 (나)  $A_2B$  7 L  
 는 0.25몰이고, 질량은 11 g이므로 분자량은 44이다. (다)  $AB_2$   
 $0.5N_A$ 는 0.5몰이므로 분자량은 46이다.  
 (나)  $A_2B$ 와 (다)  $AB_2$ 의 분자량의 합은  $3 \times (A \text{의 원자량} + B \text{의 원자량}) = 90$ 이므로 AB의 분자량은 30이고, (가) AB  $1.5N_A$ 는  
 $1.5$ 몰이므로  $\frac{y}{30} = 1.5$ ,  $y=45$ 이다.  
 (가)와 (나)의 전체 원자 수비는 (가) : (나) =  $1.5 \times 2 : 0.25 \times 3$   
 =  $4 : z$ ,  $z=1$ 이다. 따라서  $\frac{y}{x+z} = \frac{45}{2+1} = 15$ 이다.

## 12 화학식량과 몰, 입자 수, 질량, 부피의 관계

### [자료 분석]

- (가)~(다)는 각각 실험식과 분자식이 같다.
  - (다)를 구성하는 X 원자의 수와 Y 원자의 수는 같다.
- (다)의 실험식과 분자식은  $XY$ 이다.



### [선택지 분석]

- ☒ 분자량은 (다)가 (가)보다 크다. 작다  
☒ 1 g 속에 들어 있는 분자의 양(mol)은 (나)가 (가)보다 크다.  
☒ 1몰의 X와 결합하는 Y의 양(mol)은 (다)가 (나)의 2배이다.

(가)~(다)는 각각 실험식과 분자식이 같고, (다)를 구성하는 X 원  
 자의 수와 Y 원자의 수는 같으므로 (다)의 실험식과 분자식은  
 $XY$ 이다. 또, (다)는 구성 원자의 질량비가  $X : Y = 21 : 24 = 7$   
 $: 8$ 이므로 원자량비가  $X : Y = 7 : 8$ 이다.  
 (가)에서 X와 Y의 질량비가  $X : Y = 7 : 16$ 이고 원자 수비는  $X$   
 $: Y = 1 : 2$ 이므로 실험식과 분자식은  $XY_2$ 이다. 또한 (나)에서  
 $X$ 와 Y의 질량비가  $X : Y = 14 : 8$ 이고 원자 수비는  $X : Y = 2$   
 $: 1$ 이므로 실험식과 분자식은  $X_2Y$ 이다.  
 나. 원자량은 Y가 X보다 크므로 분자량은 (가)  $XY_2$ 가 (나)  $X_2Y$   
 보다 크다. 따라서 같은 질량 속에 들어 있는 분자의 양(mol)은  
 (나)가 (가)보다 크다.  
 다. (나)의 분자식은  $X_2Y$ 이고, (다)의 분자식은  $XY$ 이므로 같은  
 양(mol)의 X와 결합하는 Y의 양(mol)은 (나) : (다) =  $1 : 2$ 이다.  
 바로알기 ㄱ. (가)의 분자식은  $XY_2$ 이고, (다)의 분자식은  $XY$ 이  
 므로 분자량은 (가)가 (다)보다 크다.

## 03 화학 반응식과 용액의 농도

### 개념 확인 문제

본책 27쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○    2 (1) × (2) ○ (3) × (4) ×

- 1 (1)  $N_2$ 의 분자량은 28이므로  $N_2$  28 g은 1몰이다. 화학 반응  
 식의 계수비는  $N_2 : NH_3 = 1 : 2$ 이고, 계수비와 몰비는 같으  
 므로  $N_2$  1몰이 반응할 때 생성되는  $NH_3$ 는 2몰이다.  
 (2) 화학 반응식의 계수비는 몰비와 같으므로  $N_2$  3몰과  $H_2$  3몰이  
 반응하면  $N_2$  2몰이 남고  $NH_3$  2몰이 생성된다.  
 (3)  $H_2$  6 g은 3몰이므로 충분한 양의  $N_2$ 와 반응시켜 생성되는  
 $NH_3$ 는 2몰이다.  $0^\circ\text{C}$ , 1기압에서  $NH_3$  2몰의 부피는  $2 \text{ mol} \times$   
 $22.4 \text{ L/mol} = 44.8 \text{ L}$ 이다.  
 2 (1) 0.1 M 포도당 수용액 500 mL에 들어 있는 포도당의 양  
 (mol)은  $0.1 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이다.  
 (2) 포도당의 분자량은 180이므로 포도당 0.05몰은  $180 \text{ g/}$   
 $\text{mol} \times 0.05 \text{ mol} = 9 \text{ g}$ 이다.  
 (3) 포도당 0.05몰을 더 녹이면 포도당의 양(mol)은 0.1몰이 되  
 지만, 용액의 부피가 500 mL보다 커지므로 수용액의 농도는  
 0.2 M보다 작아진다.  
 (4) 수용액이 들어 있는 용기는 부피 플라스크로, 일정한 몰 농도  
 의 용액을 만들 때 사용한다.

### 여기서 장광!

본책 28쪽

Q1 66 g

Q2 5 L

Q3 11.2 L

Q1  $C_3H_8$  연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.  
 $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$

$C_3H_8$ 의 분자량은 44이므로  $C_3H_8$  22 g의 양(mol)은  $\frac{22 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}}$   
 $= 0.5 \text{ mol}$ 이다. 화학 반응식의 계수비는 몰비와 같으므로 몰비  
 는  $C_3H_8 : CO_2 = 1 : 3$ 이다. 따라서  $C_3H_8$  22 g이 완전 연소될  
 때 생성되는  $CO_2$ 의 양(mol)은 1.5몰이고,  $CO_2$ 의 분자량이 44  
 이므로 질량은  $1.5 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 66 \text{ g}$ 이다.

Q2 암모니아 생성 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.  
 $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

화학 반응식의 계수비가  $N_2 : NH_3 = 1 : 2$ 이므로  $NH_3$  10 L를  
 얻기 위해 필요한  $N_2$ 의 부피는 5 L이다.

Q3 마그네슘과 염산의 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.  
 $Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

$Mg$  12.15 g은  $\frac{12.15 \text{ g}}{24.3 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이다. 화학 반응식의 계  
 수비가  $Mg : H_2 = 1 : 1$ 이므로  $Mg$  12.15 g이 반응할 때 생성되  
 는  $H_2$ 의 양(mol)은 0.5몰이다.  $0^\circ\text{C}$ , 1기압에서  $H_2$  0.5몰의 부  
 피는  $0.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 11.2 \text{ L}$ 이다.

자료 1 ②

2 ③

1 반응 전후 질량은 보존되며, 반응물의 계수의 합이 생성물의 계수의 합보다 크면 반응이 일어나면서 전체 기체의 부피가 감소한다. 따라서  $a > 1$ 이다.

분자량이 A가 B의 2배이므로 A의 분자량을  $2M$ , B의 분자량을  $M$ 이라 하고, 실험 I에서 반응물의 질량이  $w$  g으로 같으므로 기체의 양(mol)은 B가 A의 2배이다. 따라서 실험 I에서 A(g)가 모두 반응하였고 양적 관계는 다음과 같다.

[실험 I]	$aA(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	$\frac{w}{2M}$	$\frac{w}{M}$	
반응(mol)	$-\frac{w}{2M}$	$-\frac{w}{2aM}$	$+\frac{2w}{2aM}$
반응 후(mol)	0	$\frac{w}{M} - \frac{w}{2aM}$	$\frac{2w}{2aM}$

일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 반응 전 : 반응 후 =  $V : \frac{5}{6}V = \frac{w}{2M} + \frac{w}{M} : \frac{w}{M} + \frac{w}{2aM}$ 이다. 따라서  $a=2$ 이다.

A와 B의 분자량비와 계수비가 2 : 1이므로 반응 질량비는 A : B =  $2M \times 2 : M \times 1 = 4 : 1$ 이다. 따라서 A~C의 반응 질량비는 A : B : C = 4 : 1 : 5이다. 실험 I에서 반응한 A의 질량이  $w$  g이므로 생성된 C의 질량은  $\frac{5w}{4}$  g이며, 반응 후 부피가

$\frac{5}{6}V$  L이므로 C의 단위 부피당 질량은  $\frac{\frac{5w}{4}}{\frac{5}{6}V} = \frac{3w}{2V}$ 이다.

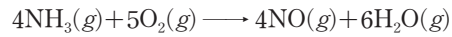
실험 II에서 반응물의 질량이 A는  $4w$  g, B는  $2w$  g이고, 반응 질량비가 A : B = 4 : 1이므로 A가 모두 반응한다. 따라서 실험 II의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

[실험 II]	$2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	$\frac{4w}{2M}$	$\frac{2w}{M}$	
반응(mol)	$-\frac{4w}{2M}$	$-\frac{2w}{2M}$	$+\frac{4w}{2M}$
반응 후(mol)	0	$\frac{2w}{M} - \frac{2w}{2M}$	$\frac{4w}{2M}$

반응 후 생성된 C의 질량은  $5w$  g이고, 전체 기체의 양(mol)은  $\frac{2w}{M} - \frac{2w}{2M} + \frac{4w}{2M} = \frac{6w}{2M}$ 몰이다. 실험 I에서 전체 기체의 양(mol)은  $\frac{w}{M} - \frac{w}{2aM} + \frac{2w}{2aM} = \frac{5w}{4M}$ 몰, 부피는  $\frac{5}{6}V$  L이므로 실험 II에서 전체 기체의 부피는  $2V$  L이다. 따라서 실험 II에서 C의 단위 부피당 질량은  $\frac{5w}{2V}$ 이다.

반응 후 I에서 C의 단위 부피당 질량 =  $\frac{\frac{3w}{2V}}{\frac{5w}{2V}} = \frac{3}{5}$ 이다.

2 질량 보존 법칙에 의해 반응 전후 원자의 종류와 수는 같다. 따라서 제시된 화학 반응식의 계수를 맞추면 다음과 같다.



실험 I에서 반응물의 양(mol)은  $NH_3$ 가 2몰( $= \frac{34 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}}$ ),  $O_2$

가  $\frac{25}{8}$  몰( $= \frac{100 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}}$ )이다. 화학 반응식의 계수비는  $NH_3 : O_2 = 4 : 5$ 이고, 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같다. 따라서  $NH_3$  2몰과  $O_2$  2.5몰이 반응하여 NO 2몰과  $H_2O$  3몰이 생성된다.

실험 II에서 반응물의 양(mol)은  $NH_3$ 가 4몰,  $O_2$ 가 2.5몰이므로  $NH_3$  2몰과  $O_2$  2.5몰이 반응하여 NO 2몰과  $H_2O$  3몰이 생성된다.

ㄱ.  $a=4$ ,  $b=5$ ,  $c=4$ ,  $d=6$ 이므로  $a+b=9$ ,  $c+d=10$ 이다. 따라서  $a+b < c+d$ 이다.

ㄴ. 실험 I에서  $H_2O$  3몰이 생성되고  $H_2O$ 의 분자량은 18이므로 생성된  $H_2O$ 의 질량은 54 g이다. 따라서 ㉠은 54이다.

바로알기 ㄷ. 실험 II에서 생성된 NO의 양(mol)은 2몰이고, 기체 1몰의 부피는  $t^\circ\text{C}$ , 1기압에서 24 L이므로 생성된 NO의 부피는 48 L이다. 따라서 ㉡은 48이다.

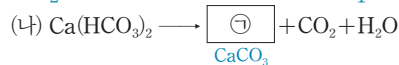
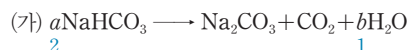
## 수능 2점 다지기

본책 30쪽 ~ 32쪽

1 ②	2 ⑤	3 ②	4 ①	5 ④	6 ①
7 ①	8 ④	9 ①	10 ①	11 ④	12 ⑤

### 1 화학 반응식에서의 양적 관계

#### [자료 분석]



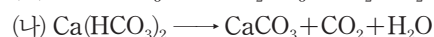
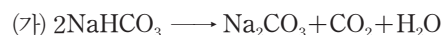
#### [선택지 분석]

✗  $a+b=4$ 이다.  $a+b=3$

ㄴ ㉠은  $CaCO_3$ 이다.

✗ (가)와 (나)의 각 반응에서 반응물 1몰을 반응시켰을 때 생성되는  $CO_2$ 의 양(mol)은 같다. 다르다

ㄴ. 반응 전후에 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 계수를 맞추어 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



따라서 ㉠은  $CaCO_3$ 이다.

바로알기 ㄱ.  $a=2$ ,  $b=1$ 이므로  $a+b=3$ 이다.

ㄷ. 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같다. 계수비는 (가)에서  $NaHCO_3 : CO_2 = 2 : 1$ 이고, (나)에서  $Ca(HCO_3)_2 : CO_2 = 1 : 1$ 이므로 반응물 1몰을 반응시켰을 때 생성되는  $CO_2$ 의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

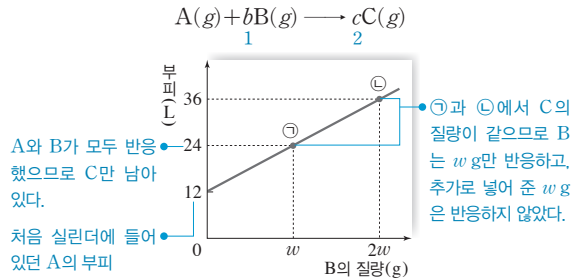


ㄷ. CO<sub>2</sub>의 양(mol)을 구하기 위해 25 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피를 알아야 한다.

**바로알기** ㄱ. 생성된 CO<sub>2</sub>의 부피를 이용하여 M<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1g의 양(mol)을 구하였으므로 HCl 1몰의 질량은 필요하지 않다.

## 6 화학 반응식에서의 양적 관계

[자료 분석]



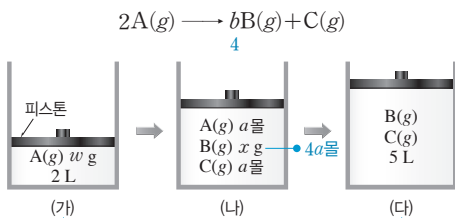
[선택지 분석]

- ☒ ㉑ -2w    ☒ ㉒ -w    ☒ ㉓ 0  
☒ w    ☒ 2w

㉑과 ㉒에서 생성된 C의 질량이 같으므로 반응 초기 A 12L는 ㉑의 B w g과 모두 반응하여 C 24L가 생성되었음을 알 수 있다. 한편 ㉑에 B w g을 추가했을 때 증가한 부피가 12 L이므로 B w g의 부피가 12 L임을 알 수 있다. 따라서 ㉑에서 반응에 참여한 기체의 부피비는 A : B : C = 12 L : 12 L : 24 L이므로 화학 반응식의 계수비는 1 : 1 : 2이다. B w g인 12 L는 0.5몰에 해당하므로 B의 분자량은 2w이다. b=1, c=2이고, B의 분자량은 2w이므로 (b-c) × (B의 분자량) = -2w이다.

## 7 화학 반응식에서의 양적 관계

[자료 분석]



A가 모두 반응하여 B와 C가 생성되었고, A 2 L가 반응하여 생성된 B와 C의 부피 합이 5 L이다.

- (가)~(나)의 질량은 모두 w g으로 일정하고, 기체의 부피비는 (가) : (나) = 2 : 5이다.  $\Rightarrow b=4$
- (나)에서 C가 a mol 생성되므로 B의 양(mol)은 4a몰이다.
- A의 분자량을 27M, C의 분자량을 8M이라고 하면 (나)의 질량은 27aM + x + 8aM이고, (가)와 (나)의 질량이 같으므로 27aM + x + 8aM = w이다.

[선택지 분석]

- ☒ ㉑  $\frac{46}{81}w$     ☒ ㉒  $\frac{16}{27}w$     ☒ ㉓  $\frac{2}{3}w$   
☒  $\frac{23}{27}w$     ☒  $\frac{73}{81}w$

(가)에 존재하는 A가 모두 반응하여 (나)에서 B와 C만 존재하므로 A 2 L가 반응하여 생성된 B와 C의 부피 합이 5 L이다. 화학 반응식에서 계수비는 부피비와 같으므로 반응 부피비는 A : B : C = 2 : b : 1이다. A가 2 L 반응했으므로 B b L, C 1 L가 생성되고, b+1=5에서 b=4이다.

분자량비가 A : C = 27 : 8이므로 A와 C의 분자량을 각각 27M, 8M이라고 하면 (가)에 존재하는 A의 양(mol)은  $\frac{w}{27M}$ 몰이다. (나)에서 생성된 C가 a몰이면 B의 양(mol)은 4a몰이고, 반응한 A의 양(mol)은 2a몰이다. (나)에서 반응 후 남은 A의 양(mol)은  $\frac{w}{27M} - 2a = a$ 몰이므로  $aM = \frac{w}{81}$ 이다.

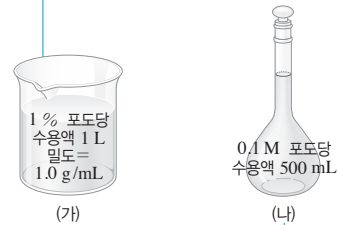
질량(g) = 몰 질량(g/mol) × 물질의 양(mol)이므로 (나)에 존재하는 물질의 질량(g)은 A 27aM g, B x g, C 8aM g이고, 반응 전후에 질량은 변하지 않으므로 (가)의 질량과 (나)의 질량이 같다. 따라서  $27aM + x + 8aM = w$ 이고,  $aM = \frac{w}{81}$ 이므로

(나)에서 B의 질량(g)인  $x = w - 35aM = w - \frac{35}{81}w = \frac{46}{81}w$ 이다.

## 8 퍼센트 농도와 몰 농도

[자료 분석]

- 수용액의 질량: 1.0 g/mL × 1000 mL = 1000 g
- 포도당의 질량:  $\frac{x}{1000} \times 100 = 1\%$ , x = 10 g



- 포도당의 양(mol): 0.1 M × 0.5 L = 0.05 mol
- 포도당의 질량: 0.05 mol × 180 g/mol = 9 g

[선택지 분석]

- ☒  $\frac{1}{2}$     ☒  $\frac{9}{10}$     ☒ 1  
☒  $\frac{10}{9}$     ☒ 2

(가)에서 수용액의 밀도가 1.0 g/mL이므로 수용액의 질량은 1.0 g/mL × 1000 mL = 1000 g이다. 수용액의 퍼센트 농도가 1%이므로 수용액에 녹아 있는 포도당의 질량은 10 g이다.

(나)에서 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 0.1 M × 0.5 L = 0.05 mol이고, 포도당의 질량은 0.05 mol × 180 g/mol = 9 g이다. 따라서  $\frac{(가)에서 포도당의 질량(g)}{(나)에서 포도당의 질량(g)} = \frac{10}{9}$ 이다.

## 9 퍼센트 농도와 몰 농도

[자료 분석]

• X의 질량: 10 g

수용액	용질	수용액의 양	퍼센트 농도(%)	몰 농도(M)	용질의 분자량
(가)	X	100 g	10		
(나)	Y	1 L	㉑=1	0.2	㉒=50

• (나) 수용액의 질량: 1000 g

[선택지 분석]

- ☒ ㉑    ☒ ㉒    ☒ ㉓    ☒ ㉔  
☒ 1    50    ☒ 1    100  
☒ 2    50    ☒ 2    100  
☒ 3    50



수용액 (가)와 (나)는 같은 질량의 용질을 녹였으므로 수용액 (가)에서 수용액 양이 100 g이고 퍼센트 농도가 10 %이므로 X의 질량은 10 g이다. 따라서 수용액 (나)에서 Y의 질량도 10 g이다. 수용액 (나)의 양이 1 L이고 몰 농도가 0.2 M이므로 Y의 양(mol)은 0.2몰이므로  $\frac{10 \text{ g}}{\text{㉠}} = 0.2 \text{ mol}$ 이다. 따라서 ㉠은 50이다. (나)의 밀도는 1.0 g/mL이므로 1 L는 1000 g과 같다. 퍼센트 농도인 ㉡ =  $\frac{10 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100$ 이므로 ㉡은 1이다.

## 10 화학 반응식에서의 양적 관계와 몰 농도

### [자료 분석]

(가) 마그네슘(Mg) 12 g을 0.1 M HCl(aq)에 넣어 모두 반응시킨다.



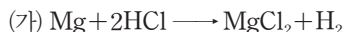
(나) 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>) 10 g을 0.1 M HCl(aq)에 넣어 모두 반응시킨다.



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서 필요한 0.1 M HCl(aq)의 부피는 10 L이다.  
~~㉡~~ (나)에서 필요한 0.1 M HCl(aq)의 부피는 1 L이다. 2 L  
~~㉢~~ 발생한 기체의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2.5배이다. 5배

(가)와 (나)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



㉠. Mg 12 g은 0.5몰이고, 화학 반응식의 계수비는 Mg : HCl = 1 : 2이므로 Mg 12 g이 모두 반응하기 위한 HCl의 양(mol)은 1몰이다. 따라서 HCl 1몰이 들어 있으려면 0.1 M HCl(aq) 10 L가 필요하다.

**바로알기** ㉡. CaCO<sub>3</sub> 10 g은 0.1몰이고, 화학 반응식의 계수비는 CaCO<sub>3</sub> : HCl = 1 : 2이므로 CaCO<sub>3</sub> 10 g과 모두 반응하기 위한 HCl의 양(mol)은 0.2몰이다. 따라서 HCl 0.2몰이 들어 있으려면 0.1 M HCl(aq) 2 L가 필요하다.

㉢. 발생한 기체는 (가)에서 H<sub>2</sub>, (나)에서 CO<sub>2</sub>이다. (가)에서는 Mg이 0.5몰 반응하므로 H<sub>2</sub>가 0.5몰 발생하고, (나)에서는 CaCO<sub>3</sub>이 0.1몰 반응하므로 CO<sub>2</sub>가 0.1몰 발생한다. 따라서 발생한 기체의 양(mol)은 (가)가 (나)의 5배이다.

## 11 혼합 용액의 몰 농도

### [자료 분석]

㉠ HCl의 양(mol):  $1.0 \text{ M} \times 0.02 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$

(가) 1.0 M HCl(aq) 20 mL와 2.0 M HCl(aq) 30 mL를 부피 플라스크에 넣는다.

㉡ HCl의 양(mol):  $2.0 \text{ M} \times 0.03 \text{ L} = 0.06 \text{ mol}$

(나) (가)의 용액에 증류수를 가하여 전체 부피를 100 mL로 만든다.

㉢ 0.1 L



### [선택지 분석]

- ~~㉠~~ 0.5      ~~㉡~~ 0.6      ~~㉢~~ 0.7  
~~㉣~~ 0.8      ~~㉤~~ 0.9

(가)에서 1.0 M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 HCl의 양(mol)은  $1.0 \text{ M} \times 0.02 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이고, 2.0 M HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 HCl의 양(mol)은  $2.0 \text{ M} \times 0.03 \text{ L} = 0.06 \text{ mol}$ 이다. 따라서 수용액에 들어 있는 HCl의 양은 0.08 mol이고, 수용액의 부피는 0.1 L (= 100 mL)이므로 몰 농도는  $\frac{0.08 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.8 \text{ M}$ 이다.

## 12 퍼센트 농도와 몰 농도

### [자료 분석]

#### [실험 과정]

(가) KHCO<sub>3</sub> 1 g을 100 mL 부피 플라스크에 넣고 물에 녹인 후 눈금선까지 물을 채운다.

㉠ 용질의 양(mol):  $\frac{1 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$

㉡ 몰 농도:  $\frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$

(나) 피펫을 이용하여 (가)의 수용액 x mL를 500 mL 부피 플라스크에 넣고 눈금선까지 물을 채워  $1 \times 10^{-3} \text{ M}$  수용액을 만든다. 용질의 양  $1 \times 10^{-3} \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$

㉢ x의 부피:  $0.1 \text{ M} \times V \text{ L} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$   
 $V = 0.005 \text{ L} \Rightarrow x = 5 \text{ (mL)}$

(다) (나)에서 만든 수용액의 밀도를 측정한다.

#### [실험 결과]

㉣ (다)에서 측정한 수용액의 밀도: d g/mL

### [선택지 분석]

㉠ (가)의 수용액의 몰 농도는 0.1 M이다.

~~㉡~~ x = 10이다. 5

㉢ (나)에서 만든 수용액의 퍼센트 농도는  $\frac{1}{100d} \%$ 이다.

㉣. KHCO<sub>3</sub>의 화학식량은 100이므로 1 g은 0.01몰이고, 이를 100 mL의 부피 플라스크에 넣으므로 몰 농도(M)는  $\frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다.

㉤. (나) 수용액의 몰 농도는  $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 1 L의 용액에 0.001몰의 용질이 녹아 있는 것이다. 수용액의 밀도가 d g/mL이므로 용액 1 L는 1000d g이고, 용질의 질량은 0.1 g이므로 수용액의 퍼센트 농도는  $\frac{0.1 \text{ g}}{1000d \text{ g}} \times 100 = \frac{1}{100d} \%$ 이다.

**바로알기** ㉥. 500 mL 부피 플라스크에  $1 \times 10^{-3} \text{ M}$  수용액을 만들기 위해서는  $5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 의 용질이 필요하다.  $0.1 \text{ M} \times V \text{ L} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이므로  $V = 0.005 \text{ L}$ , x = 5 (mL)이다.

## 수능 3점 굳히기

본책 33쪽~35쪽

1 ㉡	2 ㉢	3 ㉢	4 ㉤	5 ㉣	6 ㉣
7 ㉣	8 ㉠	9 ㉡	10 ㉣	11 ㉤	12 ㉤



## 1 화학 반응식에서의 양적 관계

### |자료 분석|

• 화학 반응식:  $2MX_2(s) \longrightarrow 2MX(s) + X_2(g)$

### |실험 과정|

(가)  $MX_2$   $w$  g을 반응 용기에 넣고 모두 반응시킨다.

(나)  $MX$ 의 질량을 측정한다.

(다)  $X_2$ 의 부피를 측정한다.

### |실험 결과|

•  $MX$ 의 질량:  $0.65w$  g  $\rightarrow X_2$ 의 질량(g) =  $w$  g -  $0.65w$  g =  $0.35w$  g

•  $X_2$ 의 부피: 122 mL (25 °C, 1기압)

$$\rightarrow X_2 \text{의 양(mol)} = \frac{0.122 \text{ L}}{24.4 \text{ L/mol}} = 0.005 \text{ mol}$$

### |선택지 분석|

☒ 15w

☒ 30w

☒ 35w

☒ 45w

☒ 65w

반응 전 반응물의 질량은 반응 후 생성물의 질량의 합과 같다. 반응 전  $MX_2$ 의 질량이  $w$  g이고, 생성된  $MX$ 의 질량이  $0.65w$  g이므로 생성된  $X_2$ 의 질량은  $0.35w$  g이다. 또한, 화학 반응식의 계수비와 반응 몰비는 같으며, 생성된  $X_2$ 의 양(mol)은  $\frac{0.122 \text{ L}}{24.4 \text{ L/mol}} = 0.005 \text{ mol}$ 이므로 생성된  $MX$ 의 양(mol)은 0.01몰이다.  $MX$  0.01몰의 질량은  $0.65w$  g이고, 여기에 포함된  $X$ 의 양(mol)은 0.01몰, 질량은  $0.35w$  g이므로  $M$ 의 양(mol)은 0.01몰, 질량은  $0.30w$  g이다.

$M$ 의 원자량을  $x$ 라고 할 때,  $M$ 의 양(mol)은  $\frac{M \text{의 질량(g)}}{M \text{의 몰 질량(g/mol)}}$   
 $= \frac{0.30w \text{ g}}{x \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$ 이므로  $M$ 의 원자량( $x$ )은  $30w$ 이다.

## 2 화학 반응식에서의 양적 관계

### |자료 분석|



반응 전

화학 반응식:  $2XY + Y_2 \longrightarrow 2XY_2$

구분	반응 전	반응 후
기체의 종류	XY, Y <sub>2</sub>	XY <sub>2</sub> , Y <sub>2</sub>
전체 기체의 부피(L)	4V	3V

부피비는 분자 수비와 같으므로  
 반응 후 분자 수를  $n$ 이라고 하면  
 $8 : n = 4 : 3$ 이므로  $n$ 은 6이다.

### |선택지 분석|

☒ XY

☒ XY<sub>2</sub>

☒ XY

☒ X<sub>2</sub>Y

☒ Y<sub>2</sub>

☒ XY<sub>2</sub>

☒ Y<sub>2</sub>

☒ X<sub>2</sub>Y

☒ Y<sub>2</sub>

☒ X<sub>3</sub>

반응 전과 후 기체의 온도와 압력이 일정하므로, 반응 전과 후 기체의 부피비는 분자 수비와 같다.

반응 전 실린더 속에 존재하는 분자 수는 XY 4개, Y<sub>2</sub> 4개로 총 8개의 분자가 존재한다. 반응 전과 후의 부피비는 분자 수비와 같으므로 반응 후 존재하는 분자 수를  $n$ 이라고 하면  $8 : n = 4 : 3$ 에서  $n = 6$ 으로, 반응 후 총 6개의 분자가 존재한다.

반응 후 실린더에 존재하는 생성물(㉠)은 X를 포함하는 3원자 분자이므로 X<sub>2</sub>Y와 XY<sub>2</sub> 중 하나이다.

반응 전후에 원자의 종류와 수가 같으므로, 생성물이 X<sub>2</sub>Y일 때 반응 후 분자 수는 X<sub>2</sub>Y 2개와 Y<sub>2</sub> 5개이고, 생성물이 XY<sub>2</sub>일 때 반응 후 분자 수는 XY<sub>2</sub> 4개와 Y<sub>2</sub> 2개이므로 반응 후 존재하는 분자 수가 6개인 생성물(㉠)은 XY<sub>2</sub>이다. 따라서 반응하고 남은 물질(㉡)은 Y<sub>2</sub>이다.

## 3 화학 반응식에서의 양적 관계

### |자료 분석|

(가) CaCO<sub>3</sub>의 질량을 측정하였더니  $w_1$  g이었다.

$\rightarrow$  CaCO<sub>3</sub>의 질량

(나) 충분한 양의 HCl(aq)이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니  $w_2$  g이었다.

$\rightarrow$  HCl(aq)의 질량 + 삼각 플라스크의 질량

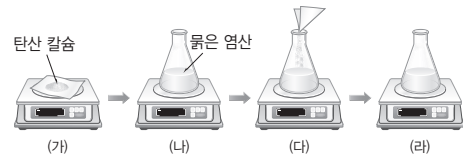
(다) HCl(aq)에 CaCO<sub>3</sub>을 넣었더니 CO<sub>2</sub>가 발생하였다.

$\rightarrow$  CaCO<sub>3</sub>(s) + 2HCl(aq)  $\longrightarrow$  CaCl<sub>2</sub>(aq) + CO<sub>2</sub>(g) + H<sub>2</sub>O(l)

(라) 반응이 완전히 끝난 후 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니  $w_3$  g이었다.

$\rightarrow$  CaCl<sub>2</sub>(aq)의 질량 + 남은 HCl(aq)의 질량 + 삼각 플라스크의 질량

$\rightarrow$  발생한 CO<sub>2</sub>가 모두 빠져나갔다고 가정하면, CO<sub>2</sub>의 질량은  $(w_1 + w_2 - w_3)$  g이다.



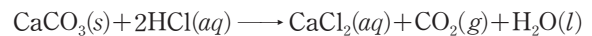
### |선택지 분석|

☒ (가)에서 CaCO<sub>3</sub>의 양(mol)은  $\frac{w_1}{100}$  mol이다.

☒ 반응한 CaCO<sub>3</sub>과 생성된 CO<sub>2</sub>의 몰비는 같다.

☒  $w_3 > w_1 + w_2$ 이다.  $w_3 < w_1 + w_2$

이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄱ. CaCO<sub>3</sub>의 화학식량은 100이므로 CaCO<sub>3</sub>의 양(mol)은  $\frac{w_1}{100}$  몰이다.

ㄴ. 화학 반응식에서 계수비가 CaCO<sub>3</sub> : CO<sub>2</sub> = 1 : 1이므로 반응한 CaCO<sub>3</sub>과 생성된 CO<sub>2</sub>의 몰비가 같다.

바로알기 ㄷ. 반응 후 CO<sub>2</sub>가 빠져나가므로 질량이 감소하게 된다. 따라서 반응 후 질량인  $w_3$ 은  $w_1 + w_2$ 보다 작다.

## 4 화학 반응식에서의 양적 관계

### |선택지 분석|

☒  $\frac{w_1}{100(w_3 - w_2)}$

☒  $\frac{w_1}{100(w_2 - w_3)}$

☒  $\frac{100(w_3 - w_2)}{w_1}$

☒  $\frac{100(w_2 - w_3)}{w_1}$

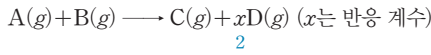
☒  $\frac{100(w_1 + w_2 - w_3)}{w_1}$

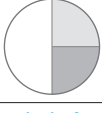
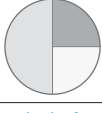
화학 반응식에서 계수비가 CaCO<sub>3</sub> : CO<sub>2</sub> = 1 : 1이므로 발생한 CO<sub>2</sub>의 양(mol)은 반응한 CaCO<sub>3</sub>의 양(mol)과 같다.

$\frac{w_1 + w_2 - w_3}{CO_2 \text{의 분자량}} = \frac{w_1}{100}$ 이므로 CO<sub>2</sub>의 분자량은  $\frac{100(w_1 + w_2 - w_3)}{w_1}$ 이다.

## 5 화학 반응식에서의 양적 관계

### [자료 분석]



B의 양(mol)	2	8
기체의 몰비	 1 : 1 : 2	 1 : 1 : 2

### [선택지 분석]

- ☒  $\frac{1}{2}$     ☒ 1    ☒ 2  
☒ 4    ☒ 6

$w$  g의 A를  $a$ 몰이라 하고, B가 2몰일 때 B가 모두 반응하고 A가 남았다고 가정하면 반응 후 A는  $(a-2)$ 몰, C는 2몰, D는  $2x$ 몰이 존재한다.

이때 3가지 기체의 존재비가 1 : 1 : 2이므로 다음 2가지 경우를 생각할 수 있다.

i)  $a=6, x=1$ 인 경우    ii)  $a=4, x=2$ 인 경우

B가 8몰일 때 A가 모두 반응한다고 가정하고 양적 관계를 위 2가지 경우로 나타내면 다음과 같다.

i)  $A(g) + B(g) \longrightarrow C(g) + D(g)$

반응 전(mol)	6	8		
반응(mol)	-6	-6	+6	+6
반응 후(mol)	0	2	6	6

→ 3가지 기체의 존재비가 1 : 3 : 3이 되어 조건에 맞지 않는다.

ii)  $A(g) + B(g) \longrightarrow C(g) + 2D(g)$

반응 전(mol)	4	8		
반응(mol)	-4	-4	+4	+8
반응 후(mol)	0	4	4	8

→ 3가지 기체의 존재비가 1 : 1 : 2가 되므로  $a=4, x=2$ 이다.

A  $w$  g이 들어 있는 실린더에 B 6몰을 넣어 반응시킬 때의 양적 관계는 다음과 같다.

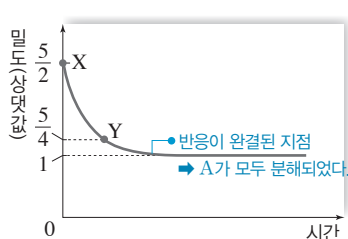
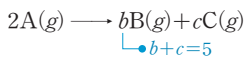
$$A(g) + B(g) \longrightarrow C(g) + 2D(g)$$

반응 전(mol)	4	6		
반응(mol)	-4	-4	+4	+8
반응 후(mol)	0	2	4	8

따라서  $\frac{D \text{의 양(mol)}}{\text{남은 반응물의 양(mol)}} = \frac{8}{2} = 4$ 이다.

## 6 화학 반응식에서의 양적 관계

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒  $\frac{2}{3}$     ☒  $\frac{1}{2}$     ☒  $\frac{2}{5}$   
☒  $\frac{1}{3}$     ☒  $\frac{1}{6}$

반응 전후에 질량은 보존되므로 X, Y와 반응이 완결된 지점에서 실린더 속 전체 기체의 질량은 모두  $w_X$ 이다. 또한 밀도 =  $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$

이므로 X에서 기체 A의 부피를  $V_1$ 이라고 하면 밀도 =  $\frac{5}{2} = \frac{w_X}{V_1}$ ,

$V_1 = \frac{2}{5}w_X$ 이고, 반응이 완결되었을 때 밀도가 1이 되었으므로

전체 기체의 부피(B와 C의 부피의 합)는  $\frac{5}{2}V_1$ 이다. 화학 반응식

의 계수비와 기체의 부피비가 같으므로  $2 : (b+c) = V_1 : \frac{5}{2}V_1$ 이다. 따라서  $b+c=5$ 이다.

기체의 온도와 압력이 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례하므로 반응 초기(X) A의 양(mol)은  $V_1 = \frac{2}{5}w_X$ 에 비례

하고, Y에서 혼합 기체의 부피는  $\frac{4}{5}w_X$ 이므로 혼합 기체의 양

(mol)은  $\frac{4}{5}w_X$ 에 비례한다. 이를 이용하여 X에서 Y로 될 때 반응

후 A의 부피를  $2x$ 라고 하면, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$2A(g) \longrightarrow bB(g) + cC(g)$$

반응 전 부피	$\frac{2}{5}w_X$		
반응한 부피	$-2x$	$+bx$	$+cx$
반응 후 부피	$\frac{2}{5}w_X - 2x$	$bx$	$cx$

Y에서 혼합 기체의 부피는  $\frac{2}{5}w_X - 2x + bx + cx = \frac{4}{5}w_X$ 이다.

$b+c=5$ 이므로  $x = \frac{2}{15}w_X$ 이다. 또한 X에서 Y로 될 때 반응한

A의 부피인  $2x = \frac{4}{15}w_X$ 이므로 Y에서 남아 있는 A의 부피는

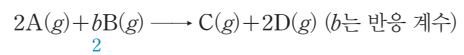
$\frac{2}{5}w_X - \frac{4}{15}w_X = \frac{2}{15}w_X$ 이다. 따라서 X에서 A의 부피는

$V_1 = \frac{2}{5}w_X$ , 질량은  $w_X$ 이고, Y에서 A의 부피는  $\frac{2}{15}w_X$ , 질량

은  $w_Y$ 이므로  $w_X : w_Y = \frac{2}{5}w_X : \frac{2}{15}w_X, \frac{w_Y}{w_X} = \frac{1}{3}$ 이다.

## 7 화학 반응식에서의 양적 관계

### [자료 분석]

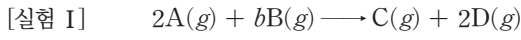


실험	반응 전		반응 후
	A의 부피(L)	B의 부피(L)	$\frac{\text{전체 기체의 양(mol)}}{\text{C의 양(mol)}}$
I	$x=6$	4	4
II	$x=6$	9	4

### [선택지 분석]

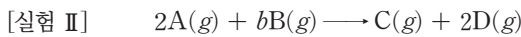
- ☒  $\frac{3}{4}$     ☒  $\frac{4}{3}$     ☒ 2  
☒ 3    ☒ 12

A  $x$  L에 B의 부피를 달리하여 반응시켰을 때 실험 I과 II에서 전체 기체의 양(mol)의 값이 4로 서로 같다. 따라서 실험 I에서 B가 모두 반응하고, 실험 II에서 A가 모두 반응한다고 가정하여 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



반응 전(L)	$x$	$4$		
반응(L)	$-\frac{8}{b}$	$-4$	$+\frac{4}{b}$	$+\frac{8}{b}$
반응 후(L)	$x-\frac{8}{b}$	$0$	$\frac{4}{b}$	$\frac{8}{b}$

$$\frac{\text{전체 기체의 양(mol)}}{\text{C의 양(mol)}} = \frac{x + \frac{4}{b}}{\frac{4}{b}} = 4 \text{ 이므로 } b = \frac{12}{x} \text{ 이다.}$$



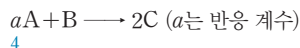
반응 전(L)	$x$	$9$		
반응(L)	$-x$	$-\frac{b}{2}x$	$+0.5x$	$+x$
반응 후(L)	$0$	$9-\frac{b}{2}x$	$0.5x$	$x$

$$\frac{\text{전체 기체의 양(mol)}}{\text{C의 양(mol)}} = \frac{9-\frac{b}{2}x+1.5x}{0.5x} = 4, 18-xb+3x=4x \text{ 이다.}$$

이 식에 실험 I에서 구한  $b = \frac{12}{x}$ 를 대입하면  $x=6$ ,  $b=2$ 이므로  $\frac{x}{b} = \frac{6}{2} = 3$ 이다.

## 8 화학 반응식에서의 양적 관계

### [자료 분석]



실험	(가)	(나)	(다)
B의 양(mol)	2	3	$\frac{9}{2}$
$\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}}$	4	6	$x=2$

### [선택지 분석]

- ① 18      ~~② 20~~      ~~③ 21~~  
~~④ 24~~      ~~⑤ 27~~

A  $m$ 몰에 B의 양(mol)을 달리하여 반응시킬 때를 각각 (가)~(다)라고 할 때, (가)와 (나)에서의 양적 관계는 3가지 경우를 고려할 수 있다.

i) (가)와 (나)에서 A가 모두 반응하는 경우

(가)와 (나)에서  $m$ 몰의 A와 반응하는 B의 양(mol)은  $\frac{m}{a}$ 몰이고, 이때 생성되는 C의 양(mol)은  $\frac{2m}{a}$ 몰이다. 반응 후 남아 있는 B의 양(mol)은 (가)에서  $2-\frac{m}{a}$ 몰이고, (나)에서  $3-\frac{m}{a}$ 몰이 된다. 즉, 반응 후 생성되는 C의 양(mol)은 같지만 남아 있는 B의 양(mol)이 (나)에서가 (가)에서보다 크므로  $\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}}$ 은 (나)에서가 (가)에서보다 작다. 따라서 이 경우는 주어진 자료에 모순이다.

ii) (가)와 (나)에서 B가 모두 반응하는 경우

(가)와 (나)에서 반응 후 생성되는 C의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 크고, 남아 있는 A의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 작으므로  $\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}}$ 은 (나)에서가 (가)에서보다 크므로 주어진 자료에 부합한다. (가)와 (나)에서 B가 모두 반응하는 경우에 대한 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



반응 전(mol)	$m$	$2$	
반응(mol)	$-2a$	$-2$	$+4$
반응 후(mol)	$m-2a$	$0$	$4$



반응 전(mol)	$m$	$3$	
반응(mol)	$-3a$	$-3$	$+6$
반응 후(mol)	$m-3a$	$0$	$6$

(가)의 경우 반응 후  $\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}} = 4$ 이므로  $m-2a=1$ 이고, (나)의

경우 반응 후  $\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}} = 6$ 이므로  $m-3a=1$ 이다. 따라서  $a=0$ 인데,  $a$ 는 반응 계수로 0이 될 수 없으므로 모순이다.

iii) (가)에서는 B가 모두 반응하고, (나)에서는 A가 모두 반응하는 경우,  $\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}}$ 은 (나)에서가 (가)에서보다 크므로 주어진 자료에 부합한다. (가)에서는 B가, (나)에서는 A가 모두 반응하는 경우에 대한 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



반응 전(mol)	$m$	$2$	
반응(mol)	$-2a$	$-2$	$+4$
반응 후(mol)	$m-2a$	$0$	$4$



반응 전(mol)	$m$	$3$	
반응(mol)	$-m$	$-\frac{m}{a}$	$+\frac{2m}{a}$
반응 후(mol)	$0$	$3-\frac{m}{a}$	$\frac{2m}{a}$

(가)의 경우 반응 후  $\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}} = 4$ 이므로  $m-2a=1$ 이고, (나)의

경우 반응 후  $\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}} = 6$ 이므로  $4m-9a=0$ 이다. 따라서  $a=4$ ,  $m=9$ 이고, 이를 대입하여 (다)에서의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



반응 전(mol)	$9$	$\frac{9}{2}$	
반응(mol)	$-9$	$-\frac{9}{4}$	$+\frac{9}{2}$
반응 후(mol)	$0$	$\frac{9}{4}$	$\frac{9}{2}$

반응 후 남아 있는 B는  $\frac{9}{4}$ 몰, C는  $\frac{9}{2}$ 몰이므로  $\frac{n_{\text{생성물}}}{n_{\text{반응물}}} = 2$ 이다.

따라서  $m=9$ ,  $x=2$ 이므로  $m \times x = 18$ 이다.

## 9 화학 반응식에서의 양적 관계

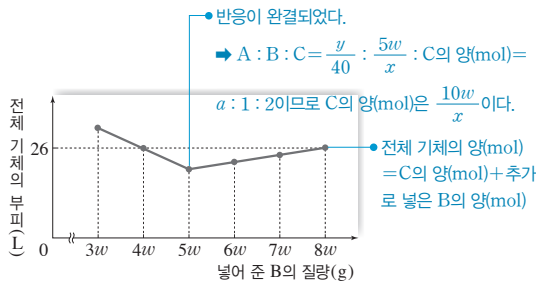
### [자료 분석]

#### [자료]

- 화학 반응식:  $aA(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$  ( $a$ 는 반응 계수)
- $t^\circ\text{C}$ , 1기압에서 기체 1몰의 부피: 40 L
- B의 분자량:  $x=20w$

#### [실험 과정 및 결과]

- A( $g$ )  $y$  L가 들어 있는 실린더에 B( $g$ )의 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시켰을 때, 넣어 준 B의 질량에 따른 전체 기체의 부피는 그림과 같았다.

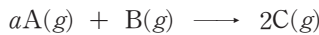


### [선택지 분석]

- ☒  $\frac{3}{w}$       ☒  $\frac{5}{2w}$       ☒  $\frac{2}{w}$
- ☒  $\frac{3}{2w}$       ☒  $\frac{1}{w}$

A  $y$  L에 B  $5w$  g을 넣었을 때 전체 기체의 부피가 최소이므로 이때, 반응이 완결되었음을 알 수 있다. 화학 반응식에서 계수비는 반응 몰비와 같으므로  $A : B : C = \frac{y}{40} : \frac{5w}{x} : C \text{의 양(mol)} = a : 1 : 2$ 이므로 B  $5w$  g을 넣었을 때 생성된 C의 양(mol)은  $\frac{10w}{x}$ 몰이다. 또한, 반응 완결 후 증가한 전체 기체의 부피는 추가로 넣어 준 B  $3w$  g의 부피와 같으므로 B  $8w$  g을 넣었을 때 전체 기체의 양(mol)은 C의 양(mol) ( $= \frac{10w}{x}$  몰)과 추가로 넣은 B의 양( $= \frac{3w}{x}$  몰)을 더한 값인  $\frac{13w}{x}$ 몰이고, 전체 기체의 부피가 26 L이므로  $\frac{13w}{x} \text{ 몰} = \frac{26}{40} \text{ 몰}$ 이다. 따라서  $x=20w$ 이다.

B  $4w$  g을 넣었을 때 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol)	$\frac{y}{40}$	$\frac{4w}{x}$	
반응(mol)	$-\frac{4aw}{x}$	$-\frac{4w}{x}$	$+\frac{8w}{x}$
반응 후(mol)	$\frac{y}{40} - \frac{4aw}{x}$	0	$\frac{8w}{x}$

B  $4w$  g을 넣었을 때와 B  $8w$  g을 넣었을 때 전체 기체의 부피가 같으므로  $\frac{y}{40} - \frac{4aw}{x} + \frac{8w}{x} = \frac{13w}{x}$  이고,  $x=20w$ 이므로  $y=8a+10$ 이다. 또한, 반응이 완결되었을 때 반응 몰비는  $A : C = \frac{y}{40} : \frac{10w}{x} = a : 2$ 이고  $x=20w$ 이므로  $y=10a$ 이다. 따라서  $a=5$ ,  $y=50$ 이고,  $\frac{y}{x} = \frac{50}{20w} = \frac{5}{2w}$ 이다.

## 10 퍼센트 농도와 몰 농도

### [자료 분석]

- HCl의 분자량:  $a$
  - $25^\circ\text{C}$ 에서 35 % HCl(aq)의 밀도:  $d \text{ g/mL}$
- $\hookrightarrow \text{밀도} = \frac{\text{질량}}{\text{부피}}$
- 25  $^\circ\text{C}$ 에서 35 % HCl(aq)  $x \text{ mL}$ 의 질량:  $xd \text{ g}$   
 $x \text{ mL}$  속 HCl의 질량:  $0.35xd \text{ g}$
- 0.35 M HCl(aq) 1 L에 들어 있는 HCl의 양(mol):  $0.35 \text{ M} \times 1 \text{ L} = 0.35 \text{ mol}$   
 HCl 0.35몰의 질량  $= 0.35a \text{ g}$

### [선택지 분석]

- ☒  $\frac{d}{a}$       ☒  $\frac{2d}{a}$       ☒  $\frac{a}{2d}$
- ☒  $\frac{a}{d}$       ☒  $\frac{2a}{d}$

25  $^\circ\text{C}$ , 35 % HCl(aq)  $x \text{ mL}$  속에 들어 있는 HCl의 질량(g)과 물에 희석하여 만든 0.35 M HCl(aq) 1 L 속에 들어 있는 HCl의 질량(g)은 서로 같다.

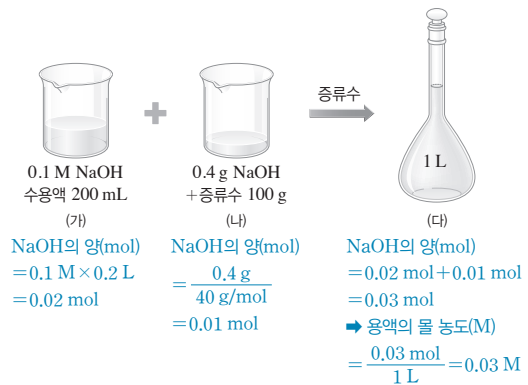
질량(g) = 밀도(g/mL)  $\times$  부피(mL)이므로 35 % HCl(aq)  $x \text{ mL}$ 의 질량(g)은  $xd \text{ g}$ 이다. 이 중 35%가 HCl의 질량(g)이므로 HCl의 질량(g)은  $0.35xd \text{ g}$ 이다.

HCl의 분자량이  $a$ 이므로 0.35 M HCl(aq) 1 L에 들어 있는 HCl 0.35몰의 질량(g)은  $0.35a \text{ g}$ 이다. 35 % HCl(aq)  $x \text{ mL}$  속에 들어 있는 HCl의 질량(g)과 0.35 M HCl(aq) 1 L 속에 들어 있는 HCl의 질량(g)이 서로 같으므로  $0.35xd = 0.35a$ 이고,

$$x = \frac{a}{d} \text{이다.}$$

## 11 혼합 용액의 몰 농도

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 용질 NaOH의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배이다.
- ☒ (다)의 몰 농도는 0.03 M이다.
- ☒ (다)의 수용액을 200 mL 취하여 500 mL 부피 플라스크에 넣고 물을 눈금선까지 채운 수용액의 몰 농도는 0.012 M이다.

ㄱ. NaOH의 양(mol)은 (가)에서 0.02몰이고, (나)에서 0.01몰이다. 따라서 (가)가 (나)의 2배이다.

ㄴ. (다)에서 NaOH의 양(mol)은 0.03몰이고 수용액의 부피는 1 L이므로 몰 농도는 0.03 M이다.

ㄷ. (다)의 수용액 200 mL에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은  $0.03 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.006 \text{ mol}$ 이다. 이에 물을 더하여 수용액의 부피가 500 mL가 되었으므로 물 농도는  $\frac{0.006 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.012 \text{ M}$ 이다.

## 12 퍼센트 농도와 몰 농도

### |자료 분석|

(가) a % 수용액 100 mL를 준비한다.

(나) 용질의 분자량과 수용액의 밀도를 조사한다.

• 분자량: 36.5

• 25 °C에서 a % 수용액의 밀도: d g/mL

↳ 용액의 질량 = 100 mL × d g/mL = 100d g

(다) 부피 플라스크에 (가)의 수용액을 넣고 증류수를 더 넣어 수용액의 부피를 1000 mL로 하였더니 1 M가 되었다.

↳ HCl의 양(mol) = 1 M × 1 L = 1 mol

### |선택지 분석|

㉠ (가)에서 수용액의 질량은 100d g이다.

㉡  $a = \frac{36.5}{d}$ 이다.

㉢ Mg 4.8 g을 모두 반응시키기 위해 필요한 (다) 수용액의 부피는 400 mL이다.

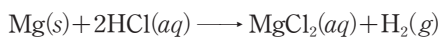
ㄱ. (가)의 수용액이 100 mL이고 (나)에서 밀도가 d g/mL이므로 수용액의 질량은 100d g이다.

ㄴ. (다) 수용액의 부피가 1 L이므로 HCl의 양(mol)은 1몰이다. HCl의 분자량은 36.5이므로 HCl 1몰의 질량은 36.5 g이다.

$a \% = \frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 질량}} \times 100 = \frac{36.5 \text{ g}}{100d \text{ g}} \times 100$ 이다.

따라서  $a = \frac{36.5}{d}$ 이다.

ㄷ. Mg과 HCl 수용액의 화학 반응식은 다음과 같다.



Mg의 원자량은 24이므로 Mg 4.8 g은 0.2몰이다. 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같으므로 Mg 0.2몰을 모두 반응시키기 위해 필요한 HCl은 0.4몰이다. 따라서 최소한 1 M 수용액 0.4 L (= 400 mL)가 반응해야 한다.

# II 원자의 세계

## 04 원자 구조

### 개념 확인 문제

본책 39쪽, 41쪽

1 (1) × (2) × (3) ○ 2 (1) 전자 (2) 원자핵 (3) 양성자 (4) 중성자  
3 (1) ○ (2) × (3) × 4 (1) × (2) × (3) ○ 5 0 6 ㉠ 12  
㉡ 13 ㉢ 10 7 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ 8 10.8

1 (1) 음극선이 지나가는 길에 물체를 놓았을 때 그림자가 생기는 것은 음극선이 직진하여 물체가 놓인 곳에 빛이 도달하지 않기 때문이다.

(2) 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이므로 바람개비에 힘을 작용하여 바람개비를 회전시킨다.

(3) 음극선은 (-)전하를 띤 입자의 흐름이므로 전기장을 걸어 주면 (+)극 쪽으로 휘어진다.

2 (1) 음극선은 전자의 흐름이다.

(2) (+)전하를 띤, 알파(α) 입자를 산란시키는 것은 원자핵이다.

(3) 양극선은 수소 원자핵, 즉 양성자의 흐름이다.

(4) 원자핵을 구성하는 입자 중 전하를 띠지 않는 입자는 중성자이다.

3 (1) 알파(α) 입자의 대부분이 금박을 그대로 통과하는 것으로 보아 원자의 대부분은 빈 공간임을 알 수 있다.

(2) 알파(α) 입자 중 일부만 경로가 휘고, 극히 일부의 알파(α) 입자가 튕겨 나오는 것으로 보아, 원자 중심에는 부피가 작고 질량이 큰 입자가 존재함을 알 수 있다.

(3) 알파 입자 산란 실험으로 발견한 입자는 원자핵이다.

4 (1) 원자핵은 부피가 매우 작은 입자이다.

(2) 전자는 양성자나 중성자에 비해 질량이 매우 작다.

(3) 양성자와 중성자는 원자핵을 구성하고, 전자는 원자핵 주위에서 운동하고 있다.

5 원자핵을 구성하는 양성자의 질량은 중성자와 비슷하므로 ㉠은 1이다. 중성자는 전기적으로 중성이므로 전하는 0이다. 즉 ㉡은 0이다. 전자는 양성자와 전하량의 크기는 같고 전하의 종류는 반대이므로 ㉢은 -1이다. 따라서 ㉠ + ㉡ + ㉢ = 1 + 0 + (-1) = 0이다.

6  $^{25}_{12}\text{Mg}^{2+}$ 에서 원자 번호는 12이므로 양성자수는 12이다. 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 중성자수는  $25 - 12 = 13$ 이다. 원자에서 전자 수는 양성자수와 같은데 주어진 이온은 +2의 양이온으로 원자가 전자 2개를 잃고 형성되었으므로 전자 수는  $12 - 2 = 10$ 이다.



- 7 (1) 원자는 전기적으로 중성이므로 원자에서 양성자수와 전자 수가 같다. 주어진 원자는 전자가 2개이므로 원자핵에 존재하는 입자 중 2개인 ●이 양성자이고, ○이 중성자이다.  
 (2) 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 3이다.  
 (3)  ${}^3_1\text{H}$ 은 양성자수가 1이고, 중성자수가 2이다. X는  ${}^3_1\text{H}$ 과 양성자수가 다르므로 동위 원소 관계가 아니다.  
 (4)  ${}^4_2\text{He}$ 은 양성자수가 2이고, 질량수가 4이다. X는  ${}^4_2\text{He}$ 과 양성자수가 같고 질량수가 달라 동위 원소 관계이므로 화학적 성질이 같다.

8 평균 원자량은 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 고려한 원자량이다. 따라서 B의 평균 원자량은 다음과 같다.

$$\text{평균 원자량} = \frac{10 \times 1 + 11 \times 4}{5} = 10.8$$

## 수능 자료 마스터

본책 42쪽

자료 1 ④

- 1  $Z^-$ 에서 전자 수는 양성자수보다 1만큼 크므로 ④은 양성자이다. 만일 ④이 전자라면  $a=4$ 이고, Y에서 ④의 수는  $\frac{4+b}{2}=8$ 이 되려면  $b=12$ 가 되어 Z가 2주기 원소라는 조건에 위배된다. 따라서 ④이 전자이고 ③이 중성자이며, X에서  $a=5$ 이고 Y에서  $\frac{5+b}{2}=7$ 에서  $b=9$ 이다.  
 나. X에서 양성자(③)의 수가 5이고, 중성자(④)의 수는 6이므로 질량수는 11이다.  
 다. X~Z의 중성자수는 각각 6, 8, 10이므로 중성자수는 Z가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. ④은 전자이다.

## 수능 2점 다지기

본책 43쪽~44쪽

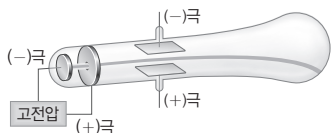
- 1 ②    2 ③    3 ②    4 ③    5 ③    6 ⑤  
 7 ④    8 ③

### 1 톰슨의 음극선 실험과 원자 모형

#### 자료 분석

음극선은 (-)전하를 띤다. → 원자에는 (-)전하를 띤 입자가 있다. 방전관에 들어 있는 두 금속에 고전압을 걸어 주었더니 음극선이 관찰되었고, 그림과 같이 전기장을 걸어 주었더니 음극선이 (+)극 쪽으로 휘어졌다. 이를 토대로 톰슨은 (-)전하를 띤 입자가 원자의 구성 입자임을 알았고, 원자는 전기적으로 중성이므로 (+)전하를 포함해야 한다고 추론했다.

→ 원자는 (-)전하의 양 = (+)전하의 양이다.



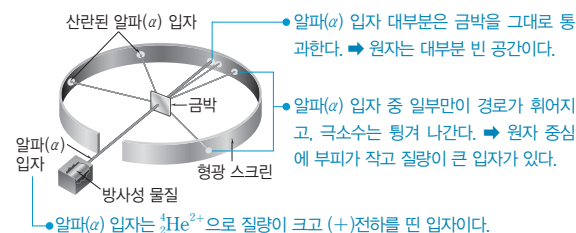
#### 선택지 분석

- ❌ 돌턴의 원자 모형    ② 톰슨의 원자 모형    ❌ 러더퍼드의 원자 모형  
 ❌ 보어의 원자 모형    ❌ 현대의 원자 모형

톰슨은 음극선 실험 결과를 설명하기 위해 (+)전하가 고르게 분포되어 있는 물질 속에 (-)전하를 띤 전자가 박혀 있는 모형을 제안하였다.

### 2 러더퍼드의 알파 입자 산란 실험과 원자핵

#### 자료 분석



#### 선택지 분석

- ① (+)전하를 띤다.  
 ❌ 원자 부피의 대부분을 차지한다. 매우 작은 부분  
 ② 원자 질량의 대부분을 차지한다.

러더퍼드는 알파 입자 산란 실험을 통해 원자핵의 존재를 밝혀냈다.

ㄱ. (+)전하를 띤 알파(α) 입자를 산란시키는 것으로 보아 원자핵은 (+)전하를 띤다.

ㄷ. 원자핵은 전자에 비해 질량이 매우 커서 원자 질량의 대부분을 차지한다.

바로알기 나. 알파(α) 입자 중 일부만이 경로가 휘어지거나 극소수의 알파(α) 입자가 튕겨 나오는 것으로 보아 원자핵은 부피가 매우 작다.

### 3 러더퍼드의 알파 입자 산란 실험

#### 선택지 분석

- ❌ 알파(α) 입자가 산란되지 않는다. 산란된다  
 ① 직진하는 알파(α) 입자의 수가 증가한다.  
 ❌ 경로가 휘거나 튕겨 나온 알파(α) 입자의 수가 증가한다. 감소한다

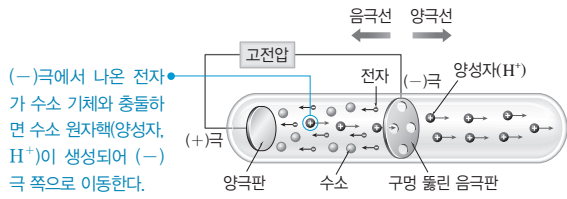
나. 알루미늄은 금보다 원자핵을 구성하는 양성자수와 중성자수가 작아 원자핵의 부피와 질량이 작다. 따라서 직진하는 알파(α) 입자의 수가 증가한다.

바로알기 ㄱ. 금박 대신 알루미늄박을 사용해도 알루미늄 원자 중심에 원자핵이 존재하므로 (+)전하를 띤 알파(α) 입자가 산란된다.

ㄷ. 금박 대신 알루미늄박을 사용하면 원자핵의 전하량과 질량이 감소하므로 경로가 휘어지거나 튕겨 나오는 알파(α) 입자의 수가 감소한다.

#### 4 골드슈타인의 양극선 실험

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ☐ ㉠ 수소 기체와 전자가 충돌하여  $H^+$ 이 생성된다.
- ☐ ㉡  $H^+$ 의 흐름이 양극선이다.
- ☒ ㉢ 이 실험으로 중성자를 발견하였다. **양성자**

㉠, ㉡. (-)극에서 나온 전자가 수소 기체와 충돌하면 수소 원자핵( $H^+$ )이 생성되어 (-)극 쪽으로 이동한다. 이  $H^+$ 의 흐름이 양극선이다.

**바로알기** ㉢. 양극선은 (+)전하를 띤 입자인  $H^+$ 의 흐름이며, 이 입자를 양성자라고 하였다.

#### 5 원자의 구조

##### [자료 분석]

원자	X	Y	Z
모형			
양성자수	1	1	2
중성자수	1	2	1
질량수	2	3	3

● X와 Y는 양성자수는 같고 중성자수는 다르므로 동위 원소이다.

##### [선택지 분석]

- ☐ ㉠ X와 Y의 화학적 성질은 같다.
- ☒ ㉡ ●은 (+)전하를 띤다. **전하를 띠지 않는다**
- ☐ ㉢ Z에 원자 번호와 질량수를 표시하면  ${}^3_2Z$ 이다.

Y에서 전자 수가 1이므로 원자핵에 있는 양성자수도 1이어야 한다. 따라서 ●은 양성자이고, ●은 중성자이다.

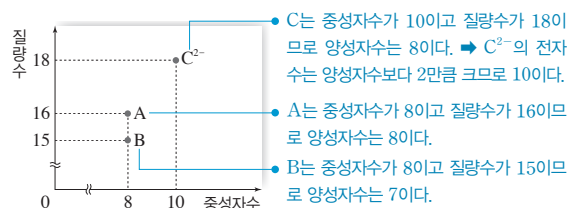
㉠. X와 Y는 전자 수가 1로 같으므로 원자핵을 구성하는 양성자 수 또한 1로 같다. 따라서 X와 Y는 동위 원소로 화학적 성질이 같다.

㉢. Z는 양성자수가 2이고, 질량수가 3이므로 Z에 원자 번호와 질량수를 표시하면  ${}^3_2Z$ 이다.

**바로알기** ㉡. ●은 중성자이므로 전하를 띠지 않는다.

#### 6 원자의 구성 입자

##### [자료 분석]



- C는 중성자수가 10이고 질량수가 18이므로 양성자수는 8이다.  $\rightarrow C^{2-}$ 의 전자 수는 양성자수보다 2만큼 크므로 10이다.
- A는 중성자수가 8이고 질량수가 16이므로 양성자수는 8이다.
- B는 중성자수가 8이고 질량수가 15이므로 양성자수는 7이다.

##### [선택지 분석]

- ☐ ㉠ 전자 수는 A가 B보다 크다.
- ☐ ㉡ A는 C의 동위 원소이다.
- ☒ ㉢  $C^{2-}$ 의 전자 수는 10이다.

㉠. 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 A의 양성자수는 8, B의 양성자수는 7이다. 원자에서 전자 수는 양성자수와 같으므로 전자 수는 A가 B보다 크다.

㉡. A의 양성자수는 8, C의 양성자수는 8이므로 A와 C는 양성자수가 같고 질량수가 다른 동위 원소이다.

㉢. C에서 양성자수와 전자 수는 8이고,  $C^{2-}$ 은 C 원자보다 전자 수가 2만큼 크므로 전자 수는 10이다.

#### 7 동위 원소

##### [선택지 분석]

- ☒ ㉠  $\frac{8}{15}$
- ☒ ㉡  $\frac{17}{29}$
- ☒ ㉢  $\frac{19}{27}$
- ☒ ㉣  $\frac{21}{25}$
- ☒ ㉤  $\frac{8}{9}$

${}^1H_2{}^{16}O$ 의 분자량은 18이고,  ${}^1H_2{}^{18}O$ 의 분자량은 20이며, (가)와 (나)의 용기 속 기체의 온도와 압력이 같으므로 각 용기 속에 들어 있는 기체의 양(mol)이 같다. 따라서 (가) 용기 속  ${}^1H_2{}^{16}O$ 의 양(mol)을  $x$ , (나) 용기 속  ${}^1H_2{}^{16}O$ 의 양(mol)을  $y$ ,  ${}^1H_2{}^{18}O$ 의 양(mol)을  $x-y$ 라고 하면, 두 용액 속 기체의 질량비는 다음과 같다.

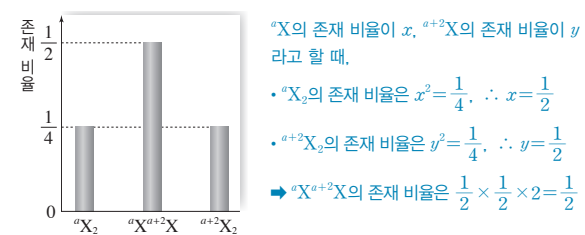
$$(가) : (나) = 18 \times x : 18 \times y + 20 \times (x - y) = 45 : 46,$$

$$\therefore x : y = 5 : 4$$

${}^1H$ 의 중성자수는 0,  ${}^{16}O$ 의 중성자수는 8,  ${}^{18}O$ 의 중성자수는 10이므로 (나)에 들어 있는 기체의 전체 중성자수 : 전체 양성자수 = 42 : 50 = 21 : 25이며, 전체 중성자수 =  $\frac{21}{25}$ 이다.

#### 8 동위 원소의 존재 비율

##### [자료 분석]



- “X의 존재 비율이  $x$ ,  $a+2X$ 의 존재 비율이  $y$ 라고 할 때,
- “ $X_2$ 의 존재 비율은  $x^2 = \frac{1}{4}$ ,  $\therefore x = \frac{1}{2}$
- “ $a+2X_2$ 의 존재 비율은  $y^2 = \frac{1}{4}$ ,  $\therefore y = \frac{1}{2}$
- $\rightarrow$  “ $aXa+2X$ 의 존재 비율은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 2 = \frac{1}{2}$

##### [선택지 분석]

- ☐ ㉠ “X와  $a+2X$ 의 존재 비율은 같다.
- ☒ ㉡ “X와  $a+2X$ 의 중성자수는 같다. “ $X < a+2X$
- ☐ ㉢ “X와  $a+2X$ 의 화학적 성질은 같다.

$X_2$ 는 X 원자 2개가 결합하여 형성되고, 분자량이 다른  $X_2$ 가 3가지이므로 X의 동위 원소는 2가지이다.

㉠. “ $X_2$ 는 “X 원자 2개가 결합하여 형성된 것이고,  $a+2X_2$ 는  $a+2X$  원자 2개가 결합하여 형성된 것이다. 이때 그 존재 비율이  $\frac{1}{4}$ 로 같으므로 “X와  $a+2X$ 의 존재 비율은  $\frac{1}{2}$ 로 같다.

㉢. “X와  $a+2X$ 는 양성자수는 같고, 질량수가 다른 동위 원소이므로 화학적 성질이 같다.

**바로알기** ㉡. “X와  $a+2X$ 는 양성자수는 같고, 질량수는  $a+2X$ 가 “X보다 2만큼 크므로 중성자수는  $a+2X$ 가 “X보다 2만큼 크다.

- 1 ③    2 ⑤    3 ③    4 ②    5 ⑤    6 ②  
7 ⑤    8 ③    9 ⑤    10 ①    11 ③    12 ⑤

## 1 원자를 구성하는 입자의 발견 실험

### [자료 분석]

#### | 실험 I | 양극선 실험: 양성자 발견

소량의 수소 기체를 진공 방전관에 넣고 높은 전압을 걸어 주면 (+)극에서 (-)극으로 빛이 흐른다.

#### | 실험 II | 알파 입자 산란 실험: 원자핵 발견

알파( $\alpha$ ) 입자를 얇은 금박에 충돌시키면 대부분의 알파( $\alpha$ ) 입자는 금박을 통과하지만, 일부의 알파( $\alpha$ ) 입자는 옆으로 휘고 극소수의 알파( $\alpha$ ) 입자는 정반대편으로 튕겨 나온다.

#### | 원자 모형 |



(가) 톰슨 모형

(나) 러더퍼드 모형

(다) 보어 모형

### [선택지 분석]

- ㉠ 실험 I에서 발견한 입자는 실험 II에서 발견한 입자를 구성한다.  
 ✕ 실험 I의 결과로 제안된 모형은 (가)이다.  
 ↳ 원자 모형 (가)~(다) 중 실험 I의 결과로 제안된 모형은 없다.  
 ㉡ 실험 II의 결과로 제안된 모형은 (나)이다.

㉠. 실험 I에서 발생한 양극선은 수소 원자핵, 즉 양성자의 흐름이다. 실험 II로부터 발견한 입자는 원자핵이다. 양성자는 원자핵을 구성하는 입자이다.

㉡. 원자 모형 (나)는 러더퍼드의 원자 모형으로 실험 II의 결과로 제안된 모형이다.

바로알기 ㉢. 원자 모형 (가)는 톰슨의 원자 모형으로 음극선 실험 결과로 제안된 모형이다. 실험 I은 양극선 실험이다.

## 2 원자의 구성 입자

### [자료 분석]

구분	A 양성자	B 중성자	C 전자
전하량(상댓값)	$x = +1$	0	-1
질량(상댓값)	1	1	$y < 1$

### [선택지 분석]

- ㉠  $\frac{x}{y} > 1$ 이다.  
 ㉡ 원자에서 A와 C의 수는 같다.  
 ㉢  ${}^7_3\text{Li}$ 에서 B의 수는 C의 수보다 1만큼 크다.

전하량이 0인 입자 B는 중성자, 전하량이 -1인 입자 C는 전자이다. 따라서 A는 양성자이고 전하량은 +1이다.

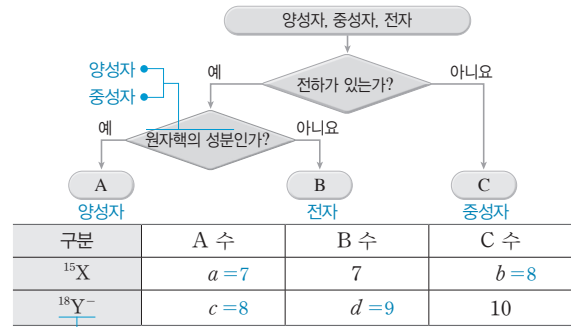
㉠.  $x = +1$ 이고,  $y < 1$ 이므로  $\frac{x}{y} > 1$ 이다.

㉡. 원자는 전기적으로 중성이므로 양성자수와 전자 수가 같다. 따라서 원자에서 A와 C의 수는 같다.

㉢.  ${}^7_3\text{Li}$ 에서 양성자수와 전자 수는 3이고, 중성자수는 4이므로 B의 수는 C의 수보다 1만큼 크다.

## 3 원자의 구성 입자

### [자료 분석]



• 원자 Y가 전자 1개를 얻어서 형성되므로  
 전자 수 = 양성자수 + 1이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ A는 양성자이다.  
 ✕ X의 원자 번호는 8이다. 7  
 ㉡  $a + d = b + c$ 이다.

㉠. 전하가 있는 입자 중 원자핵의 성분인 A는 양성자이고, 원자핵의 성분이 아닌 B는 전자이며, 전하를 띠지 않은 C는 중성자이다.

㉡.  ${}^{15}\text{X}$ 에서 전자 수가 7이므로 양성자수( $a$ )는 7이고, 중성자수( $b$ )는 8이다.  ${}^{18}\text{Y}^-$ 에서 중성자수가 10이므로 양성자수( $c$ )는 8이고, -1의 음이온이므로 전자 수( $d$ )는 9이다. 따라서  $a + d = b + c$ 이다.

바로알기 ㉢.  ${}^{15}\text{X}$ 에서 전자 수는 7이며, 원자에서 양성자수는 전자 수와 같으므로 X의 양성자수 = 원자 번호 = 7이다.

## 4 원자의 구성 입자

### [자료 분석]

원자	X	Y	Z
중성자수	6	7	8
질량수 전자 수	2	2	$\frac{7}{3}$
양성자수	6	7	6
질량수	12	14	14

### [선택지 분석]

- ✕ Y는  ${}^{13}_6\text{C}$ 이다.  ${}^{14}_7\text{N}$   
 ㉡ X와 Z는 동위 원소이다.  
 ✕ 질량수는  $Z > Y$ 이다. Y(질량수: 14) = Z(질량수: 14)

원자에서 양성자수는 전자 수와 같으므로  $\frac{\text{질량수}}{\text{전자 수}} = 2$ 인 원자에서 양성자수와 중성자수가 같다. 따라서 X의 양성자수는 6, Y의 양성자수는 7이다. 또 Z에서 양성자수를  $z$ 라고 하면  $\frac{z+8}{z} = \frac{7}{3}$  이므로  $z = 6$ 이다.

㉢. X와 Z는 양성자수가 6으로 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다.

바로알기 ㉠. Y의 양성자수는 7이고, 질량수는 14이므로 Y는  ${}^{14}_7\text{N}$ 이다.

㉡. Y의 질량수는  $7 + 7 = 14$ , Z의 질량수는  $8 + 6 = 14$ 로 서로 같다.

## 5 원자의 구성 입자와 원자의 표시 방법

### [자료 분석]

원자	(가)	(나)	(다)
원자의 표시 방법	${}_6^xC$	${}_7^yN$	${}_{15}^aZ$
㉠의 수 - 전자의 수	2	0	a
원자에서 양성자 수와 전자 수는 같다. → ㉠은 중성자이다.	양성자수는 6이고, 중성자수는 양성자 수보다 2만큼 크므로 8이다. → 질량수(x)는 14이다.	질량수(x)가 14이므로 중성자수는 양성자수와 같은 7이다.	${}_{14}^7N$ 와 동위 원소로 원자 번호가 같다. → 원자 번호(y)는 7이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 중성자이다.  
 ㉡ 중성자수는 (나)가 가장 작다.  
 ㉢  $\frac{x}{y} \times a = 2$ 이다.

㉠. 원자에서 양성자수와 전자 수는 같은데,  ${}_6^xC$ 에서 (㉠의 수 - 전자의 수)가 0이 아니므로 ㉠은 중성자이다.

㉡.  ${}_6^xC$ 는 양성자수가 6이고, 중성자수가 양성자수보다 2만큼 크므로 8이다. 따라서 질량수  $x = 6 + 8 = 14$ 이다.  ${}_7^yN$ 는 질량수 x가 14이므로 중성자수는 7이다.  ${}_{15}^aZ$ 의 원자 번호는 동위 원소인  ${}_7^yN$ 와 같으므로  $y = 7$ 이며,  ${}_{15}^aZ$ 의 질량수가 15이므로 중성자수는 8이다. 따라서 중성자수는 (가)=(다) > (나)로, (나)가 가장 작다.

㉢.  ${}_6^xC$ 의 중성자수는 8이므로 질량수  $x = 6 + 8 = 14$ 이다.  ${}_{15}^aZ$ 의 중성자수는 8이므로  $a = \text{중성자수} - \text{전자 수} = 1$ 이다. 이로부터  $\frac{x}{y} \times a = 2$ 이다.

## 6 동위 원소의 존재 비율

### [선택지 분석]

- ㉠ X의 평균 원자량은 36이다. 35.5  
 ㉡ X의 동위 원소는 모두 3가지이다. 2가지  
 ㉢ X의 동위 원소 중 질량수가 가장 큰 원소는  ${}^{37}X$ 이다.

$X_2$  분자량의 종류가 70, 72, 74의 3가지이므로 X의 동위 원소는 원자량이 35, 37의 2가지이다.

㉡. 질량수와 원자량은 같다고 가정했으므로 X의 동위 원소는 질량수가 35인  ${}^{35}X$ 와 37인  ${}^{37}X$ 가 있으며, 질량수가 더 큰 것은  ${}^{37}X$ 이다.

**바로알기** ㉠. X의 동위 원소에는 질량수가 35인 것과 질량수가 37인 것 2가지가 존재하고, 분자량이 70인  $X_2$ 의 분자 수가 분자량이 74인  $X_2$ 의 9배이므로 X 동위 원소의 존재 비율은  ${}^{35}X : {}^{37}X = 3 : 1$ 이다. 따라서 X의 평균 원자량은  $35 \times \frac{3}{4} + 37 \times \frac{1}{4} = 35.5$ 이다.

㉢. X의 동위 원소는  ${}^{35}X$ 와  ${}^{37}X$  2가지이다.

## 7 원자의 구성 입자와 동위 원소

### [선택지 분석]

- ㉠ 질량수는 Z가 가장 작다.  
 ㉡ X의 양성자수는 2이다.  
 ㉢ Y에 원자 번호와 질량수를 표시하면  ${}_1^3Y$ 이다.

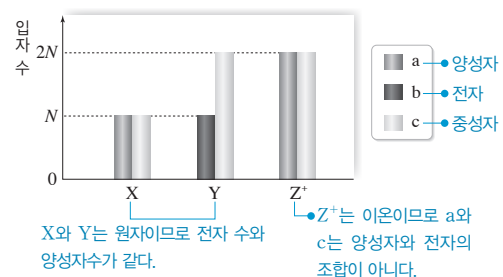
㉠. 질량수가 3 이하이므로 X~Z의 양성자수는 1 또는 2이다. 이때 질량수가 같은 X와 Y의 질량수는 1이나 2가 될 수 없으므로 3이다. 따라서 X와 Y에서 양성자수와 중성자수의 조합은 각각 (1, 2), (2, 1) 중 하나이다. 또, Z의 질량수는 1이나 2인데, 이 경우 양성자수와 중성자수의 조합은 (1, 0), (1, 1) 중 하나이므로 Z의 양성자수는 1이다. Y와 Z는 전자 수, 즉 양성자수가 같으므로 Y는 양성자수가 1, 중성자수가 2임을 알 수 있고, 이로부터 X는 양성자수가 2, 중성자수가 1임을 알 수 있다. 또, Z는 X와 중성자수가 같으므로 양성자수가 1, 중성자수가 1이다.

원자	X	Y	Z
양성자수	2	1	1
중성자수	1	2	1
질량수	3	3	2

㉢. Y는 양성자수가 1이고, 질량수가 3이므로 Y에 원자 번호와 질량수를 표시하면  ${}_1^3Y$ 이다.

## 8 원자의 구성 입자와 동위 원소

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ c는 중성자이다.  
 ㉡ X와 Y는 동위 원소이다.  
 ㉢ 질량수는 Z가 Y의 2배이다.  $\frac{4}{3}$ 배

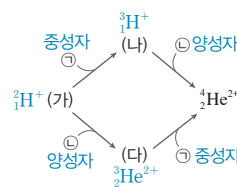
㉠. 원자 X와 Y에서는 양성자수와 전자 수가 같고,  $Z^+$ 에서는 전자 수가 양성자수보다 1만큼 작다.  $Z^+$ 에서 같은 수로 존재하는 a, c는 양성자와 전자가 될 수 없으므로 양성자와 중성자이거나, 전자와 중성자이어야 한다. 만약 a, c가 각각 전자와 중성자 중 하나라면 양성자수가 중성자수보다 커서 안정한 원자핵이 될 수 없으므로 a, c는 각각 양성자와 중성자 중 하나이고, b는 전자이다. Y에서 전자 수는 양성자수와 같으므로 전자 b의 수보다 큰 c는 중성자이고, a는 양성자임을 알 수 있다.

㉡. X와 Y는 양성자수가 같고 질량수가 다르므로 동위 원소이다.

**바로알기** ㉢. Y에서 양성자수가 N, 중성자수가 2N이므로 질량수는 3N이며,  $Z^+$ 에서 양성자수와 중성자수가 각각 2N이므로 질량수는 4N이다. 따라서 질량수는 Z가 Y의  $\frac{4}{3}$ 배이다.

## 9 핵반응과 원자의 구성 입자

### [자료 분석]



원자핵	(가)	(나)	(다)
질량수	1	2	$\frac{1}{2}$
양성자수			

### |선택지 분석|

- ㉠ ㉠은 양성자이다.
- ㉡ 핵전하량은 (다)가 (가)의 2배이다.
- ㉢ 질량수는 (나)와 (다)가 같다.

(가)는 양성자수와 중성자수가 같으므로  ${}^2_1\text{H}^+$ 이고, (나)는 중성자수가 양성자수의 2배이므로  ${}^3_1\text{H}^+$ 이다. (가)와 ㉠이 반응하여 (나)가 되므로 ㉠은 중성자이고, ㉡은 양성자이다. (가)와 ㉡이 반응하여 (다)가 될 때 양성자수가 증가하므로 (다)는  ${}^3_2\text{He}^{2+}$ 이다.

㉠. ㉡은 양성자이다.

㉡. (가)는  ${}^2_1\text{H}^+$ 이고, (다)는  ${}^3_2\text{He}^{2+}$ 이므로 핵전하량은 (다)가 (가)의 2배이다.

㉢. (나)와 (다)의 질량수는 3으로 같다.

## 10 이온의 구성 입자

### |자료 분석|

이온	중성자수	질량수	양성자수
$\text{A}^-$	10	19	9
$\text{B}^{m+}$	12	23	11
$\text{C}^{n+}$	12	24	12

### |선택지 분석|

- ㉠  $x$ 는 10이다.
- ㉡  $\frac{m}{n} > 1$ 이다.  $\frac{m}{n} < 1$
- ㉢ 중성자수 양성자수 는 C가 B보다 크다. 작다

㉠.  $\text{A}^-$ 의 중성자수가 10이고 질량수가 19이므로 원자 A의 양성자수와 전자 수는 9이다. 따라서  $\text{A}^-$ 의 전자 수  $x$ 는 10이다.

㉡.  $\text{B}^{m+}$ 의 양성자수는 11이고, 전자 수는 10이므로  $m=1$ 이다.  $\text{C}^{n+}$ 의 양성자수는 12이고, 전자 수는 10이므로  $n=2$ 이다. 따라서  $\frac{m}{n} = \frac{1}{2} < 1$ 이다.

㉢. B에서 양성자수는 11, 중성자수는 12이고, C에서 양성자수와 중성자수는 모두 12이므로  $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$  는 C가 B보다 작다.

## 11 원자와 동위 원소의 구성 입자

### |자료 분석|

- A~D는 3주기 원소라고 했으므로 (가)는 중성자수이고, (나)는 양성자수이다.
- A는 B의 동위 원소이다. → A와 B는 양성자수가 같다.
  - C와 D의  $\frac{\text{중성자수}}{\text{전자 수}} = 1$ 이다. → 원자에서 양성자수는 전자 수와 같으므로 C와 D는 양성자수와 중성자수가 같다.
  - 질량수는  $\text{B} > \text{C} > \text{A} > \text{D}$ 이다. 같다.
  - ㉠은 양성자수와 중성자수가 다르므로 C나 D가 아니고, A나 B 중 하나이다. → A와 B는 동위 원소이므로 ㉠의 동위 원소는 ㉡이고, ㉡의 (나)는 17이다. → 질량수는 ㉡이 ㉠보다 크므로 ㉠은 A, ㉡은 B이다.
  - ㉢과 ㉣은 각각 C와 D 중 하나이므로 양성자수와 중성자수가 각각 같다. → 질량수는 ㉢이 ㉣보다 크므로 ㉢은 C, ㉣은 D이다.
  - A~D의 양성자수와 중성자수

원자	㉠ A	㉡ C	㉢ B	㉣ D
(가) 중성자수	18	18	20	16
(나) 양성자수	17	18	17	16
질량수	35	36	37	32

### |선택지 분석|

- ㉠ (가)는 중성자수이다.
- ㉡ B의 질량수는 37이다.
- ㉢ D의 원자 번호는 18이다. 16

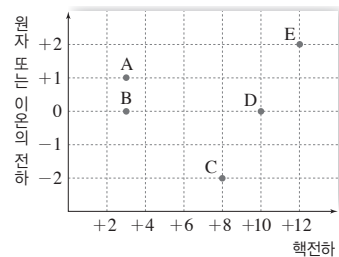
㉠. 표의 (가)가 양성자수라면 ㉡의 양성자수가 20이 되어 ㉡은 4주기 원소가 되므로 A~D가 3주기 원소라는 조건에 타당하지 않다. 따라서 (가)는 중성자수이고, (나)는 양성자수이다.

㉡. B는 ㉡이고, ㉡에서 (나)는 17이므로 B의 질량수는 37이다.

㉢. D는 ㉢이고, ㉢에서 (나)는 16이므로 D의 원자 번호는 16이다.

## 12 원자와 이온의 구성 입자

### |자료 분석|



구분	양성자수	전하	입자	전자 수
A	3	+1	${}_3\text{Li}^+$	2
B	3	0	${}_3\text{Li}$	3
C	8	-2	${}_8\text{O}^{2-}$	10
D	10	0	${}_{10}\text{Ne}$	10
E	12	+2	${}_{12}\text{Mg}^{2+}$	10

### |선택지 분석|

- ㉠ A와 B는 양성자수가 같다. 양성자수=3
- ㉡ C, D, E는 전자 수가 같다. 전자 수=10
- ㉢  ${}_3^6\text{Li}$ 과  ${}_3^7\text{Li}$ 은 모두 B에 해당한다.

㉠. A와 B는 핵전하가 +3으로 같으므로 양성자수도 3으로 같다.

㉡. C는 전하가 -2이므로 원자가 전자 2개를 얻어 형성된 음이온이고, E는 전하가 +2이므로 원자가 전자 2개를 잃고 형성된 양이온이다. 따라서 C, D, E는 전자 수가 모두 10으로 같다.

㉢.  ${}_3^6\text{Li}$ 과  ${}_3^7\text{Li}$ 은 모두 핵전하가 +3인 원자이므로 B에 해당한다.



## 05 원자 모형

### 개념 확인 문제

본책 49쪽, 51쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ 2 (1) ○ (2) × (3) × 3 (1) 흡수 (2) 방출 (3) 흡수 (4) 방출 4 (1) 1 (2) a (3) a, c (4) b 5 (1) × (2) ○ (3) × 6 (1) ○ (2) × (3) ○ 7 2 8 ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 2p ⑤ 3d

- 1 (1) 보어 원자 모형에서 전자는 특정한 에너지 준위를 갖는 원형 궤도에서 운동한다.  
(2) 원자핵에 가까운 전자 궤질일수록 원자핵과 전자 사이에 작용하는 인력이 크므로 에너지 준위가 낮다.  
(3) 전자 궤질마다 에너지 준위가 다르므로 전자 전이가 일어날 때 에너지 출입이 따른다.

- 2 (1) 발머 계열은 모두 가시광선에 해당하므로 a와 b는 가시광선이다.  
(2) 파장이 짧을수록 에너지가 크므로 빛에너지는 a가 b보다 크다.  
(3) a는 가시광선 영역 중 파장이 네 번째로 길므로  $n=6 \rightarrow n=2$ 로 전이할 때 방출되는 빛에 해당한다.

- 3 전자 궤질은 원자핵에서 가장 가까운 것부터 K, L, M, N, ...이라고 한다. 낮은 에너지 준위의 전자 궤질에 있던 전자가 높은 에너지 준위의 전자 궤질로 전이하면 에너지를 흡수하고, 높은 에너지 준위의 전자 궤질에 있던 전자가 낮은 에너지 준위의 전자 궤질로 전이하면 에너지를 방출한다.  
(1) K( $n=1$ ) 전자 궤질  $\rightarrow$  L( $n=2$ ) 전자 궤질: 에너지 흡수  
(2) N( $n=4$ ) 전자 궤질  $\rightarrow$  L( $n=2$ ) 전자 궤질: 에너지 방출  
(3) M( $n=3$ ) 전자 궤질  $\rightarrow$  N( $n=4$ ) 전자 궤질: 에너지 흡수  
(4) M( $n=3$ ) 전자 궤질  $\rightarrow$  K( $n=1$ ) 전자 궤질: 에너지 방출

- 4 (1) 에너지 준위가 낮은 전자 궤질에 있는 전자가 에너지 준위가 높은 전자 궤질로 전이할 때 빛을 흡수하므로 빛을 흡수하는 전자 전이는 d 1가지이다.  
(2) 전자 전이에서 두 전자 궤질 사이의 에너지 차이가 클수록 방출되는 빛의 파장이 짧다. 따라서 빛의 파장이 가장 짧은 것은 a이고, 파장이 가장 긴 것은 b이다.  
(3) 전자가  $n \geq 2$ 에서  $n=1$ 로 전이할 때 방출되는 빛이 자외선이므로 자외선을 방출하는 전자 전이는 a, c이다.  
(4) 전자가  $n \geq 3$ 에서  $n=2$ 로 전이할 때 방출되는 빛이 가시광선이므로 가시광선을 방출하는 전자 전이는 b이다.

- 5 (1) 오비탈은 전자가 원자핵 주위에 존재할 확률 분포를 나타낸 것이다. 전자가 원운동하고 있는 궤도는 보어 원자 모형의 전자 궤질이다.  
(2) L 전자 궤질은 주 양자수가 2이므로 s, p 오비탈이 존재한다.  
(3) s 오비탈은 방향성이 없으므로 자기 양자수( $m_l$ ) 값이 0이다.

- 6 (1) 주어진 오비탈은 s 오비탈로, 방향성이 없으므로 원자핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자의 발견 확률이 같다.

(2) s 오비탈은 주 양자수( $n$ )가 1인 전자 궤질, 즉 K 전자 궤질부터 존재한다.

(3) 오비탈 1개에는 스핀 방향이 서로 반대인 전자가 최대 2개까지 들어간다.

- 7 한 주 양자수( $n$ )에 1개의 s 오비탈과 3개의 p 오비탈이 존재하므로 이 주 양자수( $n$ )는 2이다.

- 8 주 양자수가 1인 K 전자 궤질에는 1s 오비탈만 들어 있고, s 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 0이다. 주 양자수가 2인 L 전자 궤질에는 2s, 2p 오비탈이 들어 있고, p 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 1이다. 또 주 양자수가 3인 M 전자 궤질에는 3s, 3p, 3d 오비탈이 들어 있고, d 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 2이다.

### 수능 자료 마스터

본책 52쪽~53쪽

- 자료 ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

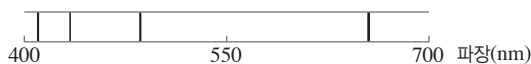
- 1 전자 전이가 일어나는 전자 궤질의 에너지 준위 차이가 클수록 방출되는 빛에너지의 크기가 크다.  
라이먼 계열 중 방출되는 빛에너지가 가장 작은 전자 전이는  $n=2 \rightarrow n=1$ 이고, 발머 계열 중 방출되는 빛에너지가 가장 큰 전자 전이는  $n=\infty \rightarrow n=2$ 이다. 두 전자 전이의 빛에너지 크기를 구하면 다음과 같다.

$$\Delta E_{2 \rightarrow 1} = \left(-\frac{1}{2^2}k\right) - \left(-\frac{1}{1^2}k\right) = \frac{3}{4}k$$

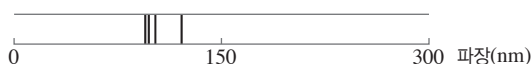
$$\Delta E_{\infty \rightarrow 2} = \left(-\frac{1}{\infty^2}k\right) - \left(-\frac{1}{2^2}k\right) = \frac{1}{4}k$$

$n=2 \rightarrow n=1$ 에 의한 빛에너지가  $n=\infty \rightarrow n=2$ 에 의한 빛에너지보다 크다. 즉, 전자 전이에 의해 방출되는 빛에너지는 라이먼 계열이 발머 계열보다 항상 크다.

- 2 수소 원자의 가시광선 영역의 선 스펙트럼은 전자가  $n=3, 4, 5, 6$ 에서 각각  $n=2$ 인 전자 궤질로 전이될 때 방출되는 빛에 의한 것이다.



전자 전이에서 방출되는 빛의 파장은 전자 궤질 사이의 에너지 차이가 작을수록 길다. 또, 주 양자수( $n$ )가 커질수록 두 전자 궤질 사이의 에너지 간격은 좁아진다. 따라서 수소 원자의 전자가 들뜬 상태인  $n=2, 3, 4, 5$ 에서 각각  $n=1$ 인 전자 궤질로 전이될 때 방출되는 빛에너지는 가시광선 영역의 빛에너지보다 크므로 파장은 400 nm보다 짧은 영역에서 나타나게 되고, 전이 전 상태의 에너지 준위가 높을수록 파장과 파장 사이의 간격이 좁아지므로 ①과 같은 선 스펙트럼이 얻어진다.



3  $n \leq 4$ 이므로  $x=1$ 일 때와  $x=2$ 일 때,  $y=4$ 일 때와  $y=3$ 일 때 가능한 전자 전이는 다음과 같다.

$n$ 전이 전		$x$		$x+2$	
		1	2	3	4
$y$	4	흡수	흡수	흡수	—
	3	흡수	흡수(a)	—	방출(b)
$y-2$	2	흡수	—	방출	방출
	1	—	방출(c)	방출	방출(d)

4가지 전자 전이 중 빛이 방출되는 전자 전이가 3가지인 경우는  $x=2, y=3$ 일 때이다.

ㄱ.  $d$ 는  $n=4 \rightarrow n=1$ 일 때 방출되는 빛이므로  $\lambda_d$ 에 해당하는 빛은 자외선이다.

ㄴ. 방출되는 빛의 파장은 에너지에 반비례한다.  $b$ 는  $n=4 \rightarrow n=3$ 일 때,  $c$ 는  $n=2 \rightarrow n=1$ 일 때 각각 방출되는 빛에너지로  $c > b$ 이다. 따라서 방출되는 빛의 파장은  $\lambda_b > \lambda_c$ 이다.

ㄷ.  $n$ 전이 전  $= (x+2)=4$ 이고  $n$ 전이 후  $= (y-1)=2$ 이므로  $n$ 전이 전  $= (x+2) \rightarrow n$ 전이 후  $= (y-1)$  전자 전이는  $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에 해당한다.  $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지는  $n=4 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지인  $d$ 에서  $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지인  $c$ 를 뺀 값인  $d-c$ 와 같다.

4 선  $a_2$ 에 해당하는 빛의 에너지  $\frac{3}{16}E$  kJ/mol은  $n=4 \rightarrow n=2$ 로 전자가 전이할 때 방출하는 빛의 에너지이다.

$$\Delta E = E_4 - E_2 = \left(-\frac{1}{4^2}E\right) - \left(-\frac{1}{2^2}E\right) = \frac{3}{16}E$$

따라서  $a_2$ 와 인접한 선인  $a_1$ 은  $n=3 \rightarrow n=2$ ,  $a_3$ 는  $n=5 \rightarrow n=2$ ,  $a_4$ 는  $n=6 \rightarrow n=2$ 의 전이에서 방출되는 빛에너지에 해당한다.

ㄱ. 주 양자수( $n$ )가 커질수록 인접한 두 껍질 사이의 에너지 차이가 작아지므로 방출되는 빛에너지의 파장 차이도 작아진다. 따라서  $|\lambda_2 - \lambda_1| > |\lambda_2 - \lambda_3|$ 이 된다.

ㄴ. 선  $a_3$ 에 해당하는 전자 전이는  $n=5 \rightarrow n=2$ 의 전이이다. 따라서 선  $a_3$ 에 해당하는 빛의 에너지는  $\Delta E = E_5 - E_2 = \left(-\frac{1}{5^2}E\right) - \left(-\frac{1}{2^2}E\right) = \left(-\frac{1}{25}E\right) - \left(-\frac{1}{4}E\right) = \frac{21}{100}E$  (kJ/mol)이다.

ㄷ. 바닥상태의 수소 원자가 이온화되는 것은  $n=1 \rightarrow n=\infty$ 로 전자 전이에 해당하며, 이때 에너지를 흡수한다. 따라서 전자가  $n=1 \rightarrow n=\infty$ 로 전이될 때 흡수하는 빛에너지는  $\Delta E = E_\infty - E_1 = \left(-\frac{1}{\infty^2}E\right) - \left(-\frac{1}{1^2}E\right) = 0 - (-E) = E$  (kJ/mol)이다.

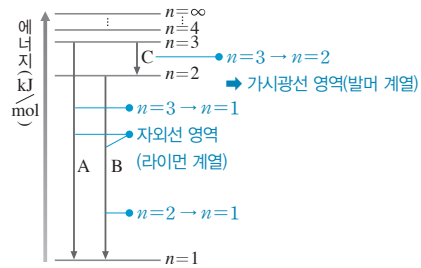
## 수능 2점 다지기

본책 54쪽 ~ 56쪽

- |     |     |     |      |      |      |
|-----|-----|-----|------|------|------|
| 1 ② | 2 ① | 3 ⑤ | 4 ④  | 5 ②  | 6 ①  |
| 7 ④ | 8 ① | 9 ② | 10 ① | 11 ② | 12 ③ |

## 1 수소 원자의 선 스펙트럼

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ B에서 방출되는 빛은 가시광선이다. 자외선
- ☒ a는 바닥상태 수소 원자에서 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지와 같다. a보다 크다
- ☒ c = b + c이다.

ㄷ. 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이고 전자가 가질 수 있는 에너지는 정해져 있다. 따라서 A에서 방출되는 빛의 에너지인  $a$ 는  $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출하는 에너지이므로  $b(n=2 \rightarrow n=1)$ 와  $c(n=3 \rightarrow n=2)$ 의 합과 같다.

바로알기 ㄱ. B는 전이 후 주 양자수  $n=1$ 이므로 방출되는 빛이 자외선이다.

ㄴ. 바닥상태의 수소 원자에서 전자를 떼어내는 것은  $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전자 전이에 해당한다. 따라서 이때 필요한 에너지는  $n=3 \rightarrow n=1$ 에서 방출하는 에너지인  $a$ 보다 크기가 크다.

## 2 수소 원자의 전자 전이와 에너지

### [자료 분석]

$n$ 전이 전	$n$ 전이 후	구분	전자 전이	빛에너지
4	3	a	$n=2 \rightarrow n=1$	(자외선) 방출
4	2	b	$n=4 \rightarrow n=2$	(가시광선) 방출
3	2	c	$n=3 \rightarrow n=2$	(가시광선) 방출
1	3	d	$n=1 \rightarrow n=3$	흡수

### [선택지 분석]

- ☒ b와 c에서 가시광선의 빛이 방출된다.
- ☒ 방출되는 빛의 에너지는 a에서 c에서의 4배이다. 4배보다 크다
- ☒ 바닥상태인 수소 원자 1몰에 d에 해당하는 에너지를 가해 주면 이온화된다.  $n=1 \rightarrow n=\infty$ 에 해당하는 에너지

ㄱ. b와 c에서 방출되는 빛은 모두  $n \geq 3$ 에서  $n=2$ 로의 전이에서 방출되는 빛이므로 가시광선에 해당한다.

바로알기 ㄴ. a는  $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이이므로 이때 방출되는 빛의 에너지는  $-\frac{k}{2^2} - \left(-\frac{k}{1^2}\right) = \frac{3}{4}k$ 이다. c는  $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이이므로 이때 방출되는 빛의 에너지는  $-\frac{k}{3^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{5}{36}k$ 이다. 따라서 방출되는 빛의 에너지는 a에서 c에서의 4배보다 크다.

ㄷ. d는  $n=1 \rightarrow n=3$ 의 전이이므로 이때 흡수되는 빛의 에너지는  $\frac{8}{9}k$ 이다. 바닥상태인 수소 원자를 이온화시키려면  $k$ 에 해당하는 에너지를 가해 주어야 한다.

### 3 수소 원자의 선 스펙트럼

#### |선택지 분석|

- ✕ 410 nm 선에 해당하는 빛은 라이먼 계열에 속한다. 발머 계열  
 ○ 3p 오비탈에 전자가 있는 수소 원자가 이온화될 때 필요한 최소 에너지는 656 nm 선에 해당하는 빛에너지보다 작다.  
 ○  $n=2$ 에서  $n=4$ 로 전자가 전이될 때 흡수하는 에너지는 656 nm 선에 해당하는 빛에너지의  $\frac{27}{20}$  배이다.

ㄴ. 3p 오비탈에 전자가 있는 수소 원자가 이온화되는 것은  $n=3 \rightarrow n=\infty$ 로 전자가 전이되는 것이며, 이때 필요한 최소 에너지는  $-\frac{1}{\infty^2}k - (-\frac{1}{3^2}k) = \frac{1}{9}k$ 이다. 656 nm 선은  $n=3 \rightarrow n=2$ 로의 전이에서 방출되므로 에너지는  $-\frac{1}{3^2}k - (-\frac{1}{2^2}k) = \frac{5}{36}k$ 이다.

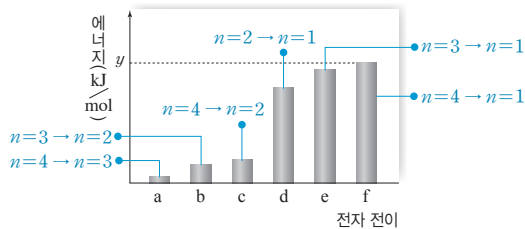
ㄷ.  $n=2 \rightarrow n=4$ 로의 전이에서 흡수되는 에너지는  $-\frac{1}{4^2}k - (-\frac{1}{2^2}k) = \frac{3}{16}k$ 로, 656 nm 선에 해당하는 에너지인  $\frac{5}{36}k$ 의  $\frac{27}{20}$  배이다.

바로알기 ㄱ. 410 nm 선에 해당하는 빛은 발머 계열이며, 라이먼 계열은 자외선 영역이다.

### 4 수소 원자의 전자 전이와 에너지

#### |자료 분석|

- 전이가 6가지이므로  $x=4$ 이다.
- a는 에너지가 가장 작으므로  $n=4 \rightarrow n=3$ 으로의 전자 전이, f는 에너지가 가장 크므로  $n=4 \rightarrow n=1$ 로의 전자 전이에 해당한다.



#### |선택지 분석|

- ✕  $x=5$ 이다. 4  
 ○  $E_e - E_b = E_d$ 이다.  
 ○ 바닥상태인 수소 원자에서 전자를 떼어내는 데  $\frac{16}{15}y$  kJ/mol의 에너지가 필요하다.

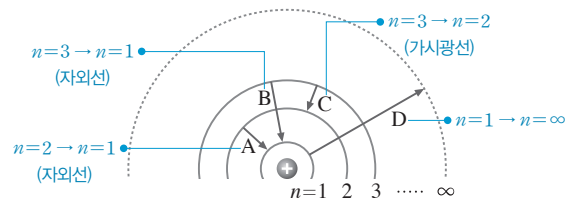
ㄴ. b, d, e의 전이에서 방출되는 에너지는 각각  $E_b = E_3 - E_2$ ,  $E_d = E_2 - E_1$ ,  $E_e = E_3 - E_1$ 이다. 따라서  $E_e - E_b = (E_3 - E_1) - (E_3 - E_2) = E_2 - E_1 = E_d$ 이다.

ㄷ. f인  $n=4 \rightarrow n=1$ 로의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지는  $-\frac{1}{4^2}k - (-\frac{1}{1^2}k) = \frac{15}{16}k$ 이고, 이 값이  $y$ 이다. 바닥상태의 수소 원자에서 전자가 떨어져 나가는 것은  $n=1 \rightarrow n=\infty$ 로의 전자 전이에 해당하므로 이때 필요한 에너지는  $k$  kJ/mol에 해당한다. 따라서 수소 원자에서 전자를 떼어내는 데  $\frac{16}{15}y$  kJ/mol의 에너지가 필요하다.

바로알기 ㄱ. 전자 전이가 6가지이므로  $x=4$ 이다.

### 5 수소 원자의 전자 전이

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ✕ 방출되는 빛의 파장은 B가 A보다 길다. 짧다  
 ○ C에서 방출되는 빛은 가시광선에 해당한다.  
 ✕ 에너지가 가장 큰 빛이 방출되는 것은 D이다. B

ㄴ. C는  $n=3 \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이이므로 이때 방출되는 빛은 가시광선이다.

바로알기 ㄱ. B는  $n=3 \rightarrow n=1$ 로의 전자 전이이고, A는  $n=2 \rightarrow n=1$ 로의 전자 전이이므로 방출되는 빛의 에너지는 B가 A보다 크다. 빛의 에너지와 파장은 반비례하므로 방출되는 빛의 파장은 B가 A보다 짧다.

ㄷ. D에서는 에너지가 흡수되며, 에너지가 가장 큰 빛이 방출되는 것은 B이다.

### 6 수소 원자의 전자 전이와 에너지

#### |자료 분석|

선	전자 전이	에너지(kJ/mol)
I	$n=4 \rightarrow n=1$	$x = -\frac{k}{4^2} - (-\frac{k}{1^2}) = \frac{15k}{16}$
II	$n=\infty \rightarrow n=2$	$-\frac{k}{\infty^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{k}{4}$
III	$n=3 \rightarrow n=2$	$y = -\frac{k}{3^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{5k}{36}$
IV	$n=2 \rightarrow n=1$	$z = -\frac{k}{2^2} - (-\frac{k}{1^2}) = \frac{3k}{4}$

#### |선택지 분석|

- III에 해당하는 빛은 가시광선이다.  
 ✕  $x < y + z$ 이다.  $x > y + z$   
 ✕ 방출하는 빛의 파장은 II에서가 IV에서보다 짧다. 길다

ㄱ. III은  $n=3 \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이이므로 III에 해당하는 빛은 발머 계열에 속하고 가시광선 영역에 해당한다.

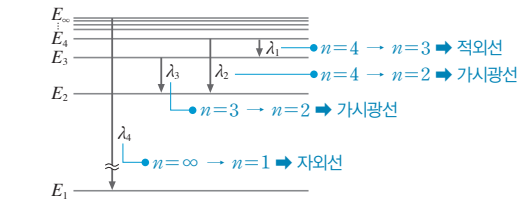
바로알기 ㄴ.  $y+z$ 는 선 III과 선 IV에 해당하는 에너지의 합이므로  $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지의 크기와 같다.  $n=4 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지의 크기가  $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지의 크기보다 크므로  $x > y + z$ 이다.

ㄷ. II는  $n \geq 4 \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이에 의해 방출되는 빛으로 ㉠이  $\infty$ 일 때 방출되는 빛의 에너지가  $\Delta E_{\infty \rightarrow 2} \propto (-\frac{1}{\infty^2}) - (-\frac{1}{2^2}) = \frac{1}{4}$ 로 가장 크고, IV는  $n=2 \rightarrow n=1$ 로의 전자 전이에

의해 방출되는 빛으로  $\Delta E_{2 \rightarrow 1} \propto (-\frac{1}{2^2}) - (-\frac{1}{1^2}) = \frac{3}{4}$ 이다. 한편 방출되는 빛에너지의 크기와 파장은 반비례한다. 방출되는 빛에너지의 크기는 IV에서가 II에서보다 크므로 방출되는 빛의 파장은 II에서가 IV에서보다 길다.

## 7 수소 원자의 전자 전이와 선 스펙트럼

### [자료 분석]



파장	전자 전이	에너지( $\Delta E$ )
$\lambda_1$	$n=4 \rightarrow n=3$	$-\frac{k}{4^2} - (-\frac{k}{3^2}) = \frac{7k}{144}$
$\lambda_2$	$n=4 \rightarrow n=2$	$-\frac{k}{4^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{3k}{16}$
$\lambda_3$	$n=3 \rightarrow n=2$	$-\frac{k}{3^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{5k}{36}$
$\lambda_4$	$n=\infty \rightarrow n=1$	$k$

### [선택지 분석]

㉠  $\lambda_1$ 은 적외선에 해당한다.

✕  $\frac{\lambda_3}{\lambda_2} = \frac{3}{2}$ 이다.  $\frac{\lambda_3}{\lambda_2} = \frac{27}{20}$

㉡ 바닥상태의 수소 원자에  $\lambda_4$ 에 해당하는 빛을 쬐어 주면 수소 원자는 이온화한다.

㉢.  $\lambda_1$ 은 적외선에 해당한다.

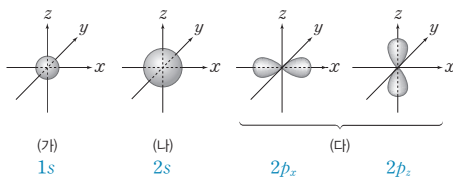
㉣. 바닥상태인 수소 원자를 이온화시키려면  $k$ 에 해당하는 에너지가 필요하고,  $\lambda_4$ 에 해당하는 빛의 에너지는  $k$ 이므로 바닥상태인 수소 원자에  $\lambda_4$ 에 해당하는 빛을 쬐어 주면 수소 원자가 이온화한다.

**바로알기** ㉣.  $\lambda_2$ 에 해당하는 빛의 에너지는  $\frac{3k}{16}$ 이고,  $\lambda_3$ 에 해당하는 빛의 에너지는  $\frac{5k}{36}$ 이다. 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로

$$\frac{\lambda_3}{\lambda_2} = \frac{\frac{16}{5k}}{\frac{3k}{16}} = \frac{27}{20} \text{이다.}$$

## 8 오비탈의 종류와 성질

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

㉠ (다)의 주 양자수는 2이다.

✕ (다)는 원자핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자가 발견될 확률이 같다. **다르다**

✕ 방위 양자수는 (나)가 (가)보다 크다. **(가와 나)가 같다**

㉢. (가)는 1s 오비탈, (나)는 2s 오비탈, (다)는 2p 오비탈이므로 (다)의 주 양자수는 2이다.

**바로알기** ㉣. (다)는 2p 오비탈로 원자핵으로부터 거리가 같더라도 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 다르다.

㉣. (가)와 (나)는 모두 s 오비탈이므로 (가)와 (나)의 방위 양자수는 0으로 같다.

## 9 원자 모형 비교

### [선택지 분석]

(가)	(나)	(다)
① A	B	C
② A	C	B
③ B	A	C
④ B	C	A
⑤ C	A	B

A는 현대 원자 모형, B는 톰슨 원자 모형, C는 보어 원자 모형이다. A, B, C 중 전자의 에너지의 불연속성이 나타나지 않은 B는 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 없다. 또 A와 C 중 전자의 존재를 확률 분포로 설명할 수 있는 것은 현대 원자 모형인 A이다. 따라서 (가)는 A, (나)는 C, (다)는 B이다.

## 10 오비탈의 종류와 수

### [자료 분석]

주 양자수( $n$ )	1	2	
오비탈 종류	㉠ 1s	㉡ 2s	㉢ 2p
오비탈 수	$x=1$	1	$y=3$

### [선택지 분석]

㉠  $\frac{y}{x} = 3$ 이다.

✕ 최대 수용 전자 수는 ㉡이 ㉠보다 **크다**. **2로 같다**

✕ ㉢은 원자핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자의 발견 확률이 같다. **방향에 따라 전자의 발견 확률이 다르다**

㉢. 주 양자수( $n$ )가 1인 전자 껍질에는 s 오비탈만 1개 있으므로 ㉠은 1s 오비탈이고,  $x=1$ 이다. 주 양자수( $n$ )가 2인 전자 껍질에는 s 오비탈이 1개, p 오비탈이 3개 있으므로 ㉡은 2s 오비탈이고, ㉢은 2p 오비탈이며,  $y=3$ 이다. 따라서  $\frac{y}{x} = 3$ 이다.

**바로알기** ㉣. 1s 오비탈과 2s 오비탈의 최대 수용 전자 수는 2로 같다.

㉣. p 오비탈은 방향성이 있으므로 원자핵으로부터 거리가 같더라도 방향에 따라 전자의 발견 확률이 다르며, 방향에 따라 3가지가 존재한다.

## 11 오비탈과 양자수

### [자료 분석]

구분	(가) 3s 오비탈	(나) 2p <sub>z</sub> 오비탈
주 양자수( $n$ )	3	2
방위 양자수( $l$ )	0	1
수용할 수 있는 최대 전자 수	2	2

### [선택지 분석]

✕ 주 양자수( $n$ )

㉠ 방위 양자수( $l$ )

✕ 수용할 수 있는 최대 전자 수

ㄴ. 방위 양자수( $l$ )는 (나)가 (가)보다 크다.

**바로알기** ㄱ. 주 양자수( $n$ )는 (가)가 (나)보다 크다.

ㄷ. 수용할 수 있는 최대 전자 수는 (가)와 (나)가 같다.

## 12 오비탈과 양자수

### |자료 분석|

- 모양이 같은 오비탈 수는 (가)가 가장 작다. → (가)는  $3s$  오비탈이다.
- (나)는 모양이 같고 공간적인 방향이 다른 오비탈이 3개 있다.  
→ (나)는  $3p(p_x, p_y, p_z)$  오비탈이다.
- (다)의 방위 양자수는 2이다. → (다)는  $3d$  오비탈이다.

### |선택지 분석|

- ㉠ (다)는  $3d$  오비탈이다.
- ㉡ (가)와 (나)의 방위 양자수( $l$ )의 합은 2이다. 1
- ㉢ 1개의 오비탈에 들어갈 수 있는 최대 전자 수는 (가), (나), (다)에서 모두 같다.

ㄱ. 주 양자수( $n$ )가 3인 전자 껍질에는  $s, p, d$  오비탈이 있으며,  $s$  오비탈 수는 1,  $p$  오비탈 수는 3,  $d$  오비탈 수는 5이므로 오비탈 수가 가장 작은 (가)는  $3s$  오비탈이다.  $p$  오비탈은 에너지 준위가 같고 방향이 다른 3개가 존재하므로 (나)는  $3p$  오비탈이고, 방위 양자수가 2인 오비탈은  $d$  오비탈이므로 (다)는  $3d$  오비탈이다.

ㄷ. 1개의 오비탈에는 스핀 방향이 서로 반대인 전자가 2개까지 채워진다. 따라서 1개의 오비탈에 들어갈 수 있는 최대 전자 수는 (가)~(다) 모두 2로 같다.

**바로알기** ㄴ. (가)  $3s$  오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 0이고, (나)  $3p$  오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 1이다. 따라서 (가)와 (나)의 방위 양자수( $l$ )의 합은 1이다.

## 수능 3점 공부하기

본책 57쪽~59쪽

- 1 ③    2 ①    3 ⑤    4 ③    5 ②    6 ①  
7 ③    8 ①    9 ③    10 ⑤    11 ④    12 ④

## 1 수소 원자의 전자 전이

### |자료 분석|

- 전자 전이 I ~ III에서  $\Delta n$ ( $n_{\text{전이 전}} - n_{\text{전이 후}}$ )

전자 전이	I	II	III
$\Delta n$	1	2	3

- I ~ III에서  $n_{\text{전이 후}}$ 는 모두 3 이하이다.  
→  $\Delta n=1$ 인 전이:  $n=2 \rightarrow n=1, n=3 \rightarrow n=2, n=4 \rightarrow n=3$   
 $\Delta n=2$ 인 전이:  $n=3 \rightarrow n=1, n=4 \rightarrow n=2, n=5 \rightarrow n=3$   
 $\Delta n=3$ 인 전이:  $n=4 \rightarrow n=1, n=5 \rightarrow n=2, n=6 \rightarrow n=3$
- 방출되는 빛의 에너지는 I > II > III이다.  
→ I은  $n=2 \rightarrow n=1$ , II는  $n=4 \rightarrow n=2$ , III은  $n=6 \rightarrow n=3$ 이다.

### |선택지 분석|

- ㉠ I에서 방출되는 빛에너지는 자외선이다.
- ㉡  $n_{\text{전이 전}}$ 은 II에서가 III에서보다 크다. 작다
- ㉢ I에서 방출되는 빛에너지는 II에서의 4배이다.

ㄱ. I은  $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전이이므로 방출되는 빛에너지는 자외선이다.

$$\text{ㄷ. I에서 방출되는 빛에너지는 } E_I = -\frac{1}{2^2}k - (-\frac{1}{1^2}k) = \frac{3}{4}k,$$

$$\text{II에서 방출되는 빛에너지는 } E_{II} = -\frac{1}{4^2}k - (-\frac{1}{2^2}k) = \frac{3}{16}k \text{라}$$

고 할 수 있다. 따라서 I에서 방출되는 빛에너지는 II에서의 4배이다.

**바로알기** ㄴ. II는  $n=4 \rightarrow n=2$ , III은  $n=6 \rightarrow n=3$ 의 전이이므로  $n_{\text{전이 전}}$ 은 III에서가 II에서보다 크다.

## 2 수소 원자의 전자 전이와 선 스펙트럼

### |선택지 분석|

㉠	㉡	㉢	㉣
① $b_3$	$a_1$	② $b_4$	$a_1$
③ $b_3$	$a_2$	④ $b_4$	$a_2$
⑤ $b_3$	$a_3$		

파장  $a_4$ 는 라이먼 계열 중 파장이 네 번째로 길므로  $n=5 \rightarrow n=1$ 의 전이에서 방출되는 빛의 파장이다. 이 빛에 해당하는 에너지는  $n=5 \rightarrow n=2$ 에서 방출되는 빛의 에너지( $E_5 - E_2$ )와  $n=2 \rightarrow n=1$ 에서 방출되는 빛의 에너지( $E_2 - E_1$ )의 합과 같다.  $n=5 \rightarrow n=2$ 에서 방출되는 빛의 파장은  $b_3$ 이고,  $n=2 \rightarrow n=1$ 에서 방출되는 빛의 파장은  $a_1$ 이므로 파장  $a_4$ 에 해당하는 에너지는 파장  $b_3$ 와 파장  $a_1$ 에 각각 해당하는 에너지의 합과 같다.

## 3 수소 원자의 전자 전이와 에너지

### |자료 분석|

전자 전이	I	II	III	IV
에너지(kJ/mol)	$\frac{5k}{36}$	$\frac{k}{4}$	$\frac{3k}{4}$	$\frac{3k}{16}$

- I:  $E_I = \frac{5k}{36} = -\frac{k}{3^2} - (-\frac{k}{2^2}) \rightarrow n=3 \rightarrow n=2$
- II:  $E_{II} = \frac{k}{4} = -\frac{k}{\infty^2} - (-\frac{k}{2^2}) \rightarrow n=\infty \rightarrow n=2$
- III:  $E_{III} = \frac{3k}{4} = -\frac{k}{2^2} - (-\frac{k}{1^2}) \rightarrow n=2 \rightarrow n=1$
- IV:  $E_{IV} = \frac{3k}{16} = -\frac{k}{4^2} - (-\frac{k}{2^2}) \rightarrow n=4 \rightarrow n=2$

### |선택지 분석|

- ㉠ I에서 방출되는 빛은 가시광선이다.
- ㉡ N 전자 껍질에 전자가 들어 있는 수소 원자에 ( $E_{II} - E_{IV}$ )에 해당하는 빛을 쏘여 주면 이온화한다.
- ㉢ 수소 원자에서 ( $E_{III} + E_{IV}$ )에 해당하는 빛을 방출하는 전자 전이가 일어날 수 있다.

ㄱ. 방출되는 빛의 에너지가  $\frac{5k}{36}$ 인 경우는  $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이이다. 따라서 I에서 방출되는 빛은 가시광선이다.

ㄴ.  $E_{II} = E_{\infty} - E_2$ 이고,  $E_{IV} = E_4 - E_2$ 이므로  $E_{II} - E_{IV} = (E_{\infty} - E_2) - (E_4 - E_2) = E_{\infty} - E_4$ 이다. N 전자 껍질은  $n=4$ 인 전자 껍질이므로 N 전자 껍질에 전자가 들어 있는 수소 원자에 ( $E_{II} - E_{IV}$ )에 해당하는 빛을 쏘여 주면 이온화한다.

ㄷ.  $E_{III} = E_2 - E_1$ 이고,  $E_{IV} = E_4 - E_2$ 이므로  $E_{III} + E_{IV} = (E_2 - E_1) + (E_4 - E_2) = E_4 - E_1$ 이다. 즉,  $E_{III} + E_{IV}$ 는  $n=4 \rightarrow n=1$ 인 전자 전이에서 방출되는 빛의 에너지와 같다. 따라서 수소 원자에서 ( $E_{III} + E_{IV}$ )에 해당하는 빛을 방출하는 전자 전이가 일어날 수 있다.



#### 4 수소 원자의 전자 전이와 선 스펙트럼

##### |자료 분석|

선	전자 전이	색깔	에너지(kJ/mol)
I	$n=5 \rightarrow n=2$	파랑	$E_I$
	(가)	초록	$E_{II}$
II	방출되는 빛의 색깔이 초록이므로 I에서 방출되는 빛의 파장보다 길다. → $n=4 \rightarrow n=2$		
III	$n=a \rightarrow n=2$		$E_{III}$
	$E_I > E_{III}$ 이므로 $a=3$ 이다. → $n=3 \rightarrow n=2$		
IV	$n=4 \rightarrow n=b$		$E_{IV}$
	$E_{IV} > E_I$ 이므로 $b=1$ 이다. → $n=4 \rightarrow n=1$		

##### |선택지 분석|

㉠ (가)는  $n=4 \rightarrow n=2$ 이다.

㉡  $|E_{II} - E_{III}| > |E_I - E_{III}|$ 이다. <

㉢  $b$ 는 1이다.

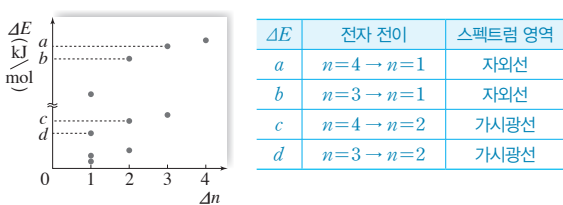
㉠. II는 가시광선 영역에 해당하므로  $n=4 \rightarrow n=2$  또는  $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이 중 하나이다. 이때  $E_{II} > E_{III}$ 이므로 III은  $n=3 \rightarrow n=2$ , II는  $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이에 해당한다. 따라서 (가)는  $n=4 \rightarrow n=2$ 이다.

㉢.  $E_{IV} > E_I$ 이므로 IV는  $n=4 \rightarrow n=1$ 의 전이에 해당한다. 따라서  $b$ 는 1이다.

바로알기 ㉡.  $E_{II} - E_{III}$ 는  $n=4 \rightarrow n=3$ 의 전이에서 방출되는 에너지와 같고,  $E_I - E_{III}$ 는  $n=5 \rightarrow n=3$ 의 전이에서 방출되는 에너지와 같다. 따라서  $|E_{II} - E_{III}| < |E_I - E_{III}|$ 이다.

#### 5 수소 원자의 전자 전이와 에너지

##### |자료 분석|



##### |선택지 분석|

㉡  $d$  kJ/mol에 해당하는 빛은 자외선이다. 가시광선

㉢  $a-c=b-d$ 이다.

㉣ 수소 원자에서  $(a-d)$  kJ/mol에 해당하는 빛을 방출하는 전자 전이가 일어날 수 있다. 일어날 수 없다

- $a$ 는  $\Delta n=3$ 인 전자 전이 중 에너지가 가장 크므로  $n=4 \rightarrow n=1$ 의 전이에 의한 에너지이다.
- $b$ 는  $\Delta n=2$ 인 전자 전이 중 에너지가 가장 크므로  $n=3 \rightarrow n=1$ 의 전이에 의한 에너지이다.
- $c$ 는  $\Delta n=2$ 인 전자 전이 중 두 번째로 에너지가 크므로  $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이에 의한 에너지이다.
- $d$ 는  $\Delta n=1$ 인 전자 전이 중 두 번째로 에너지가 크므로  $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이에 의한 에너지이다.

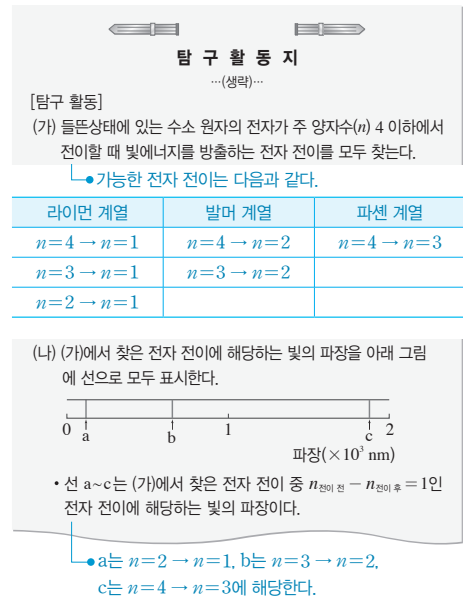
㉡.  $a=E_4-E_1$ ,  $b=E_3-E_1$ ,  $c=E_4-E_2$ ,  $d=E_3-E_2$ 이므로  $a-c=(E_4-E_1)-(E_4-E_2)=E_2-E_1$ 이고,  $b-d=(E_3-E_1)-(E_3-E_2)=E_2-E_1$ 이다. 따라서  $a-c=b-d$ 이다.

바로알기 ㉠.  $d$ 는  $n=3 \rightarrow n=2$ 에 의한 에너지이므로 이에 해당하는 빛은 가시광선이다.

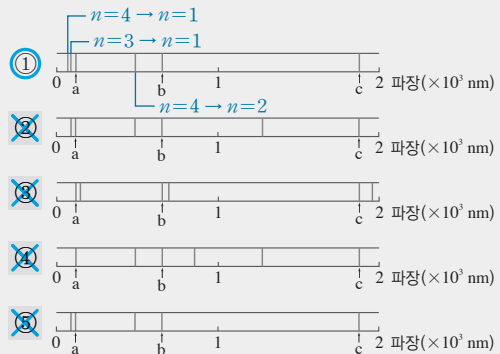
㉢.  $a-d=(E_4-E_1)-(E_3-E_2)$ 이므로  $(a-d)$  kJ/mol에 해당하는 빛을 방출하는 전자 전이는 일어날 수 없다.

#### 6 수소 원자의 선 스펙트럼

##### |자료 분석|



##### |선택지 분석|

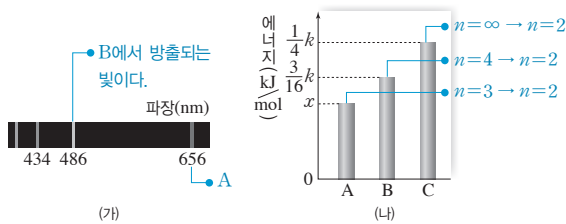


전자가 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 빛에너지에 반비례한다. 들뜬상태에 있는 수소 원자의 전자가 주 양자수( $n$ ) 4 이하에서 전이할 때 가능한 전자 전이는  $n=4 \rightarrow n=3$ ,  $n=4 \rightarrow n=2$ ,  $n=4 \rightarrow n=1$ ,  $n=3 \rightarrow n=2$ ,  $n=3 \rightarrow n=1$ ,  $n=2 \rightarrow n=1$ 이다. 이 중  $n_{\text{전이 전}} - n_{\text{전이 후}} = 1$ 인 전자 전이는  $n=4 \rightarrow n=3$ ,  $n=3 \rightarrow n=2$ ,  $n=2 \rightarrow n=1$ 이고, 방출되는 에너지의 크기는  $n=2 \rightarrow n=1 > n=3 \rightarrow n=2 > n=4 \rightarrow n=3$ 이므로 파장의 크기는  $n=4 \rightarrow n=3 > n=3 \rightarrow n=2 > n=2 \rightarrow n=1$ 이다. 따라서  $a$ 는  $n=2 \rightarrow n=1$ ,  $b$ 는  $n=3 \rightarrow n=2$ ,  $c$ 는  $n=4 \rightarrow n=3$ 에 해당한다.

㉠ 제시된 전자 전이 중 라이먼 계열에서 a에 해당하는  $n=2 \rightarrow n=1$ 에서 방출되는 빛에너지보다 에너지가 큰 전자 전이는  $n=4 \rightarrow n=1$ ,  $n=3 \rightarrow n=1$ 이므로 스펙트럼에서 a선 왼쪽에 2개의 선이 나타난다. 발머 계열에서 b에 해당하는  $n=3 \rightarrow n=2$ 에서 방출되는 빛에너지보다 에너지가 큰 전자 전이는  $n=4 \rightarrow n=2$ 이므로 스펙트럼에서 b선 왼쪽에 1개의 선이 나타난다. 또한 파셴 계열에서 c에 해당하는  $n=4 \rightarrow n=3$ 에서 방출되는 빛에너지보다 에너지가 큰 전자 전이는 없다. 따라서 (나)의 결과로 가장 적절한 것은 ㉠이다.

## 7 수소 원자의 전자 전이와 선 스펙트럼

### |자료 분석|



구분	전자 전이	에너지(kJ/mol)
A	$n=3 \rightarrow n=2$	$-\frac{k}{3^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{5}{36}k$
B	$n=4 \rightarrow n=2$	$-\frac{k}{4^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{3}{16}k$
C	$n=\infty \rightarrow n=2$	$-\frac{k}{\infty^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{1}{4}k$

### |선택지 분석|

㉠ B에서 방출되는 빛의 파장은 486 nm이다.

㉡  $x$ 는  $\frac{5}{36}k$ 이다.

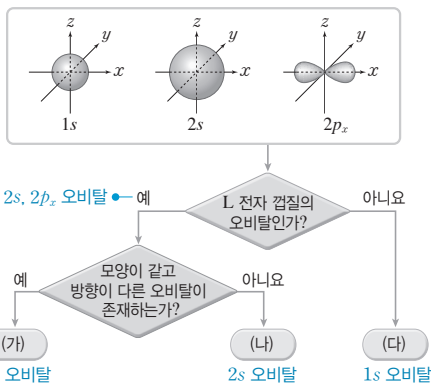
㉢ C에서 방출되는 빛은 적외선이다. 적외선이 아니다

㉠. B의 에너지가  $\frac{3}{16}k$ 이므로 B는  $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전이이고, 이는 발머 계열에서 두 번째로 파장이 길므로 파장은 486 nm이다.  
 ㉡. A는 발머 계열의 선 중에서 B보다 에너지가 작으므로  $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이이다. 따라서 이때 방출되는 빛에너지는  $-\frac{k}{3^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{5}{36}k$ 이다.

㉢. C는  $n=\infty \rightarrow n=2$ 의 전이로 발머 계열 중 방출되는 빛에너지가 가장 큰 전이이므로 적외선이 아니다.

## 8 오비탈의 종류와 특징

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

㉠ 오비탈의 크기는 (나) > (다)이다.

㉡ (나)와 (다)의 방위 양자수( $l$ )의 합은 (가)의 방위 양자수( $l$ )와 같다. (가)의 방위 양자수( $l$ )보다 작다

㉢ (가)는 원자핵으로부터 거리가 같으면 방향이 다르더라도 전자가 발견될 확률이 같다. 다르다

L 전자 껍질에 있는 오비탈은 2s, 2p 오비탈이고, 2p 오비탈은 모양이 같고 방향이 다른 3개의 오비탈이 있다. 따라서 (가)는 2p<sub>x</sub> 오비탈, (나)는 2s 오비탈, (다)는 1s 오비탈이다.

㉠. 주 양자수( $n$ )가 클수록 오비탈의 크기가 크므로 오비탈의 크기는 (나) > (다)이다.

㉡. 2s 오비탈과 1s 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 각각 0이고, 2p<sub>x</sub> 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 1이므로 (나)와 (다)의 방위 양자수( $l$ )의 합은 (가)의 방위 양자수( $l$ )보다 작다.

㉢. p 오비탈은 방향성이 있으므로 (가)는 원자핵으로부터 거리가 같더라도 방향이 다르면 전자가 발견될 확률이 다르다.

## 9 오비탈과 양자수

### |선택지 분석|

㉠ (다)에 전자가 들어 있는 수소 원자는 들뜬상태이다.

㉡ 방위 양자수( $l$ )는 (나)가 (가)보다 크다.

㉢ 주 양자수( $n$ )는 (다)가 (나)보다 크다. 같다

오비탈의 크기가 (다) > (가)이므로 (가)는 1s 오비탈, (다)는 2s 오비탈, (나)는 2p<sub>x</sub> 오비탈이다.

㉠. 바닥상태의 수소 원자는 전자가 1s 오비탈에 들어 있다. (다)는 2s 오비탈이므로 (다)에 전자가 들어 있는 수소 원자는 들뜬상태이다.

㉡. (가) 1s 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 0이고, (나) 2p<sub>x</sub> 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 1이므로 방위 양자수( $l$ )는 (나)가 (가)보다 크다.

㉢. (나)와 (다)의 주 양자수( $n$ )는 2로 같다.

## 10 오비탈의 종류와 특징

### |자료 분석|

• (가)와 (나)의 모양이 같다.

㉠ (가)~(다)는 각각 1s, 2s, 2p 오비탈 중 하나이므로 모양이 같은 (가)와 (나)는 각각 1s 오비탈과 2s 오비탈 중 하나이다.

• (가)와 (다)는 주 양자수( $n$ )가 같다.

㉡ 주 양자수가 같은 (가)와 (다)는 각각 2s 오비탈과 2p 오비탈 중 하나이다. ㉢ (가)는 2s, (나)는 1s, (다)는 2p 오비탈이다.

### |선택지 분석|

㉠ 오비탈의 크기는 (가) > (나)이다.

㉡ (다)에서 전자가 발견될 확률은 원자핵으로부터의 거리와 방향에 따라 변한다.

㉢ 방위 양자수( $l$ )는 (다)가 (나)보다 크다.

㉠. (가)는 2s 오비탈, (나)는 1s 오비탈이므로 주 양자수가 큰 (가)의 크기가 (나)보다 크다.

㉡. (다)는 2p 오비탈이고, p 오비탈은 방향성이 있으므로 전자가 발견될 확률은 원자핵으로부터의 거리와 방향에 따라 변한다.

㉢. (다)는 2p 오비탈, (나)는 1s 오비탈이므로 방위 양자수( $l$ )는 (다)가 (나)보다 크다.

## 11 전자 배치와 오비탈

### |자료 분석|

• 각 오비탈에 스핀 방향이 반대인 전자가 2개씩 들어 있다.

전자 배치	전자 껍질			상태	전자가 들어 있는 오비탈 수
	K	L	M		
(가)	2	8	0	바닥상태	5
(나)	2	7	1	들뜬상태	6

### 선택지 분석

- ✕ (가)에서 L 전자 껍질의 모든 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 같  
다. 같지 않다
- (가)에서 전자들의 스핀 자기 양자수( $m_s$ )의 합은 0이다.
- (나)에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 6이다.

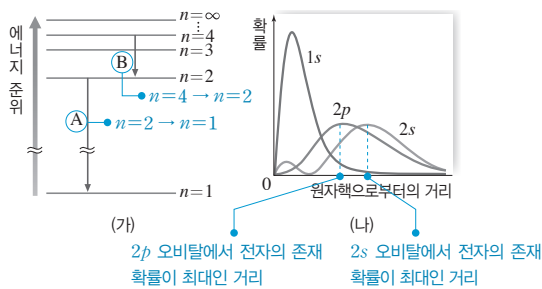
ㄴ. (가)에서 K 전자 껍질에는 1s 오비탈 1개, L 전자 껍질에는 2s 오비탈 1개와 2p 오비탈 3개가 있고, 각 오비탈에는 스핀 방향이 서로 반대인 전자가 2개씩 들어 있다. 따라서 전자들의 스핀 자기 양자수( $m_s$ )의 합은 0이다.

ㄷ. (가)에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 K 전자 껍질에 1, L 전자 껍질에 4로 모두 5이고, (나)에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 K 전자 껍질에 1, L 전자 껍질에 4, M 껍질에 1로 모두 6이다.

**바로알기** ㄱ. (가)에서 L 전자 껍질에 있는 오비탈은 2s 오비탈과 2p 오비탈이다. 2s 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 0, 2p 오비탈의 방위 양자수( $l$ )는 1로 서로 같지 않다.

## 12 수소 원자의 오비탈과 전자 전이

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ✕ 방출되는 빛의 파장은 B가 A의 3배이다. 4배
- 전자 존재 확률이 최대인 거리는 2s 오비탈이 2p 오비탈보다 크다.
- 2p 오비탈과 1s 오비탈의 에너지 준위 차이는 A의 에너지 크기와 같다.

ㄴ. 전자 존재 확률이 최대인 거리, 즉 그림 (나)에서 각 그래프의 최댓값에 해당하는 원자핵으로부터의 거리는 2s 오비탈이 2p 오비탈보다 크다.

ㄷ. 2p 오비탈과 1s 오비탈의 에너지 준위 차이는 수소 원자의 2p 오비탈에서 1s 오비탈로 전자가 전이할 때 방출하는 에너지의 크기와 같으며, 이는 그림 (가)에서  $n=2 \rightarrow n=1$ 로의 전이(A)에서 방출하는 에너지와 같다. 따라서 2p 오비탈과 1s 오비탈의 에너지 준위 차이는 A의 에너지 크기와 같다.

**바로알기** ㄱ. A는  $n=2 \rightarrow n=1$ 로의 전이, B는  $n=4 \rightarrow n=2$ 로의 전이이므로 이때 방출되는 빛의 에너지는 다음과 같다.

$$A: E_2 - E_1 = -\frac{1312}{2^2} - \left(-\frac{1312}{1^2}\right) = \frac{3}{4} \times 1312 (\text{kJ/mol})$$

$$B: E_4 - E_2 = -\frac{1312}{4^2} - \left(-\frac{1312}{2^2}\right) = \frac{3}{16} \times 1312 (\text{kJ/mol})$$

따라서 방출되는 빛의 에너지는 A가 B의 4배이다. 빛의 에너지와 파장은 반비례하므로 방출되는 빛의 파장은 B가 A의 4배이다.

## 06 원자의 전자 배치

### 개념 확인 문제

본책 61쪽

1 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

2	1s	2s	2p	3s
(1) ${}_6\text{C}$ :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\uparrow$	
(2) ${}_7\text{N}$ :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\uparrow\uparrow$	
(3) ${}_9\text{F}$ :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow$	
(4) ${}_{11}\text{Na}$ :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$	$\uparrow$

3 (1) 6 (2)  $1s^2 2s^2 2p^6$

1 (1) 수소 원자에서는 전자가 1개뿐이므로 주 양자수가 같으면 오비탈의 에너지 준위가 같다. 따라서 2s 오비탈에 전자가 들어 있는 수소 원자와 2p 오비탈에 전자가 들어 있는 수소 원자의 에너지 준위는 같다.

(2) 다전자 원자에서는 전자 간의 반발력이 있으므로 주 양자수가 같더라도 오비탈의 방위 양자수에 따라 에너지 준위가 다르다. 즉 2p 오비탈이 2s 오비탈보다 에너지 준위가 높다.

(3) 1개의 오비탈에는 스핀 방향이 서로 반대인 전자가 2개까지 들어갈 수 있다.

(4) 훈트 규칙은 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 배치될 때 가능한 한 홀전자 수가 많게 배치된다는 법칙이다. 다전자 원자에서는 2s 오비탈과 2p 오비탈의 에너지 준위가 다르므로 전자가 배치될 때 훈트 규칙이 적용되지 않는다.

(5)  ${}_{19}\text{K}$ 의 전자 수는 19이고, 오비탈의 에너지 준위는  $4s < 3d$ 이지만, 원자가 전자는 4s 오비탈에 들어 있다.

2 (1) 탄소 원자는 전자 수가 6이므로 탄소의 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 이다.

(2) 질소 원자는 전자 수가 7이므로 질소의 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이다.

(3) 플루오린 원자는 전자 수가 9이므로 플루오린의 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$ 이다.

(4) 나트륨 원자는 전자 수가 11이므로 나트륨의 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

3 (1) 원자가 전자는 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자이다. 따라서 X의 전자 배치에서 주 양자수( $n$ )가 2인 전자 껍질에 들어 있는 전자 6개가 X의 원자가 전자이다.

(2) 원자가 이온이 될 때 전자를 잃거나 얻어 18족 원소와 같은 전자 배치를 가지려고 한다. X는 2p 오비탈에 전자 2개를 얻어 네온과 같이  $1s^2 2s^2 2p^6$ 의 전자 배치를 이루어 음이온이 된다.

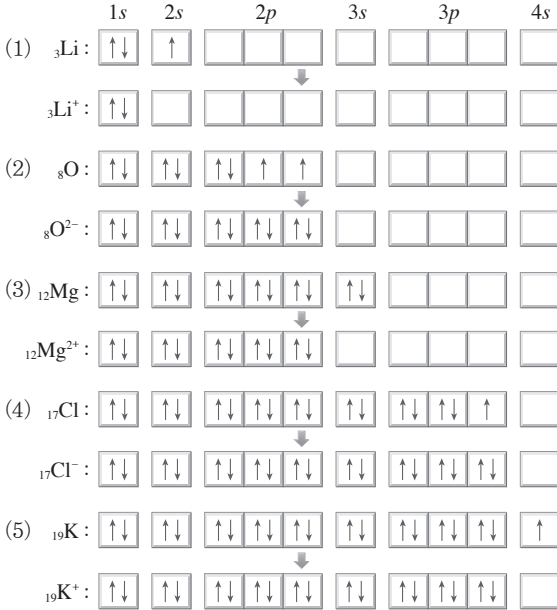
### 여기서 잠깐!

본책 62쪽

Q1 해설 참조 Q2 (1) 0, 2 (2) 3, 5 (3) 1, 7 (4) 2, 4

**Q1** 원자의 바닥상태 전자 배치는 파울리 배타 원리를 따르면서 쌍을 원리와 훈트 규칙을 만족하며, 원자가 이온이 될 때는 전자를 잃거나 얻어 18족 원소와 같은 전자 배치를 가지려고 한다.

**오범담안**



**Q2** 홀전자는 오비탈에서 쌍을 이루지 않은 전자를 의미하며, 바닥상태 전자 배치에서는 홀전자 수가 최대가 되도록 배치되어 있다. 원자가 전자는 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자이다.

## 수능 자료 마스터

본책 63쪽

자료 1 ②

자료 2 ③

**1** ②  ${}_8\text{O}^+$ 은 산소 원자가 전자 1개를 잃어 생성된 이온이므로 전자 수는 7이다.

**바로알기** ① 비어 있는  $2p$  오비탈이 있는데, 1개의  $2p$  오비탈에 전자가 쌍을 이루고 있으므로 훈트 규칙에 어긋난다.

③, ④ 에너지 준위가 낮은  $2s$  오비탈에 전자가 1개만 배치되어 있으므로 쌍을 원리에 어긋난다.

⑤ 주어진 원리나 규칙에 어긋나지는 않지만 전자 수가 8이므로 산소 원자의 바닥상태 전자 배치이다.

**2** 바닥상태인 원자 X와 Y는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같으므로 같은 주기 원소이다. 같은 주기 원소 중  $p$  오비탈에 들어 있는 전자 수의 비가 1 : 5인 원소는 2주기 원소의 B와 F이므로 X는 플루오린(F), Y는 붕소(B)이다. 또한  $X^-$ 과  $Z^+$ 의 전자 수가 같으므로 Z는 나트륨(Na)이다.

ㄱ. Y는 B로 2주기 13족 원소이다.

ㄴ. 바닥상태에서 X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^5$ , Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^1$ , Z의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로 홀전자 수는 모두 1로 같다.

**바로알기** ㄴ. Z에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 6이다.

## 수능 2점 다지기

본책 64쪽~65쪽

1 ③

2 ③

3 ③

4 ③

5 ③

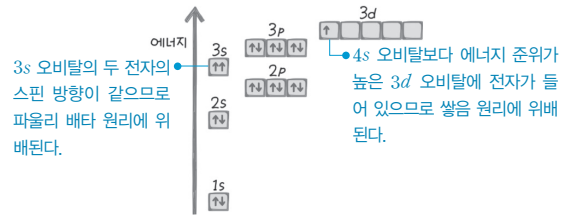
6 ①

7 ④

8 ①

### 1 오비탈의 에너지 준위와 전자 배치

**[자료 분석]**



**[선택지 분석]**

ㄱ.  $3d$  오비탈 대신  $4s$  오비탈을 그려야 한다.

ㄴ.  $3s$  오비탈에 나타난 두 전자의 화살표 방향을 서로 반대로 그려야 한다.

ㄷ.  $3p$  오비탈의 전자 3개를  $3d$  오비탈에 그려야 한다.

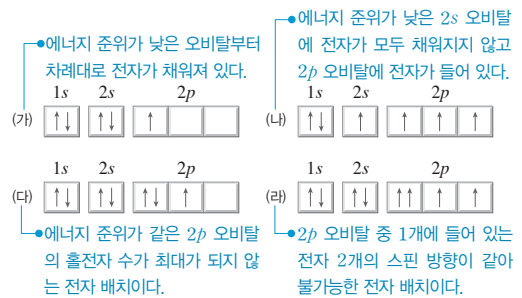
ㄱ. 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는  $4s < 3d$ 이다. 따라서 쌍을 원리에 따라  $3d$  오비탈 대신  $4s$  오비탈을 그려야 한다.

ㄴ. 1개의 오비탈에 들어가는 전자 2개는 스핀 방향이 서로 반대여야 한다. 따라서  $3s$  오비탈의 두 전자의 화살표 방향을 서로 반대로 그려야 한다.

**바로알기** ㄴ. 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는  $3p$  오비탈이  $3d$  오비탈보다 낮으므로  $3p$  오비탈에 전자를 먼저 채워야 한다.

### 2 원자의 전자 배치

**[자료 분석]**



**[선택지 분석]**

① (가)는 쌍을 원리를 만족한다.

② (나)는 들뜬상태의 전자 배치이다.

ㄱ. (다)는 훈트 규칙을 만족한다. 어긋난다

④ (라)는 파울리 배타 원리에 어긋난다.

ㄴ. 바닥상태의 전자 배치는 1가지이다.

① (가)는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 차례대로 전자가 채워져 있으므로 쌍을 원리를 만족한다.

② (나)는 에너지 준위가 낮은  $2s$  오비탈에 전자가 모두 채워지지 않고  $2p$  오비탈에 전자가 들어 있으므로 쌍을 원리에 어긋나는 들뜬상태의 전자 배치이다.

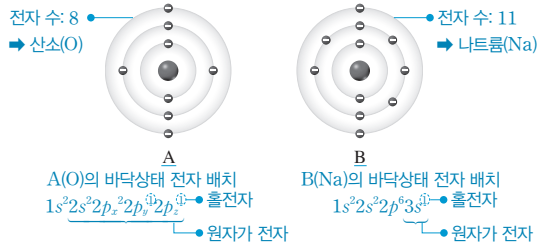
④ (라)는  $2p$  오비탈에 스핀 방향이 같은 2개의 전자가 채워져 있으므로 파울리 배타 원리에 어긋난다.

⑤ 바닥상태 전자 배치는 쌓음 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족하므로 (가)만 바닥상태의 전자 배치이다.

**바로알기** ③ (다)는 에너지 준위가 같은 3개의  $2p$  오비탈에 홀전자 수가 최대가 되도록 배치되어 있지 않으므로 훈트 규칙에 어긋난다.

### 3 원자의 전자 배치

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ☒ 같은 주기 원소이다. A: 2주기, B: 3주기
- ☒ 원자가 전자 수는 같다. A: 6, B: 1
- ☒ 홀전자 수는 A가 B의 2배이다. A: 2, B: 1
- ☒ s 오비탈의 전자 수는 같다. A: 4, B: 5
- ☒ 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수는 B가 A보다 많다. A: 3, B: 3

A의 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2$ 이고, B의 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

③ 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 A가 2, B가 1이므로 A가 B의 2배이다.

**바로알기** ① A는 2주기 원소, B는 3주기 원소이다.

② 원자가 전자 수는 A가 6, B가 1이다.

④ s 오비탈의 전자 수는 A가 4, B가 5이다.

⑤ 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 A, B 모두 3으로 같다.

### 4 질소 원자의 전자 배치와 오비탈

#### |자료 분석|

- (가)와 (나)의 모양이 같다. → (가)와 (나)는 s 오비탈이다.
- (가)와 (다)에는 원자가 전자가 들어 있다.  
→ (가)와 (다)는 주 양자수가 같다. → (가)는 2s, (다)는 2p 오비탈이다.

#### |선택지 분석|

- ☒ (다)에서 전자가 발견될 확률은 핵으로부터의 거리와 방향에 따라 변한다.
- ☒ 오비탈의 크기는 (가) > (나)이다.
- ☒ 에너지 준위는 (다) > (나) > (가)이다. (다) > (가) > (나)

바닥상태 질소 원자의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 인데, (가)와 (나)의 모양이 같으므로 (가)와 (나)는 각각 1s 오비탈과 2s 오비탈 중 하나이고, (가)와 (다)에 원자가 전자가 들어 있으므로 (가)와 (다)는 주 양자수가 같다. 따라서 (가)는 2s 오비탈, (다)는 2p 오비탈, (나)는 1s 오비탈이다.

ㄱ. (다) 2p 오비탈은 핵에서 전자의 존재 확률이 0이고, 핵으로부터의 거리와 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 변한다.

ㄴ. 주 양자수가 커질수록 오비탈의 크기가 커지므로 (가) 2s 오비탈은 (나) 1s 오비탈보다 크다.

**바로알기** ㄷ. 에너지 준위는 (다) > (가) > (나)이다.

### 5 바닥상태 원자의 전자 배치

#### |자료 분석|

원자	오비탈에 들어 있는 전자 수		홀전자 수	전자 배치
	2s	2p		
(가)	1	0	1	$1s^2 2s^1$
(나)	2	$a=3$	3	$1s^2 2s^2 2p^3$
(다)	2	4	$b=2$	$1s^2 2s^2 2p^4$

#### |선택지 분석|

- ☒  $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$ 이다.
- ☒ 전자가 들어 있는 오비탈 수는 (다)가 (나)보다 크다. 같다
- ☒ (나)와 (가)의 원자가 전자 수의 차는 4이다.

(가)는 2s 오비탈에 들어 있는 전자 수가 1이고, 홀전자 수가 1이므로 전자 배치는  $1s^2 2s^1$ 이다. (나)는 2s 오비탈에 들어 있는 전자 수가 2이고, 홀전자 수가 3이므로 2p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 3이다. 따라서  $a=3$ 이고, (나)의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이다. (다)는 2s 오비탈에 들어 있는 전자 수가 2이고, 2p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 4이므로  $b=2$ 이고, (다)의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다.

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

ㄷ. 원자가 전자 수는 (가)가 1이고, (나)가 5이므로 (나)와 (가)의 원자가 전자 수의 차는 4이다.

**바로알기** ㄴ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 (나)와 (다)가 5로 같다.

### 6 바닥상태 원자의 전자 배치

#### |자료 분석|

오비탈의 에너지 준위는  $2p < 3s < 3p$ 이므로 전자는  $2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p$  순으로 채워진다.

원자	(가) 3s	(나) 2p	(다) 3p	전자 배치
A	2	6	5	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
B	0	3	0	$1s^2 2s^2 2p^3$
C	2	6	3	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

#### |선택지 분석|

- ☒ 홀전자 수는 A가 가장 작다.
- ☒ C에서 오비탈의 에너지 준위는 (가)가 (다)보다 높다. 낮다
- ☒ 원자가 전자 수는 C가 B보다 크다. 같다

오비탈의 에너지 준위는  $2p < 3s < 3p$ 인데, B에서 (나)가 가장 먼저 채워지고 전자 수가 3이므로 (나)는 2p 오비탈이다. (가)와 (다)는 3s 오비탈과 3p 오비탈 중 하나인데, (가)에는 전자가 2개까지 채워져 있고, (다)에는 전자가 5개까지 채워져 있으므로 (가)는 3s 오비탈이고, (다)는 3p 오비탈이다. 따라서 A의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 이고, B의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이며, C의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이다.

ㄱ. 바닥상태 전자 배치는 훈트 규칙을 만족하므로 가능한 한 홀전자 수가 많게 배치된다. 홀전자 수는 A가 1, B가 3, C가 3으로 A가 가장 작다.

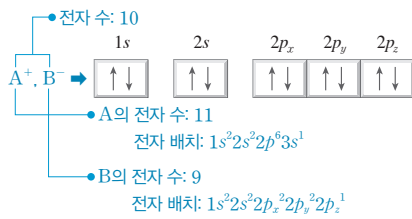
**바로알기** ㄴ. (가)는 3s 오비탈, (다)는 3p 오비탈이므로 C에서 오비탈의 에너지 준위는 (가)가 (다)보다 낮다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 B와 C가 5로 서로 같다.



## 7 바닥상태 이온과 원자의 전자 배치

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 홀전자 수는 A와 B가 각각 1이다.  
 ㉡ 원자가 전자 수는 B가 A보다 6만큼 크다.  
 ㉢ 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수는 같다. **다르다**

$A^+$ 은 A가 전자 1개를 잃고 형성된 양이온이므로 A의 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.  $B^-$ 은 B가 전자 1개를 얻어 형성된 음이온이므로 B의 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$ 이다.

㉠. A와 B의 홀전자 수는 각각 1로 같다.

㉡. 원자가 전자 수는 A가 1이고, B가 7이므로 원자가 전자 수는 B가 A보다 6만큼 크다.

**바로알기** ㉢. 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수는 A가 3이고, B가 2이다.

## 8 바닥상태 원자의 전자 배치

### [자료 분석]

- 전자가 들어 있는 전자 껍질 수:  $B > A, D > C$   
 ↳ B와 D는 3주기 원소이고, A와 C는 2주기 원소이다.
- 전체 s 오비탈의 전자 수에 대한 전체 p 오비탈의 전자 수의 비

원자	A	B	C	D
전체 p 오비탈의 전자 수	1	1	1.5	1.5
전체 s 오비탈의 전자 수				

↳ A:  $1s^2 2s^2 2p^4$ , B:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$   
 C:  $1s^2 2s^2 2p^6$ , D:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

### [선택지 분석]

- ㉠ 홀전자 수는 D가 가장 크다.  
 ㉡ B와 C의 전자 수 차는 4이다. **2**  
 ㉢ A가 안정한 이온이 될 때 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수는 커진다. **변함없다**

주어진 원자는 2, 3주기이고, 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가  $B > A, D > C$ 이므로 A와 C는 2주기 원소이고, B와 D는 3주기 원소이다. 또, 주어진 전자 배치에서 전체 s 오비탈의 전자 수에 대한 전체 p 오비탈의 전자 수의 비로부터 A의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4$ , B의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , C의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6$ , D의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 임을 알 수 있다.

㉠. 홀전자 수는 A가 2, B와 C가 0, D가 3이므로 D가 가장 크다.

**바로알기** ㉡. 전자 수는 B가 12, C가 10이므로 B와 C의 전자 수 차는 2이다.

㉢. A는 2주기 16족 원소이므로 안정한 이온은 2가의 음이온이고, 2개의 전자는 2p 오비탈에 채워지므로 안정한 이온이 될 때 p 오비탈의 수는 변함없다.

## 수능 3점 공부하기

본책 66쪽 ~ 67쪽

1 ⑤    2 ③    3 ③    4 ⑤    5 ⑤    6 ③  
 7 ①    8 ③

## 1 바닥상태 원자의 전자 배치

### [자료 분석]

원자	홀전자 수	전자쌍이 들어 있는 오비탈 수	전자 배치
A	2	3	$1s^2 2s^2 2p^4$
B	2	6	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
C	1	4	$1s^2 2s^2 2p^5$

### [선택지 분석]

- ㉠ A에서  $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}} = 1$ 이다.  
 ㉡ p 오비탈의 전자 수는 B가 A의 2배이다.  
 ㉢ 원자가 전자 수는 C가 가장 크다. A: 6, B: 4, C: 7

A는 전자쌍이 들어 있는 오비탈 수가 3이므로 1s, 2s 오비탈과  $2p_x, 2p_y, 2p_z$  중 하나의 오비탈에 전자쌍을 채우고 있으며, 홀전자 수가 2이므로  $2p_x, 2p_y, 2p_z$  중 2개의 오비탈에 각각 홀전자를 갖고 있다. 따라서 A의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4 (1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1)$ 이며, A는 산소(O)이다.

B는 전자쌍이 들어 있는 오비탈 수가 6이므로 1s, 2s,  $2p_x, 2p_y, 2p_z$ , 3s 오비탈에 전자쌍을 채우고 있으며, 홀전자 수가 2이므로  $3p_x, 3p_y, 3p_z$  중 2개의 오비탈에 각각 홀전자를 갖고 있다. 따라서 B의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 (1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2 3p_x^1 3p_y^1)$ 이며, B는 규소(Si)이다.

C는 전자쌍이 들어 있는 오비탈 수가 4이므로 1s, 2s 오비탈과  $2p_x, 2p_y, 2p_z$  중 2개의 오비탈에 전자쌍을 채우고 있으며, 홀전자 수가 1이므로  $2p_x, 2p_y, 2p_z$  중 1개의 오비탈에 홀전자를 갖고 있다. 따라서 C의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^5 (1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1)$ 이며, C는 플루오린(F)이다.

㉠. A에서 s 오비탈과 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4로 같으므로  $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}} = 1$ 이다.

㉡. A에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4이고, B에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 8이므로 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 B가 A의 2배이다.

㉢. 원자가 전자 수는 A가 6, B가 4, C가 7이므로 원자가 전자 수는 C가 가장 크다.

## 2 바닥상태 원자의 전자 배치

### [자료 분석]

- X~Z의 홀전자 수의 총합은 7이다.  
 ↳ 홀전자 수의 합이 7이므로 가능한 조합은 (3, 2, 2) 또는 (3, 3, 1)이다. → 홀전자 수가 3인 원자가 포함된다.
- p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X가 Y의 3배이다.  
 ↳ X의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이고, Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이다.
- Z에서  $\frac{\text{전자가 들어 있는 p 오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 s 오비탈 수}} = 1$ 이다.  
 ↳ 가능한 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^2, 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1, 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다.  
 → Z의 전자 배치는 홀전자 수가 1인  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

### [선택지 분석]

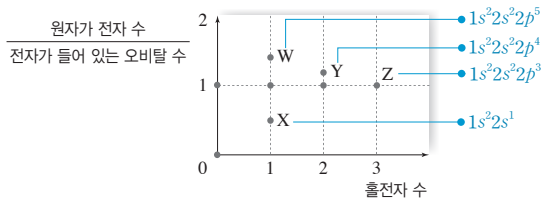
- ㉠ Y는 2주기 원소이다.  
 ✕ 홀전자 수는 Y가 X보다 크다. 3으로 같다  
 ㉡ 전자가 들어 있는 s 오비탈 수는 X와 Z가 같다. 3

홀전자 수의 합이 7이므로 홀전자 수의 가능한 조합은 (3, 2, 2) 또는 (3, 3, 1)로 반드시 홀전자 수가 3인 원자가 포함되어야 한다. 따라서 X~Z에는 N 또는 P이 포함된다. p 오비탈의 전자 수가 X가 Y의 3배이므로 이 조건을 만족하는 두 원자의 전자 배치는 X가  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이고, Y가  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이다. 이때 두 원자의 홀전자 수가 모두 3이므로 나머지 Z의 홀전자 수는 1이어야 한다. 또, Z는  $\frac{\text{전자가 들어 있는 p 오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 s 오비탈 수}}$ 가 1이므로 Z의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

- ㉢. Y는 질소(N)로 2주기 원소이다.  
 ㉣. 전자가 들어 있는 s 오비탈 수는 X와 Z가 3으로 같다.  
 바로알기 ㉤. 홀전자 수는 X와 Y가 3으로 같다.

## 3 2주기 바닥상태 원자의 전자 배치

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 원자가 전자 수는 X가 가장 작다. W: 7, X: 1, Y: 6, Z: 5  
 ㉡ Y에서  $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}} = 1$ 이다.  
 ✕ 전자가 들어 있는 오비탈 수는 W가 Z보다 크다. 5로 같다

2주기 바닥상태 원자의 전자 배치, 전자가 들어 있는 오비탈 수, 원자가 전자 수, 홀전자 수 등은 다음과 같다.

원소	전자 배치	전자가 들어 있는 오비탈 수(A)	원자가 전자 수(B)	$\frac{B}{A}$	홀전자 수
$_3\text{Li}$	$1s^2 2s^1$	2	1	$\frac{1}{2}$	1
$_4\text{Be}$	$1s^2 2s^2$	2	2	1	0
$_5\text{B}$	$1s^2 2s^2 2p^1$	3	3	1	1
$_6\text{C}$	$1s^2 2s^2 2p^2$	4	4	1	2
$_7\text{N}$	$1s^2 2s^2 2p^3$	5	5	1	3
$_8\text{O}$	$1s^2 2s^2 2p^4$	5	6	$\frac{6}{5}$	2
$_9\text{F}$	$1s^2 2s^2 2p^5$	5	7	$\frac{7}{5}$	1
$_{10}\text{Ne}$	$1s^2 2s^2 2p^6$	5	0	0	0

W는 홀전자 수가 1이고,  $\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ 가 1보다 크므로 전자 배치가  $1s^2 2s^2 2p^5$ 이다. X는 홀전자 수가 1이고,  $\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ 가 1보다 작으므로 전자 배치가  $1s^2 2s^1$ 이다. Y는 홀전자 수가 2이고,  $\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ 가 1보다 작으므로 전자 배치가  $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다.

Z는 홀전자 수가 3이고,  $\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ 가 1이므로 전자 배치가  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이다.

㉢. 원자가 전자 수는 각각 W가 7, X가 1, Y가 6, Z가 5이므로 X가 가장 작다.

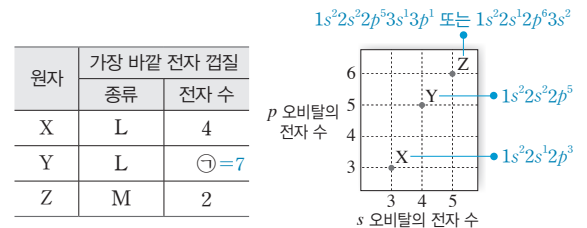
㉣. 주어진 조건에 부합되는 Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로

Y에서  $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 는 1이다.

바로알기 ㉤. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 W와 Z가 5로 같다.

## 4 원자의 전자 배치

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ X에서 K 껍질에 있는 전자 수는 1이다. 2  
 ㉡ ㉠은 5이다. 7  
 ㉢ Y의 홀전자 수는 2이다. 1  
 ㉣ Z에서 L 껍질에 있는 전자 수는 6이다. 7  
 ㉤ 바닥상태의 원자는 1가지이다.

X는 L 전자 껍질까지만 전자가 들어 있고, L 전자 껍질의 전자 수가 4이며 s 오비탈의 전자 수와 p 오비탈의 전자 수가 각각 3이다. 따라서 X의 전자 배치는  $1s^2 2s^1 2p^3$ 이다.

Y는 L 전자 껍질까지만 전자가 들어 있고, s 오비탈의 전자 수가 4이며, p 오비탈의 전자 수가 5이다. 따라서 Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^5$ 이다.

Z는 M 전자 껍질까지만 전자가 들어 있고, M 전자 껍질의 전자 수가 2이며, s 오비탈의 전자 수가 5, p 오비탈의 전자 수가 6이므로 Z의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1 3p^1$  또는  $1s^2 2s^1 2p^6 3s^2$ 이다.

㉤ 바닥상태의 원자는 Y 1가지이다.

바로알기 ㉠ X에서 K 전자 껍질에 있는 전자 수는 2이다.

㉡ Y에서 L 전자 껍질에 있는 전자 수(㉠)는 7이다.

㉢ Y의 홀전자 수는 1이다.

㉣ Z에서 L 전자 껍질에 있는 전자 수는 7이다.

## 5 2, 3주기 바닥상태 원자의 전자 배치

### [자료 분석]

원자	A	B	C
홀전자 수	0	2	3
$\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$	1	1	1.5
전자 배치	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	$1s^2 2s^2 2p^4$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

### [선택지 분석]

- ✕ A의 원자가 전자 수는 4이다. 2  
 ㉠ B의 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수는 2이다.  
 ㉡ 전자가 들어 있는 오비탈 수는 C가 B보다 크다.  $-\frac{9}{5}$   $-\frac{5}{5}$

A는 홀전자가 없고,  $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 1이므로 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다.

B는 홀전자 수가 2이고,  $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 1이므로 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다.

C는 홀전자 수가 3이고,  $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 1.5이므로 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이다.

ㄴ. B의 전자가 들어 있는 가장 바깥 전자 껍질의 주 양자수는 2이다.

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 B가 5, C가 9로 C가 B보다 크다.

**바로알기** ㄱ. A의 원자가 전자 수는 2이다.

## 6 1, 2주기 바닥상태 원자의 전자 배치

### [자료 분석]

| 기준 |

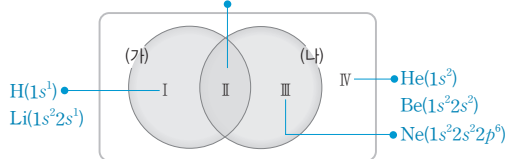
(가) 홀전자가 있는가?

↳  $H(1s^1), Li(1s^2 2s^1), B(1s^2 2s^2 2p^1), C(1s^2 2s^2 2p^2), N(1s^2 2s^2 2p^3), O(1s^2 2s^2 2p^4), F(1s^2 2s^2 2p^5)$

(나) 전자가 들어 있는  $p$  오비탈이 있는가?

↳  $B(1s^2 2s^2 2p^1), C(1s^2 2s^2 2p^2), N(1s^2 2s^2 2p^3), O(1s^2 2s^2 2p^4), F(1s^2 2s^2 2p^5), Ne(1s^2 2s^2 2p^6)$

$B(1s^2 2s^2 2p^1), C(1s^2 2s^2 2p^2), N(1s^2 2s^2 2p^3), O(1s^2 2s^2 2p^4), F(1s^2 2s^2 2p^5)$



### [선택지 분석]

㉠ I 영역에 속하는 원자들은 같은 족 원소이다. **H, Li: 1족 원소**

㉡ II 영역에 속하는 원자들의 홀전자 수의 합은 7이다.

$B(1) + C(2) + N(3) + O(2) + F(1) = 9$  **✗**

㉢ III 영역과 IV 영역에 속하는 모든 원자들은 스핀 자기 양자수 ( $m_s$ )의 합이 0이다.

(가) 1, 2주기 원자 중 홀전자가 있는 것은  $H(1s^1), Li(1s^2 2s^1), B(1s^2 2s^2 2p^1), C(1s^2 2s^2 2p^2), N(1s^2 2s^2 2p^3), O(1s^2 2s^2 2p^4), F(1s^2 2s^2 2p^5)$ 이다.

(나) 1, 2주기 원자 중 전자가 들어 있는  $p$  오비탈이 있는 것은  $B(1s^2 2s^2 2p^1), C(1s^2 2s^2 2p^2), N(1s^2 2s^2 2p^3), O(1s^2 2s^2 2p^4), F(1s^2 2s^2 2p^5), Ne(1s^2 2s^2 2p^6)$ 이다.

따라서 (가)의 I 영역에 속하는 원자는  $H(1s^1), Li(1s^2 2s^1)$ 이고,

(가)와 (나)의 공통인 II 영역에 속하는 원자는  $B(1s^2 2s^2 2p^1), C(1s^2 2s^2 2p^2), N(1s^2 2s^2 2p^3), O(1s^2 2s^2 2p^4), F(1s^2 2s^2 2p^5)$ 이며,

(나)의 III 영역에 속하는 원자는  $Ne(1s^2 2s^2 2p^6)$ 이다. 또, (가)와 (나)를 제외한 IV 영역에 속하는 원자는  $He(1s^2), Be(1s^2 2s^2)$ 이다.

ㄱ. I 영역에 속하는 원자는 H와 Li으로 1족에 속하는 원소이다.

ㄷ. III 영역과 IV 영역에 속하는 원자는 Ne, He, Be으로 모두 홀전자가 없으므로 전자들의 스핀 자기 양자수의 합이 0이다.

**바로알기** ㄴ. II 영역에 속하는 원자들은 B, C, N, O, F이므로 홀전자 수의 합은  $B(1) + C(2) + N(3) + O(2) + F(1) = 9$ 이다.

## 7 2, 3주기 바닥상태 원자의 전자 배치

### [자료 분석]

원자	X	Y	Z
$s$ 오비탈의 전자 수 (상댓값) 전체 전자 수	2	4	5
홀전자 수	3	$a=1$	$a=1$
전자 배치	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ↳ 3주기 15족	$1s^2 2s^2 2p^1$ ↳ 2주기 13족	$1s^1$ ↳ 2주기 1족

### [선택지 분석]

㉠  $a=1$ 이다.

㉡ X와 Y는 같은 주기 원소이다. **다른(X: 3주기, Y: 2주기)**

㉢ 전자가 들어 있는 오비탈 수는  $Z > Y$ 이다.  **$Z(1) < Y(3)$**

2, 3주기 원자 중 홀전자 수가 3인 것은  $N(1s^2 2s^2 2p^3)$  또는  $P(1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3)$ 이고,  $\frac{s \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 전자 수}}$ 가 N에서는  $\frac{4}{7}$ 이

고, P에서는  $\frac{2}{5}$ 이다. X가 N라면 Y의  $\frac{s \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 전자 수}}$ 는

$\frac{8}{7}$ 이 되어  $s$  오비탈의 전자 수가 전체 전자 수보다 커지게 되므로 모순이다. 따라서 X는 P이고, 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이다.

X(P)에서  $\frac{s \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 전자 수}}$ 가  $\frac{2}{5}$ 이고, 상댓값이 2이므로 Y

에서  $\frac{s \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 전자 수}}$ 는  $\frac{4}{5}$ 이며, Y의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^1$

이고 홀전자 수( $a$ )=1이다. Z에서  $\frac{s \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 전자 수}}$ 는 1이고,

홀전자 수가 1이므로 Z의 전자 배치는  $1s^1$ 이다.

ㄱ. Z에서 홀전자 수  $a=1$ 이다.

**바로알기** ㄴ. X는 3주기 원소이고, Y는 2주기 원소이다.

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y가 3이고, Z가 1이므로  $Y > Z$ 이다.

## 8 이온의 전자 배치

### [자료 분석]

이온의 전자 배치	원자의 전자 배치
$A^+$ : $1s^2$	➔ A: $1s^2 2s^1$
$B^-$ : $1s^2 2s^2 2p^6$	➔ B: $1s^2 2s^2 2p^5$
$C^{2-}$ : $1s^2 2s^2 2p^6$	➔ C: $1s^2 2s^2 2p^4$
$D^+$ : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	➔ D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

### [선택지 분석]

㉠ A~D 중 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 B이다.

↳ A: 1, B: 7, C: 6, D: 1

㉡ A와 D는 같은 족 원소이다. **1족 원소**

㉢  $CB_2$ 는 이온 결합 물질이다. **공유 결합 물질**

ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 1, B가 7, C가 6, D가 1이므로 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 B이다.

ㄴ. A와 D는 원자가 전자 수가 각각 1로 같으므로 같은 1족 원소이다.

**바로알기** ㄷ. 이온 결합 물질은 금속의 양이온과 비금속의 음이온이 결합하여 형성된 물질이다. B는 2주기 17족 원소, C는 2주기 16족 원소로 모두 비금속 원소이므로  $CB_2$ 는 비금속 원소의 원자끼리 전자쌍을 공유하여 형성된 공유 결합 물질이다.

## 07 주기율표

### 개념 확인 문제

본책 69쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○    2 (1) 원자 번호 (2) 주기 (3) 족  
3 (1) × (2) × (3) ○

- 1 (1) 되베라이너의 세 쌍 원소는 화학적 성질이 비슷한 원소들로 현대의 주기율표에서 같은 족에 속한다.  
(2) 뉴랜즈는 원소들을 원자량 순서로 배열했을 때 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타나는 것을 발견하였는데, 이는 현대의 주기율표의 주기 개념의 시초가 되었다.  
(3) 멘델레예프는 당시까지 발견된 원소들을 원자량 순서로 배열하여 주기율표를 만들었다.
- 2 (1) 현대의 주기율표는 원소들을 원자 번호 순서로 배열하되 비슷한 화학적 성질을 갖는 원소가 같은 세로줄에 오도록 배열하였다.  
(2) 같은 주기 원소들은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다. 즉, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 주기 번호와 같다.  
(3) 같은 족 원소들은 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.
- 3 (1) 금속은 주기율표에서 왼쪽과 가운데 위치하며, 왼쪽에 위치하는 원소 중 예외적으로 1주기 1족 원소인 (가)는 수소로 비금속 원소이다.  
(2) (바)는 18족 비활성 기체로 비금속으로 분류되지만 화학 결합을 거의 하지 않으므로 비금속성은 갖지 않는다.  
(3) (라)는 준금속으로 금속과 비금속의 성질을 모두 갖는다.

### 수능 자료 마스터

본책 70쪽

자료 ㉠ 1 ②

- 1    ㄷ. 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 금속성이 커진다. 따라서 주어진 원소 중 금속성이 가장 큰 것은 E이다.
- 바로알기    ㄱ. A, B, E는 1족 원소이지만 A는 수소로 비금속 원소이다. 물과 반응하여 수소( $H_2$ ) 기체를 발생시키는 것은 알칼리 금속인 B와 E이다.  
ㄴ. B, C, D는 같은 주기 원소로 원자가 전자 수가 모두 달라 화학적 성질이 서로 다르다.

### 수능 2점 다지기

본책 71쪽~72쪽

- 1 ⑤    2 ⑤    3 ④    4 ③    5 ③    6 ③  
7 ⑤    8 ①

## 1 주기율표가 만들어지기까지의 과정

### |선택지 분석|

- ㉠ (가)의 ㉠은 현대의 주기율표에서 같은 족에 속한다.  
㉡ ㉡은 '원자량'이다.  
㉢ ㉢은 '8(여덟)'이다.

- ㄱ. 되베라이너의 세 쌍 원소는 화학적 성질이 비슷한 원소로 현대의 주기율표에서 같은 족에 속한다.  
ㄴ. 멘델레예프는 당시까지 발견된 원소들을 원자량 순서로 나열하여 주기율표를 만들었다.  
ㄷ. 뉴랜즈의 옥타브설은 원소를 원자량 순서로 나열하면 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소들이 나타난다는 이론이다.

## 2 주기율표에서 동족 원소의 성질

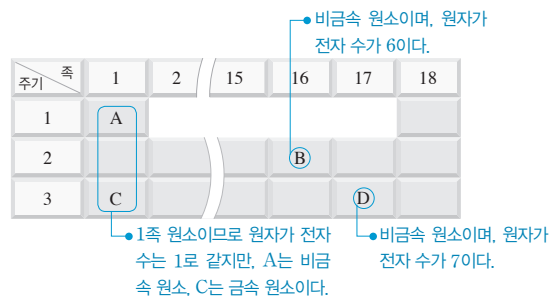
### |선택지 분석|

- ㉠ 원자가 전자 수는 1이다.  
㉡ 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 1이다.  
㉢ 물과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다.

- ㄱ. 주어진 원소는 1족에 속하는 알칼리 금속이므로 원자가 전자 수는 1이다.  
ㄴ. 원자가 전자 수가 1이면 원자가 전자의 전자 배치는  $ns^1$ 이므로 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 1이다.  
ㄷ. 알칼리 금속은 모두 물과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다.

## 3 주기율표와 원소의 성질

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ㉠ 원자가 전자 수는 C가 A보다 크다. C와 A가 1로 같다  
㉡ B의 안정한 이온은 음이온이다.  
㉢ C와 D로 이루어진 화합물에서 C는 양이온으로 존재한다.

- ㄴ. B의 안정한 이온은 2가의 음이온이다.  
ㄷ. C는 금속 원소이고, D는 비금속 원소이므로 C와 D가 화합물을 형성할 때 C는 전자를 잃고 양이온이 되고, D는 전자를 얻어 음이온이 된다.  
바로알기    ㄱ. A와 C는 같은 1족 원소이므로 원자가 전자 수는 1로 같다.

## 4 원자의 전자 배치와 주기율

### |자료 분석|

원자	A	B	C
전자 껍질 수	1=1주기	2=2주기	2=2주기
원자가 전자 수	1=1족	1=1족	6=16족

### |선택지 분석|

- ☒ A와 B는 화학적 성질이 비슷하다.  
같은 족 원소이지만 화학적 성질이 서로 다르다
- ☒ 전자가 들어 있는 s 오비탈 수는 C가 B의 2배이다.  
B와 C가 2로 같다
- ☐ 전기 전도도는 B가 C보다 크다.

ㄷ. B는 금속 원소이고, C는 비금속 원소이므로 전기 전도도는 B가 C보다 크다.

바로알기 ㄱ. A와 B는 원자가 전자 수가 1로 같으므로 1족 원소이지만 A는 수소(H)로 비금속 원소이고, B는 알칼리 금속이다. 따라서 A와 B는 화학적 성질이 서로 다르다.

ㄴ. B는 2주기 1족 원소로 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^1$ 이다. C는 2주기 16족 원소로 바닥상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다. 따라서 전자가 들어 있는 s 오비탈 수는 B와 C가 2로 같다.

## 5 원자 모형과 주기율

### |자료 분석|

원자	A	B	C
주기	2주기	3주기	3주기
족	17족	2족	17족
원소의 분류	비금속	금속	비금속

### |선택지 분석|

- ☐ B는 금속 원소이다.
- ☒ A와 B는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.  
A는 2, B는 3으로 B가 A보다 크다
- ☐ A와 C는 화학적 성질이 비슷하다.

ㄱ. B는 3주기 2족 원소인 마그네슘(Mg)으로, 금속 원소이다.

ㄷ. A와 C는 같은 족(17족) 원소로 화학적 성질이 비슷하다.

바로알기 ㄴ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 주기 번호와 같다. A는 2주기 원소, B는 3주기 원소로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 B가 A보다 크다.

## 6 주기율표와 원소의 성질

### |선택지 분석|

- ☐ 바닥상태에서 A의 홀전자 수가 3이면 C의 원자가 전자 수는 7이다.
- ☐ B의 금속성이 가장 크면 A는 비활성 기체이다.
- ☒ A와 C가 비금속 원소이면 B는 금속 원소이다. 비금속 원소

ㄱ. 빛금 친 부분의 원소 중 바닥상태에서 홀전자 수가 3인 원소는 2주기 15족 원소이므로 A의 홀전자 수가 3이면 C는 2주기 17족 원소로, C의 원자가 전자 수는 7이다.

ㄴ. 빛금 친 부분의 원소 중 금속성이 가장 큰 원소는 3주기 1족 원소이므로 B의 금속성이 가장 크면 A는 2주기 18족 원소인 비활성 기체이다.

바로알기 ㄷ. 빛금 친 부분의 원소 중 비금속 원소는 2주기 15족 ~ 18족 원소이므로 A와 C가 비금속 원소이면 B도 비금속 원소이다.

## 7 원자의 전자 배치와 주기율

### |자료 분석|

- A:  $1s^2 2s^2$  → 2주기 2족 원소
- B:  $1s^2 2s^2 2p^2$  → 2주기 14족 원소
- C:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$  → 3주기 2족 원소
- D:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  → 3주기 17족 원소

### |선택지 분석|

- ☒ B의 원자가 전자 수는 2이다. 4
- ☐ A와 C의 화학적 성질은 비슷하다. → A와 C는 같은 2족 원소이다.
- ☐ C와 D는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.  
→ C와 D는 같은 3주기 원소이다.

원자가 전자 수는 족 번호의 끝자리 수와 같고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 주기 번호와 같다.

ㄴ. A와 C는 원자가 전자 수가 2로 같으므로 같은 2족 원소이다. 따라서 화학적 성질이 비슷하다.

ㄷ. C와 D는 3주기 원소로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 3으로 같다.

바로알기 ㄱ. B는 2s 오비탈과 2p 오비탈에 전자가 각각 2개씩 들어 있으므로 원자가 전자 수는 4이다.

## 8 원자의 전자 배치와 주기율

### |자료 분석|

원자	전자가 들어 있는 오비탈 수	홀전자 수	전자 배치
A	2	0	$1s^2 2s^2$
B	3	1	$1s^2 2s^2 2p^1$
C	5	2	$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
D	5	3	$1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$

### |선택지 분석|

- ☐ A~D는 같은 주기 원소이다. 2주기
- ☒ 금속 원소는 2가지이다. 1가지(A)
- ☒ 원자가 전자 수는 D가 가장 크다. C

ㄱ. 전자가 들어 있는 오비탈 수와 홀전자 수로 보아 A의 전자 배치는  $1s^2 2s^2$ , B의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^1$ , C의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ , D의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이다. 따라서 A~D는 모두 2주기 원소이다.

바로알기 ㄴ. A는 2주기 2족 원소인 베릴륨(Be)으로 금속 원소이고, B는 2주기 13족 원소인 붕소(B)로 준금속 원소이다. C는 2주기 16족 원소인 산소(O)이고, D는 2주기 15족 원소인 질소(N)이며, C와 D는 비금속 원소이다. 따라서 금속 원소는 A 1가지이다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 A가 2, B가 3, C가 6, D가 5이다. 따라서 원자가 전자 수는 C가 가장 크다.

## 수능 3점 공부하기

본책 73쪽

1 ③    2 ④    3 ②    4 ①



## 1 주기율표와 원소의 성질

### [자료 분석]

- A~D는 주기율표의 (가)~(라) 중 각각 하나에 위치한다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2					(가) → B		(나) → D	
3		(다) → C						
4		(라) → A						

- 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는  $A > D$ 이다.
  - D가 2주기이면 A는 3주기이고, D가 3주기이면 A는 4주기이다.
  - A는 3주기 이상의 원소이므로 (다) 또는 (라)이다.
- B와 A의 원자가 전자 수의 차는 4이다.
  - A가 (다) 또는 (라)이므로 B는 (가)이다.
- A와 C는 금속이고, 금속성은 A가 C보다 크다.
  - 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 금속성이 커지므로 A는 (라)이고, C는 (다)이다. → D는 (나)이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ A와 B로 이루어진 화합물에서 A는 +1의 양이온이다.
  - A는 3주기 1족 원소, B는 3주기 2족 원소이므로 A와 B로 이루어진 화합물( $A_2B$ )에서 A는 +1의 양이온이다.
- ㉡ B와 C에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수 차는 2이다.
  - B: 2, C: 3
- ㉢ C와 D의 원자가 전자 수 차는 6이다.

㉠. A는 1족 금속 원소, B는 2족 비금속 원소이므로 A와 B로 이루어진 화합물( $A_2B$ )에서 A는 +1의 양이온이다.

㉡. 원자가 전자 수는 C가 1, D가 7이므로 C와 D의 원자가 전자 수 차는 6이다.

바로알기 ㉢. B는 2주기 원소, C는 3주기 원소이므로 B와 C에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수 차는 1이다.

## 2 원자의 전자 배치와 주기율

### [자료 분석]

원자	A	B
p 오비탈의 전자 수	1	1
s 오비탈의 전자 수	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 2p^1$ 또는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	
홀전자 수	0	2
원자	C	D
p 오비탈의 전자 수	1.5	1.5
s 오비탈의 전자 수	$1s^2 2s^2 2p^6$ 또는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 3p^1 3p^1$	
홀전자 수	3	0
	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 3p^1 3p^1$	$1s^2 2s^2 2p^6$

### [선택지 분석]

- ㉠ A와 D는 같은 주기 원소이다. A: 3주기, D: 2주기
- ㉡ 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 B이다.
- ㉢ 음이온이 되기 쉬운 원소는 B와 C이다.

p 오비탈의 전자 수가 1인 전자 배치 중 A는 홀전자가 없으므로  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이고, B는 홀전자가 2개이므로  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 2p^1 2p^1$ 이다.

p 오비탈의 전자 수가 1.5인 전자 배치 중 C는 홀전자가 3개이므로  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 3p^1 3p^1$ 이고, D는 홀전자가 없으므로  $1s^2 2s^2 2p^6$ 이다.

㉢. 원자가 전자 수는 A가 2, B가 6, C가 5, D가 0이다. 따라서 B의 원자가 전자 수가 가장 크다.

㉡. B는 2주기 16족 원소인 산소(O), C는 3주기 15족 원소인 인(P)으로 모두 음이온이 되기 쉬운 비금속 원소이다. A는 3주기 2족 원소인 마그네슘(Mg)으로 양이온이 되기 쉬운 금속 원소이고, D는 2주기 18족 원소인 네온(Ne)으로 비활성 기체이므로 이온을 형성하지 않는다.

바로알기 ㉢. A는 3주기 원소이고, D는 2주기 원소이므로 같은 주기 원소가 아니다.

## 3 이온의 전자 배치와 주기율

### [선택지 분석]

- ㉠ A와 C는 화학적 성질이 비슷하다. 다르다
- ㉡ B와 C의 원자가 전자 수 차는 6이다.
- ㉢ 비금속성이 가장 큰 원소는 D이다. B

A의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 A는 3주기 2족 원소이고, B의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^5$ 이므로 B는 2주기 17족 원소이다. C의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ 이므로 C는 4주기 1족 원소이고, D의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이므로 D는 3주기 16족 원소이다.

㉢. 원자가 전자 수는 B가 7, C가 1이므로 B와 C의 원자가 전자 수 차는 6이다.

바로알기 ㉠. A와 C는 다른 족 원소이므로 화학적 성질이 다르다. ㉡. 주기율표에서 오른쪽 위에 위치한 원소일수록 비금속성이 크므로 A~D 중 비금속성이 가장 큰 원소는 B이다.

## 4 주기율표와 원소의 성질

### [자료 분석]

주기 \ 족	2	13	14	15	16	17
2				Y		Z
3	X					

- 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 X가 Y보다 크다.
  - X는 3주기 원소이고, Y는 2주기 원소이다.
- 2, 3주기 원소 중 금속성은 X가 가장 크고, 비금속성은 Z가 가장 크다.
  - 금속성은 주기율표의 왼쪽 아래로 갈수록, 비금속성은 오른쪽 위로 갈수록 크다. → X는 3주기 2족 원소(I 영역)이고, Z는 2주기 17족 원소(III 영역)이다.
- 같은 주기 원소 중 홀전자 수는 Y가 가장 크다.
  - Y는 2주기 15족 원소(II 영역)이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 원자 번호는 X가 Z보다 크다.
- ㉡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 Z가 Y보다 크다. 같다
- ㉢ X와 Y의 원자가 전자 수의 차는 2이다. 3

㉠. X는 3주기 2족 원소이고, Z는 2주기 17족 원소이므로 원자 번호는 X가 Z보다 크다.

바로알기 ㉢. Y와 Z는 모두 2주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 Y와 Z가 같다.

㉡. 원자가 전자 수는 X가 2이고, Y가 5이므로 X와 Y의 원자가 전자 수 차는 3이다.

## 08 원소의 주기적 성질

### 개념 확인 문제

본책 75쪽, 77쪽

- 1 (1)  $\times$  (2)  $\circ$  (3)  $\times$     2  $a > c > b$     3 (1)  $>$  (2)  $<$  (3)  $>$   
 (4)  $<$     4 (1)  $\times$  (2)  $\circ$  (3)  $\circ$  (4)  $\times$     5 (1)  $\circ$  (2)  $\times$  (3)  $\times$   
 (4)  $\circ$     6 (1)  $\circ$  (2)  $\times$  (3)  $\circ$  (4)  $\times$     7 (1)  $\circ$  (2)  $\times$  (3)  $\times$

- 1 (1)  ${}_3\text{Li}$  원자에는 전자들 사이의 반발력이 존재하므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 +3보다 작다.  
 (2) 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 핵전하가 +1씩 증가하고, 전자도 1개씩 증가한다. 이때 증가하는 전자는 같은 전자 껍질에 채워지므로 가로막기 효과가 핵전하의 증가만큼 증가하지 않는다. 따라서 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다. 즉, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 플루오린( ${}_9\text{F}$ )이 베릴륨( ${}_4\text{Be}$ )보다 크다.  
 (3) 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 염소( ${}_{17}\text{Cl}$ )가 플루오린( ${}_9\text{F}$ )보다 크다.

- 2 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 증가하므로  $c > b$ 이다. a는 핵전하를 가려막는 전자가 같은 전자 껍질에 있는 전자 1개뿐이므로 유효 핵전하가 가장 크다. 안쪽 전자 껍질에 있는 전자는 약 +0.9의 전하를 가려막고, 같은 전자 껍질에 있는 전자는 약 +0.3의 전하를 가려막는다.

- 3 (1) 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수는 같고 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름은 작아진다. 따라서 원자 반지름은  $\text{Li} > \text{F}$ 이다.  
 (2) 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 커진다. 따라서 원자 반지름은  $\text{Li} < \text{Na}$ 이다.  
 (3) 양이온은 원자와 핵전하량은 같고 전자 껍질 수는 원자보다 작다. 따라서 양이온의 반지름은 원자 반지름보다 작아  $\text{Na} > \text{Na}^+$ 이다.  
 (4) 음이온은 원자와 핵전하량, 전자 껍질 수는 같고, 전자 수는 원자보다 커서 전자들 사이의 반발력이 크다. 따라서 음이온의 반지름은 원자 반지름보다 커  $\text{F} < \text{F}^-$ 이다.

- 4 (1) 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름이 가장 큰 A의 원자 번호가 가장 작고, 원자 반지름이 가장 작은 D의 원자 번호가 가장 크다.  
 (2) 이온 반지름이 원자 반지름보다 작은 A와 B는 금속 원소이다.  
 (3) 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 C와 D는 비금속 원소이다.  
 (4) A는 2주기 금속 원소이므로 안정한 이온은 헬륨( $\text{He}$ )과 전자 수가 같고, D는 2주기 비금속 원소이므로 안정한 이온은 네온( $\text{Ne}$ )과 전자 수가 같다.

- 5 (1), (2) 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 대체로 커지고, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 작아진다.

(3) 이온화 에너지는 기체 상태의 원자에서 전자를 떼어낼 때 필요한 에너지이므로 이온화 에너지가 클수록 전자를 떼어내기 어려워 양이온이 되기 어렵다.

(4) 이온화 에너지의 차수가 증가할수록 전자 수가 감소하여 전자 사이의 반발력이 감소하므로 순차 이온화 에너지가 커진다.

- 6 (1) 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 대체로 커지므로 a와 b는 같은 2주기 원소이다.  
 (2) 같은 주기에서는 18족 비활성 기체의 이온화 에너지가 가장 크다. b는 2주기 17족 원소이다.  
 (3) a는 2주기 2족 원소이고, c는 3주기 2족 원소이다.  
 (4) d는 3주기 18족 비활성 기체로 전자를 잃거나 얻으려는 경향이 거의 없다.

- 7 (1) X의 순차 이온화 에너지는  $E_1 < E_2 < E_3 \ll E_4$ 이므로 원자가 전자 수 n은 3이다.  
 (2) X는 2주기 13족 원소이므로 X보다 이온화 에너지가 작은 것은 2주기 1족 원소인 Li 1가지이다.  
 (3) X는 원자가 전자 수가 3이므로 18족 원소의 전자 배치를 갖는 이온이 되려면 전자 3개를 잃어야 한다. 따라서 이때 필요한 에너지는  $E_1 + E_2 + E_3 = 800 + 2430 + 3660 = 6890 (\text{kJ/mol})$ 이다.

### 수능 자료 마스터

본책 78쪽~79쪽

자료 ㉠ 1 ①

자료 ㉡ 2 ②

자료 ㉢ 3 ⑤

자료 ㉣ 4 ③

- 1 원자 번호가 8, 9, 11, 12인 원자는 각각 O, F, Na, Mg이며, Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온은 각각  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 이다. 등전자 이온의 반지름은 핵전하가 클수록 작으므로  $\text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{F}^- < \text{O}^{2-}$ 이다. 따라서 A는 Mg, B는 Na, C는 F, D는 O이다.

ㄱ. 금속 원소는 A(Mg)와 B(Na)이다.

바로알기 ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 커진다. 따라서 원자가 전자의 유효 핵전하는 원자 번호가 큰 C(F)가 D(O)보다 크다.

ㄷ. A의 이온은  $\text{Mg}^{2+}$ , C의 이온은  $\text{F}^-$ 이므로 A와 C는 1 : 2의 개수비로 결합하여 안정한 화합물인  $\text{MgF}_2$ 을 형성한다.

- 2 그림에서 A와 B는  $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이므로 금속 원소이고, C는  $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 이므로 비금속 원소이다. 따라서 C는 원자 번호가 17인 Cl이다. 원자 번호가 19, 20인 원소는 각각 4주기 1족, 2족 원소이며, 이들은 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작고, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하( $Z^*$ )가 크므로 원자 번호가 클수록  $\frac{\text{이온 반지름}}{Z^*}$ 이 작다. 따라서 A는 원자 번호가 20인 Ca, B는 19인 K이다.

ㄴ. 원자가 전자가 느끼는  $Z^*$ 는 원자 번호가 큰 A가 B보다 크다.  
**바로알기** ㄱ. 원자 반지름은  $K > Ca > Cl$ 이므로 B가 가장 크다.  
 ㄷ. B는 K, C는 Cl이므로 B와 C는 1 : 1의 개수비로 결합하여 안정한 화합물인 KCl을 형성한다.

**3** 원자 번호가 2~10인 원소의 제1 이온화 에너지의 크기는  $He > Ne > F > N > O > C > Be > B > Li$  순이다. 따라서  $a \sim i$ 는 다음과 같다.

a	b	c	d	e	f	g	h	i
Li	B	Be	C	O	N	F	Ne	He

ㄴ.  $a \sim g$ 는 2주기 원소이다. 2주기 원소 중 원자 반지름이 가장 큰 것은 원자 번호가 가장 작은  $a(Li)$ 이다.

ㄷ. 같은 주기 원소에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크다. 따라서  $b(B)$ 가  $c(Be)$ 보다 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크다.

**바로알기** ㄱ.  $i$ 는 주어진 원소 중 제1 이온화 에너지가 가장 큰 He이다.

**4** ㄱ. 1족 원소인 Na는 제1 이온화 에너지에 비해 제2 이온화 에너지가 크게 증가하므로 주어진 원소 중  $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 가 가장 큰 C는 Na이다.

ㄴ. O, F에서 제1 이온화 에너지는  $F > O$ 이고, 제2 이온화 에너지는  $O > F$ 이므로  $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 가 큰 B는 O이고, A는 F이다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $A(F) > B(O)$ 이다.

**바로알기** ㄷ. Ne의 전자 배치를 갖는  $O^{2-}$ ,  $F^-$ ,  $Na^+$  중 이온 반지름은 핵전하량이 가장 작은  $O^{2-}$ , 즉 B 이온이 가장 크다.

## 수능 2점 다지기

본책 80쪽~81쪽

- 1 ④    2 ④    3 ①    4 ④    5 ③    6 ⑤  
 7 ④    8 ⑤

### 1 유효 핵전하

#### [선택지 분석]

- ✕ 전자 d가 느끼는 유효 핵전하는 +11이다. +11보다 작다  
 ㄴ 전자 c가 느끼는 핵전하에 대한 가려막기 효과는 d가 b보다 크다.  
 ㉔ 전자가 느끼는 유효 핵전하는 a가 b보다 작다.

ㄴ. 전자 c가 느끼는 핵전하에 대한 가려막기 효과는 같은 전자 껍질에 있는 b보다 안쪽 전자 껍질에 있는 d가 더 크다.

ㄷ. 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자일수록 안쪽 전자 껍질에 있는 전자들의 가려막기 효과에 의해 핵전하를 작게 느낀다. 따라서 전자가 느끼는 유효 핵전하는 a가 b보다 작다.

**바로알기** ㄱ. d와 같은 전자 껍질에 있는 전자가 가려막기 효과를 나타내므로 d가 느끼는 유효 핵전하는 +11보다 작다.

## 2 원자 반지름과 이온 반지름

### [자료 분석]

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1								
2	(가)	(나)					(다) → C	
3	B	D					(라) → A	

• A와 C는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크므로 비금속 원소이며, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 크다. → A는 (라), C는 (다)이다.

원소	A	B	C	D
원자 반지름(pm)	99	152	71	112
이온 반지름(pm)	181	60	136	31

• B와 D는 이온 반지름이 원자 반지름보다 작으므로 금속 원소이며, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작다. → B는 (가), D는 (나)이다.

### [선택지 분석]

(가)	(나)	(다)	(라)
① A	B	C	D
② A	D	C	B
③ B	A	D	C
④ B	D	C	A
⑤ C	B	D	A

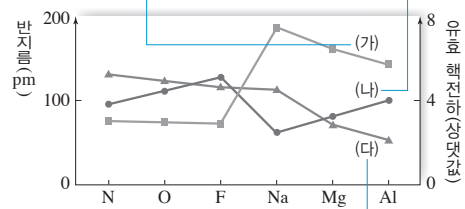
이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 A와 C는 비금속 원소이므로 각각 (다)와 (라) 중 하나이다. 이때 (다)와 (라)는 같은 족 원소이고, 같은 족에서는 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 크므로 A가 (라), C가 (다)이다.

이온 반지름이 원자 반지름보다 작은 B와 D는 금속 원소이므로 각각 (가)와 (나) 중 하나이다. 이때 (가)와 (나)는 같은 주기 원소이고, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작으므로 원자 반지름이 작은 D가 (나)이고, B가 (가)이다.

## 3 원소의 주기적 성질

### [자료 분석]

원자 반지름은 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 작아지고, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 커지므로 (가)에 해당한다.  
 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 커지며, 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 커지므로 (나)에 해당한다.



등전자 이온의 반지름은 핵전하량이 클수록 작으므로 (다)에 해당한다.

### [선택지 분석]

(가)	(나)	(다)
① 원자 반지름	유효 핵전하	이온 반지름
② 원자 반지름	이온 반지름	유효 핵전하
③ 이온 반지름	원자 반지름	유효 핵전하
④ 이온 반지름	유효 핵전하	원자 반지름
⑤ 유효 핵전하	원자 반지름	이온 반지름

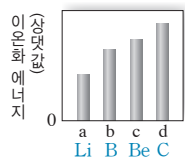
원자 반지름은 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 작아지고, 주기가 증가하면 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 급격히 커진다. 2주기 원소인 N, O, F의 원자 반지름은  $N > O > F$ 이고, 3주기 원소인 Na, Mg, Al의 원자 반지름은  $Na > Mg > Al$ 이다. 또한 3주기 금속 원소의 원자 반지름은 2주기 비금속 원소의 원자 반지름보다 크다. 따라서 원자 반지름은  $Na > Mg > Al \gg N > O > F$ 이므로 원자 반지름은 (가)에 해당한다.

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 커지며, 주기가 바뀔 때 급격히 작아진다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (나)에 해당한다.

Ne의 전자 배치를 갖는 이온은  $N^{3-}$ ,  $O^{2-}$ ,  $F^{-}$ ,  $Na^{+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ 이다. 이들은 등전자 이온으로, 이온 반지름은 핵전하량이 클수록 작다. 따라서 이온 반지름은 (다)에 해당한다.

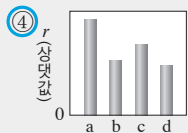
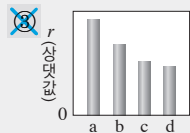
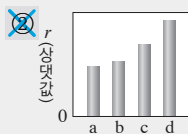
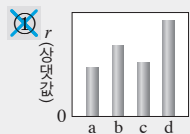
#### 4 이온화 에너지의 주기성

##### [자료 분석]



같은 주기에서 이온화 에너지는 원자 번호가 클수록 대체로 커진다. 단, 2족과 13족, 15족과 16족에서는 예외이다. 따라서 이온화 에너지는  $Li < B < Be < C$ 이다.

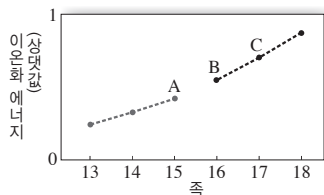
##### [선택지 분석]



Li, Be, B, C의 제1 이온화 에너지는  $Li < B < Be < C$ 이므로 a는 Li, b는 B, c는 Be, d는 C이다. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 커질수록 작아지므로 원자 반지름은  $a > c > b > d$ 이다.

#### 5 이온화 에너지의 주기성

##### [자료 분석]



같은 족에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지는 작아진다. → A가 속한 주기는 3주기이고, B와 C가 속한 주기는 2주기이다.

##### [선택지 분석]

☒ A는 2주기 원소이다. 3주기

☒ B의 이온화 에너지는 같은 주기의 15족 원소보다 크다. 작다

☒ 원자 반지름은  $B > C$ 이다.

다. B와 C는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는  $B < C$ 이므로 원자 반지름은  $B > C$ 이다.

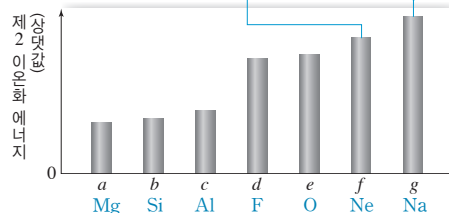
**바로알기** 7. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지는 작아진다. 따라서 A는 3주기 원소이고, B와 C는 2주기 원소이다.

나. B는 2주기 16족 원소이다. 2주기에서 16족 원소의 이온화 에너지는 15족 원소보다 작다.

#### 6 이온화 에너지의 주기성

##### [자료 분석]

제2 이온화 에너지가 두 번째로 크므로 제2 이온화 에너지가 가장 크므로 제1 이온화 에너지는 가장 작을 것이다.



##### [선택지 분석]

☒ c는 Al이다.

☒ 제1 이온화 에너지가 가장 큰 것은 f이다.

☒ c와 d의 원자 반지름 차이는 b와 e의 원자 반지름 차이보다 크다.

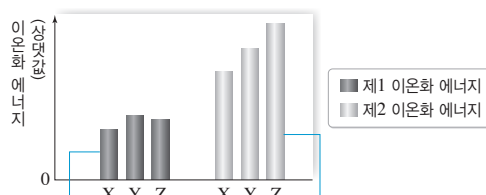
7. 원자 번호 8~14인 원소의 제1 이온화 에너지는  $Ne > F > O > Si > Mg > Al > Na$ 이고, 제2 이온화 에너지는  $Na > Ne > O > F > Al > Si > Mg$ 이다. 따라서  $a = Mg, b = Si, c = Al, d = F, e = O, f = Ne, g = Na$ 이다.

나. 제1 이온화 에너지가 가장 큰 것은 원자 번호 10인 Ne이므로 f이다.

다. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 작을수록 크다. d(F)와 e(O) 중 원자 반지름은 e가 크고, b(Si)와 c(Al) 중 원자 반지름은 c가 크므로 원자 반지름은  $c > b > e > d$ 이다. 따라서 c와 d의 원자 반지름 차이는 b와 e의 원자 반지름 차이보다 크다.

#### 7 이온화 에너지의 주기성

##### [자료 분석]



제1 이온화 에너지:  $Y > Z > X$   
→ Y와 Z는 각각 2족, 13족 원소  
이거나, 15족, 16족 원소이다.

제2 이온화 에너지:  $Z > Y > X$  → Y가 2족 원소라면 X는 1족 원소이므로 제2 이온화 에너지는 X가 가장 커야 한다. 따라서 Y는 15족, Z는 16족, X는 14족 원소이다.

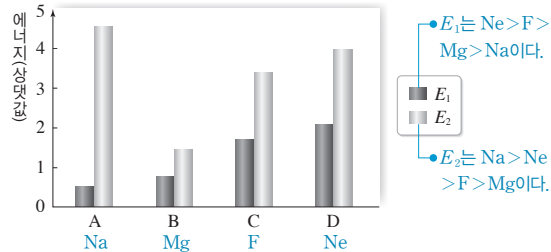
##### [선택지 분석]

X	Y	Z
<input checked="" type="checkbox"/> Li	Be	B
<input checked="" type="checkbox"/> Be	B	C
<input checked="" type="checkbox"/> B	C	N
<input checked="" type="checkbox"/> C	N	O
<input checked="" type="checkbox"/> N	O	F

제1 이온화 에너지의 크기로 볼 때 X, Y, Z는 각각 1족, 2족, 13족 원소이거나 14족, 15족, 16족 원소이다. 제2 이온화 에너지의 경우 1족 원소가 2족 원소에 비해 크게 나타나야 하는데, 주어진 자료에서 제2 이온화 에너지의 크기는  $X < Y < Z$  순이다. 따라서 X, Y, Z는 14족, 15족, 16족 원소인 C, N, O임을 알 수 있다.

## 8 이온화 에너지의 주기성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠  $\frac{E_3}{E_2}$ 가 가장 큰 것은 B이다.
- ㉡ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B가 A보다 크다.
- ㉢ D의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 C가 B보다 크다.

㉠.  $E_2$ 가 A(Na) > D(Ne) > C(F) > B(Mg)이므로  $E_3$ 는 B > A > C > D이다. 따라서 주어진 원소 중  $\frac{E_3}{E_2}$ 가 가장 큰 것은  $E_2$ 는 가장 작고  $E_3$ 는 가장 큰 B이다.  
 ㉡. A와 B는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 B > A이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B가 A보다 크다.  
 ㉢. 핵전하량은 B가 C보다 크므로 D의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 C가 B보다 크다.

## 수능 3점 공부기

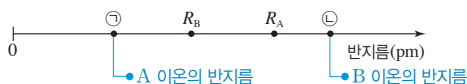
본책 82쪽~85쪽

- |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 1 ㉠  | 2 ㉡  | 3 ㉡  | 4 ㉢  | 5 ㉢  | 6 ㉡  |
| 7 ㉢  | 8 ㉠  | 9 ㉡  | 10 ㉡ | 11 ㉢ | 12 ㉡ |
| 13 ㉢ | 14 ㉢ | 15 ㉡ |      |      |      |

## 1 원자 반지름과 이온 반지름

### [자료 분석]

- A는 2주기, B는 3주기 원소이다.
- 그림에서  $R_A$ 는 A의 원자 반지름,  $R_B$ 는 B의 원자 반지름이다.
  - A는 2주기, B는 3주기 원소이고, 원자 반지름은 A > B이다. → A는 금속 원소이고, B는 비금속 원소이다.
- 그림에서 ㉠과 ㉡은 각각 A 이온의 반지름, B 이온의 반지름 중 하나이다.
  - ㉠은 원자 반지름보다 작으므로 양이온의 반지름이고, ㉡은 원자 반지름보다 크므로 음이온의 반지름이다.
  - A의 안정한 이온: 양이온 → A 이온의 반지름: ㉠
  - B의 안정한 이온: 음이온 → B 이온의 반지름: ㉡



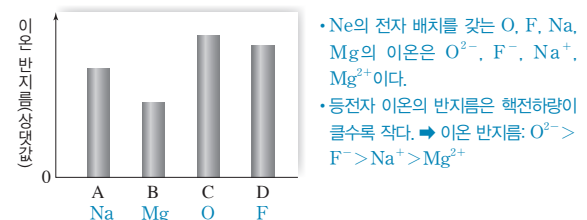
### [선택지 분석]

- ㉠ 원자가 전자 수는 B가 A보다 크다.
- ㉡ A 이온과 B 이온의 전자 배치는 같다. 다르다
- ㉢ ㉠은 B 이온의 반지름이다.

㉠. A는 2주기, B는 3주기 원소이고, 원자 반지름은 A > B이므로 A는 금속 원소, B는 비금속 원소이다. 따라서 원자가 전자 수는 B가 A보다 크다.  
 ㉡. ㉠은 금속 원소의 양이온에 해당하는 이온 반지름이고, ㉡은 비금속 원소의 음이온에 해당하는 이온 반지름이다. 따라서 ㉠은 A 이온의 반지름이고, ㉡은 B 이온의 반지름이다.  
 ㉢. A는 2주기 금속 원소이므로 안정한 이온의 전자 배치는 He와 같다. 또, B는 3주기 비금속 원소이므로 안정한 이온의 전자 배치는 Ar과 같다.

## 2 등전자 이온의 이온 반지름

### [자료 분석]



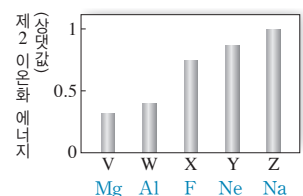
### [선택지 분석]

- ㉠ C는 Na이다. O
- ㉡ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B > A이다.
- ㉢ C와 D는 같은 주기 원소이다.

Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온(등전자 이온)의 반지름은 핵전하량이 클수록, 즉 원자 번호가 클수록 작으므로 이온 반지름은  $O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+}$ 이다. 따라서 A는 Na, B는 Mg, C는 O, D는 F이다.  
 ㉡. A(Na)와 B(Mg)는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는 B > A이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B > A이다.  
 ㉢. C는 O, D는 F이므로 C와 D는 같은 주기 원소이다.  
 ㉣. C는 O이다.

## 3 이온화 에너지의 주기성

### [자료 분석]



V~Z는 각각 원자 번호 9~13의 원소 중 하나이다.  
 • 제1 이온화 에너지:  $Na < Al < Mg < F < Ne$   
 • 제2 이온화 에너지:  $Mg < Al < F < Ne < Na$

### [선택지 분석]

- ㉠ Z는 1족 원소이다.
- ㉡ X와 Y는 같은 주기 원소이다.
- ㉢ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 W > V이다.



V~Z는 각각 원자 번호 9~13의 원소 중 하나이므로 F, Ne, Na, Mg, Al 중 하나이다. 이들 원소의 제1 이온화 에너지는  $\text{Na} < \text{Al} < \text{Mg} < \text{F} < \text{Ne}$ 이며, 제2 이온화 에너지는  $\text{Mg} < \text{Al} < \text{F} < \text{Ne} < \text{Na}$ 이다. 따라서 V~Z는 각각 Mg, Al, F, Ne, Na이다.

- ㄱ. 제2 이온화 에너지가 가장 큰 Z는 Na으로 1족 원소이다.  
 ㄴ. X는 F, Y는 Ne으로 같은 2주기 원소이다.  
 ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커진다. W는 Al, V는 Mg이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $W > V$ 이다.

#### 4 원소의 주기적 성질

##### [자료 분석]

- A~D는 원자 번호 순서가 아니며, 18족 원소가 아니다.  
 ↳ 원자 번호 3~9 사이의 원소이다.
- 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 B이고, 가장 작은 원소는 A이다.  
 ↳ 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 제1 이온화 에너지는 대체로 증가한다. → 원자 번호는  $B > A$ 이다.
- 원자 반지름이 가장 큰 원소는 A이고, 가장 작은 원소는 D이다.  
 ↳ 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름은 감소한다. → A의 원자 번호가 가장 작고, D의 원자 번호가 가장 크다.

##### [선택지 분석]

- ㉠ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 D가 B보다 크다.  
 ㉡ ~~홀전자 수는 C가 D보다 크다. C와 D가 2로 같다~~  
 ㉢ 제2 이온화 에너지는 D가 가장 크다.

2주기 원소에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름은 감소하므로 원자 반지름이 가장 큰 A의 원자 번호가 가장 작고, 원자 반지름이 가장 작은 D의 원자 번호가 가장 크다. 이때 이온화 에너지는 B가 가장 크므로 B는 15족 원소이고, D는 16족 원소이다. 따라서 A는 13족, C는 14족 원소이다.

- ㄱ. 원자 번호는 D가 B보다 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 D가 B보다 크다.  
 ㄷ. A~D의 제1 이온화 에너지는  $B > D > C > A$ 이므로 제2 이온화 에너지는  $D > B > A > C$ 이다.

바로알기 ㄴ. C는 14족 원소이고, D는 16족 원소이므로 홀전자 수는 2로 같다.

#### 5 이온화 에너지

##### [자료 분석]

원자	W Be	X Li	Y C	Z B
바닥상태 원자의 홀전자 수	0	1	2	$a=1$
제1 이온화 에너지(상댓값)	$1.5 < b < 2.1$	1	2.1	1.5

##### [선택지 분석]

- ㉠  $a=1$ 이다.  
 ㉡  $b < 1.5$ 이다.  $b > 1.5$   
 ㉢ 제2 이온화 에너지는 Y가 W보다 크다.

2주기 원자의 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수와 제1 이온화 에너지는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
제1 이온화 에너지	$\text{Li} < \text{B} < \text{Be} < \text{C} < \text{O} < \text{N} < \text{F} < \text{Ne}$							

홀전자 수가 2인 Y의 제1 이온화 에너지가 홀전자 수가 1인 X보다 크므로 Y는 14족 원소인 C이고, X는 Li이나 B이다.

W~Z의 원자 번호가 연속이므로 W~Z는 홀전자 수가 1, 0, 1, 2인 Li, Be, B, C 또는 0, 1, 2, 3인 Be, B, C, N 중 하나에 해당된다. 이때 Be, B, C가 공통되므로 홀전자 수가 0인 W는 2족 원소인 Be이다.

Z의 홀전자 수가 3이라면 제1 이온화 에너지는 15족 원소인 Z가 14족 원소인 Y(C)보다 커야 하므로 제시된 자료에 맞지 않다. 따라서 Z의 홀전자 수는 1이고, 연속하는 홀전자 수는 1, 0, 1, 2 순이 된다. 홀전자 수가 1인 X와 Z 중 제1 이온화 에너지는 Z가 더 크므로 W~Z를 원자 번호 순으로 나열하면 X(Li), W(Be), Z(B), Y(C)이다.

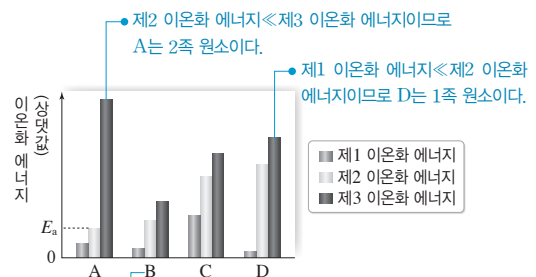
ㄱ. Z의 홀전자 수(a)는 1이다.

ㄷ. 제2 이온화 에너지는 같은 주기에서 2족 원소가 가장 작으므로 제2 이온화 에너지는 14족 원소인 Y(C)가 2족 원소인 W(Be)보다 크다.

바로알기 ㄴ. 제1 이온화 에너지는 2족 원소인 W(Be)가 1족 원소인 X(Li)와 13족 원소인 Z(B)보다 크므로  $b > 1.5$ 이다.

#### 6 순차 이온화 에너지

##### [자료 분석]



A~D는 원자 번호가 연속되는데, 제1 이온화 에너지가 가장 크므로 C는 2주기 18족 원소이다. 제1 이온화 에너지가 2족 원소인 A보다 작으므로 B는 13족 원소이다.

##### [선택지 분석]

- ㉡ 원자 A가 옥텟 규칙을 만족하는 양이온이 되는 데 필요한 최소 에너지는  $E_a$ 이다.  $E_a + \text{제1 이온화 에너지}$   
 ㉠ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 A가 D보다 크다.  
 ㉢ 3주기 원소는 3가지이다.

A는 제2 이온화 에너지 < 제3 이온화 에너지이므로 2족 원소, D는 제1 이온화 에너지 < 제2 이온화 에너지이므로 1족 원소이다. A~D는 원자 번호가 연속이므로 A와 D는 3주기 원소이고, A보다 제1 이온화 에너지가 작은 B는 3주기 13족 원소이며, C는 2주기 18족 원소이다.

ㄴ. A와 D는 같은 주기 원소이고, 원자 번호는  $A > D$ 이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 A가 D보다 크다.

ㄷ. A, B, D는 3주기 원소이고, C는 2주기 원소이다.

바로알기 ㄱ. A의 원자가 전자 수는 2이므로 원자 A가 옥텟 규칙을 만족하는 양이온이 되는 데 필요한 최소 에너지는  $(E_a + \text{제1 이온화 에너지})$ 이다.

## 7 순차 이온화 에너지

### |선택지 분석|

㉠ ㉠은  $x+1$ 이다.

㉡ Be은  $E_3 > E_2$ 이다.

㉢  $\frac{E_{n+1}}{E_n}$ 가 최대인  $n$ 이 6인 원자의 원자가 전자 수는 7이다. 6

ㄱ. 순차 이온화 에너지가 급격히 증가하기 직전까지 떼어낸 전자 수는 원자가 전자 수와 같으므로, 원자가 전자 수가  $x$ 일 때 제  $(x+1)$  이온화 에너지는 급격히 증가한다. 따라서 ㉠은  $x+1$ 이다.

ㄴ. 순차 이온화 에너지는 차수가 커질수록 커진다. 따라서 Be은  $E_3 > E_2$ 이다.

ㄷ.  $\frac{E_{n+1}}{E_n}$ 가 최대인  $n$ 은 원자가 전자 수와 같다. 따라서

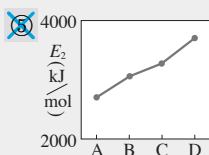
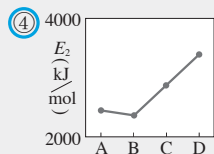
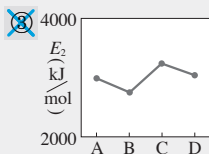
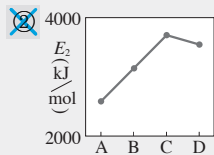
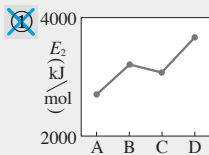
$\frac{E_{n+1}}{E_n}$ 가 최대인  $n$ 이 6인 원자의 원자가 전자 수는 6이다.

## 8 이온화 에너지의 주기성

### |자료 분석|

- 원자 A~D의 홀전자 수의 합은 8이다.  
 • 홀전자 수의 조합은 3, 2, 2, 1이다.
- 전자가 들어 있는  $p$  오비탈의 수는 원자 C가 B보다 크다.  
 • C의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이고, B의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^2$ 이다.

### |선택지 분석|



㉣ 제2 이온화 에너지는  $D > C > A > B$ 이다.

바닥상태에서 4개 원자의 홀전자 수의 합이 8이 되려면 홀전자 수가 3인 원자가 포함되어야 한다. 또, 원자 번호는 C가 B보다 크고, 전자가 들어 있는  $p$  오비탈의 수도 C가 B보다 크므로 C의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이고, B의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^2$ 이다. 따라서 각 원자의 바닥상태 전자 배치와 전자 1개를 떼어내어 1가의 양이온일 때의 전자 배치는 다음과 같다.

원자	바닥상태 전자 배치	1가 양이온의 전자 배치
A	$1s^2 2s^2 2p^1$	$1s^2 2s^2$
B	$1s^2 2s^2 2p^2$	$1s^2 2s^2 2p^1$
C	$1s^2 2s^2 2p^3$	$1s^2 2s^2 2p^2$
D	$1s^2 2s^2 2p^4$	$1s^2 2s^2 2p^3$

제2 이온화 에너지는 1가 양이온에서 전자 1개를 떼어낼 때 필요한 에너지이다. 따라서 A~D의 제2 이온화 에너지는  $D > C > A > B$ 이다.

## 9 원소의 주기적 성질

### |자료 분석|

- 바닥상태에서 홀전자 수가 같은 것은 (O, S), (F, Cl)이다. → B와 E는 (O, S)이거나 (F, Cl)이다.
- B와 E가 (O, S)라고 하면  $d-b=1$ 의 조건에 어긋난다.

홀전자 수의 차	원자 반지름
$b-e=0, a-c=e, d-b=1$	$B > E, C > D$
B와 E는 (F, Cl)이므로 원자 반지름이 큰 B는 Cl, E는 F이다.	N, O, S 중 $a-c=e$ 이므로 A는 N이고, 원자 반지름이 큰 C는 S, D는 O이다.

### |선택지 분석|

㉠  $\frac{b+c}{a} = 1$ 이다.

㉡ 제1 이온화 에너지는 A가 D보다 크다.

㉢ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B가 E보다 크다.

주어진 원자 중 바닥상태에서 홀전자 수가 같은 것은 (O, S), (F, Cl)이므로 B와 E는 (O, S)이거나 (F, Cl)이다. 만약 B와 E가 (O, S)라고 하면 B는 S, E는 O이고, 나머지 N, F, Cl의 홀전자 수는 각각 3, 1, 1이다. 이때  $a-c=e$ 가 되려면 A는 N이고, C는 Cl, D는 F이 되어야 하는데, 이는  $d-b=1$ 의 조건에 어긋난다. 따라서 B와 E는 (F, Cl)이고, 원자 반지름이 더 큰 B는 Cl, E는 F이다. 나머지 N, O, S 중  $a-c=e$ 이므로 A는 N이고, 원자 반지름이 더 큰 C는 S, D는 O이다.

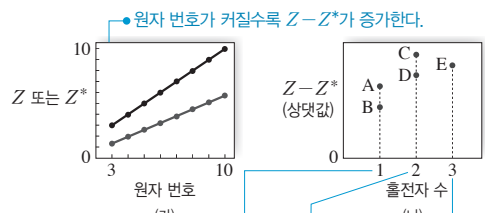
ㄱ.  $a=3, b=1, c=2$ 이므로  $\frac{b+c}{a} = 1$ 이다.

ㄴ. A는 N, D는 O이므로 제1 이온화 에너지는 A가 D보다 크다.

ㄷ. B와 E는 같은 족 원소이고, 원자 번호는 B가 E보다 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B가 E보다 크다.

## 10 유효 핵전하의 주기성

### |자료 분석|



- 원자 번호가 커질수록  $Z-Z^*$ 가 증가한다.
- 홀전자 수가 1인 원소는 Li, B, F이다. → A와 B는 D보다  $Z-Z^*$ 가 작으므로 A는 B이고, B는 Li이다.
- 홀전자 수가 2인 원소는 C와 O이다. → C는 O, D는 C이다.
- 홀전자 수가 3인 원소는 N이다. → E는 N이다.

### |선택지 분석|

㉠ A는 플루오린(F)이다. 붕소(B)

㉡ 제1 이온화 에너지는  $E > C$ 이다.

㉢ 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 D가 B의 2배이다.

2주기 원소에서 홀전자 수가 1인 원소는 Li, B, F이다. (가)에서 원자 번호가 커질수록  $Z-Z^*$ 가 증가하므로 D보다  $Z-Z^*$ 가 작은 A는 붕소(B)이고, B는 리튬(Li)이다. 또, 2주기 원소에서 홀전자 수가 2인 원소는 C와 O이므로 C는 산소(O)이고, D는 탄소(C)이다. 2주기 원소에서 홀전자 수가 3인 원소는 N 하나뿐이므로 E는 질소(N)이다.

ㄴ. E는 N이고, C는 O이므로 제1 이온화 에너지는  $E > C$ 이다.  
 ㄷ. D는 C이고, B는 Li이며, 각 원자의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

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

따라서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 D가 4, B가 2로 D가 B의 2배이다.

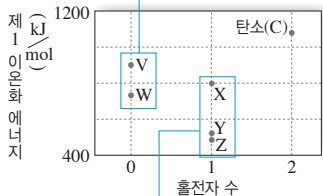
**바로알기** ㄱ. A는 붕소(B)이다.

## 11 원소의 주기적 성질

### |자료 분석|

- 모든 원자는 바닥상태이다.
- 전자가 들어 있는  $p$  오비탈 수는 3 이하이다.
  - 2, 3주기 원소이며 원자 번호 3~12 사이의 원소이다.
- 홀전자 수와 제1 이온화 에너지

V, W의 홀전자 수가 0이고, 제1 이온화 에너지가 탄소(C)보다 작다. → V는 Be, W는 Mg이다.



X, Y, Z의 홀전자 수가 1이고, 모두 탄소(C)보다 제1 이온화 에너지가 작다.  
 → X는 B, Y는 Li, Z는 Na이다.

### |선택지 분석|

- ㉠ X는 13족 원소이다.   
 ㉡ 원자 반지름은  $W > X > V$ 이다.  $W > V > X$    
 ㉢ 제2 이온화 에너지는  $Y > Z > X$ 이다.

V~Z는 2, 3주기 원소이며  $p$  오비탈 수는 3 이하이므로 원자 번호 3~12 사이의 원소이다. X, Y, Z의 홀전자 수는 1이고, 모두 탄소(C)보다 제1 이온화 에너지가 작으므로 X는 B, Y는 Li, Z는 Na이다. 또, V, W의 홀전자 수는 0이고 제1 이온화 에너지가 탄소(C)보다 작으므로 V는 Be, W는 Mg이다.

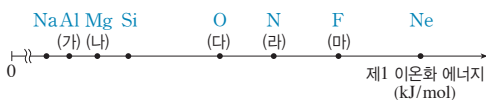
ㄱ. X는 2주기 13족 원소인 붕소(B)이다.

ㄷ. X는 B, Y는 Li, Z는 Na이므로 제2 이온화 에너지는  $Y > Z > X$ 이다.

**바로알기** ㄴ. W는 Mg, X는 B, V는 Be이다. 같은 족 원소인 V, W 중 원자 번호가 큰 W가 V보다 원자 반지름이 크고, 같은 주기인 X와 V 중 원자 번호가 작은 V가 X보다 원자 반지름이 크다. 따라서 원자 반지름은  $W > V > X$ 이다.

## 12 원소의 주기적 성질

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ㉠ 원자 반지름은 (가) > (나)이다. <   
 ㉡  $E_2$ 는 (마) > (다)이다. <   
 ㉢ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (다) > (라)이다.

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 대체로 증가한다. 따라서 원자 번호가 7~14인 원소의 제1 이온화 에너지는  $Ne > F > N > O > Si > Mg > Al > Na$ 이며, (가)~(마)는 다음과 같다.

(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
Al	Mg	O	N	F

ㄷ. 원자 번호는 (다)가 (라)보다 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (다) > (라)이다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 Al, (나)는 Mg이므로 원자 반지름은 원자 번호가 작은 (나)가 (가)보다 크다.

ㄴ. (다)는 O, (마)는 F이므로 제2 이온화 에너지는 (다)가 (마)보다 크다.

## 13 원자 반지름의 주기성

### |자료 분석|

#### |가설|

㉠

#### |탐구 과정|

- 1족 원소 Li, Na, K, Rb의 원자 반지름을 조사한다.
- 17족 원소 F, Cl, Br, I의 원자 반지름을 조사한다.
- 조사한 8가지 원소의 원자 반지름을 비교한다.

#### |탐구 결과|

주기	2	3	4	5
원소	${}_3\text{Li}$	${}_{11}\text{Na}$	${}_{19}\text{K}$	${}_{37}\text{Rb}$
원자 반지름(pm)	130	160	200	215
원소	${}_9\text{F}$	${}_{17}\text{Cl}$	${}_{35}\text{Br}$	${}_{53}\text{I}$
원자 반지름(pm)	60	100	117	136

1족에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커진다.

17족에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커진다.

#### |결론|

- 가설은 옳다.

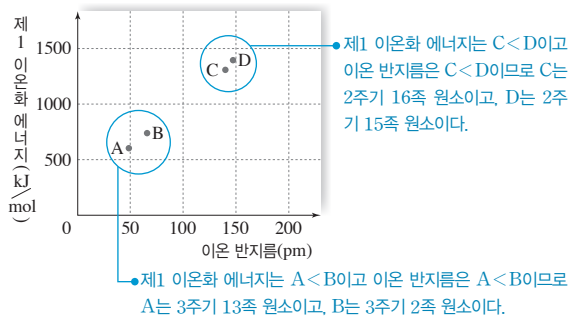
### |선택지 분석|

- ㉠ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 클수록 원자 반지름은 커진다.   
 ㉡ 원자가 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 클수록 원자 반지름은 커진다.   
 ㉢ 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름은 커진다.   
 ㉣ 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름은 커진다.   
 ㉤ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 클수록 원자 반지름은 커진다.   
 ㉥ 같은 족에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 클수록 원자 반지름이 커지지만, 족이 다르면 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 커도 원자 반지름이 작을 수 있다.

같은 족에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커지고, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아진다. 1족 원소인 Li, Na, K, Rb의 원자 반지름과 17족 원소인 F, Cl, Br, I의 원자 반지름을 조사하여 비교하였으므로 학생 A는 같은 족에서 원자 번호에 따른 원자 반지름의 주기성을 비교하고 가설을 설정하였음을 알 수 있다. 따라서 학생 A가 세운 가설은 '같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름은 커진다.'가 가장 적절하다.

## 14 원소의 주기적 성질

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ㉠ 원자 반지름은 A가 C보다 크다.   
 ㉡ 원자가 전자 수는 D가 가장 크다. C   
 ㉢ 바닥상태에서 홀전자 수는 C가 B보다 크다.

A~D 이온의 전자 배치가 Ne와 같으므로 이온 반지름이 클수록 핵전하량이 작다. 제1 이온화 에너지는 C < D이고 이온 반지름은 C < D이므로 C는 2주기 16족 원소이고, D는 2주기 15족 원소이다. 제1 이온화 에너지는 A < B이고 이온 반지름은 A < B이므로 A는 3주기 13족 원소이고, B는 3주기 2족 원소이다.

㉠, A는 3주기 13족 원소이고, C는 2주기 16족 원소이다. A는 3주기 16족 원소보다 원자 반지름이 크고, 3주기 16족 원소는 2주기 16족 원소인 C보다 원자 반지름이 크므로 원자 반지름은 A가 C보다 크다.

㉢, 바닥상태에서 16족 원소인 C의 홀전자 수는 2이고, 바닥상태에서 2족 원소인 B의 홀전자 수는 0이다.

▶▶▶ ㉡, A~D의 원자가 전자 수는 각각 3, 2, 6, 5이므로 원자가 전자 수는 C가 가장 크다.

## 15 원소의 주기적 성질

### 선택지 분석

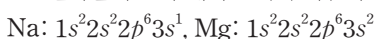
- ㉠  $x=1$ 이다.  $x=2$    
 ㉡ 원자 반지름은 A가 B보다 작다.   
 ㉢ 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수가  $3x$ 인 모든 원자들의 홀전자 수의 합은 3이다. 1

$x$ 는 3 이하의 정수이므로 1, 2, 3이 가능하다.  $x=1$ 일 때는 오비탈 수가 2이면서 홀전자 수가 2인 원자는 존재하지 않는다.  $x=2$ 일 때는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 2이면서 홀전자 수가 1인 B는 전자 배치가  $1s^2 2s^1$ 인 Li, 전자가 들어 있는 오비탈 수가 2이면서 홀전자 수가 0인 A는 전자 배치가  $1s^2 2s^2$ 인 Be, 전자가 들어 있는 오비탈 수가 4이면서 홀전자 수가 2인 C는 전자 배치가  $1s^2 2s^2 2p^2$ 인 C이다. 또,  $x=3$ 일 때는 조건에 부합되는 원소가 없다.

㉡, A는 Be, B는 Li이므로 원자 반지름은 A가 B보다 작다.

▶▶▶ ㉠, 조건에 부합되는  $x=2$ 이다.

㉢,  $x=2$ 이므로 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수  $3x=6$ 인 원자들의 전자 배치는 각각 다음과 같다.



따라서 이들 원자들의 홀전자 수의 합은 1이다.



## 화학 결합과 분자의 세계

### 09 이온 결합

#### 개념 확인 문제

본책 89쪽, 91쪽

- 1 ㉠ 수소( $\text{H}_2$ ) ㉡ 산소( $\text{O}_2$ ) ㉢ 2 ㉣ 1      2 (1) × (2) ○ (3) ○  
 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○      4 (1) 1 (2) 1 (3) 네온(Ne)      5 (1) ×  
 (2) × (3) ○      6 (1)  $\text{NaNO}_3$  (2)  $\text{MgI}_2$  (3)  $\text{Al}_2\text{O}_3$       7 (1) ○  
 (2) ○ (3) × (4) ○      8 (1)  $\text{NaCl} > \text{KCl}$  (2)  $\text{KCl} > \text{KBr}$   
 (3)  $\text{NaF} < \text{Na}_2\text{O}$

1 물을 전기 분해하면 (−)극에서는 물이 전자를 얻어 수소( $\text{H}_2$ ) 기체가 발생하고, (+)극에서는 물이 전자를 잃어 산소( $\text{O}_2$ ) 기체가 발생한다. 이때 수소와 산소는 2 : 1의 부피비로 발생한다.

2 (1) 염화 나트륨 용융액에서는 이온들이 자유롭게 이동하여 전류가 흐르므로 전해질을 넣지 않아도 전기 분해가 일어난다.

(2) 전기 분해할 때 (−)극에서는 양이온이 끌려와 전자를 얻는 반응이 일어난다.

(3) (+)극에서는 음이온인 염화 이온( $\text{Cl}^-$ )이 전자를 잃고 염소( $\text{Cl}_2$ ) 기체가 발생한다.

3 (1) 비활성 기체는 주기율표의 18족에 속하는 원소로, 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 모두 채워진 안정한 전자 배치를 이룬다.

(2), (3) 금속 원소의 원자는 원자가 전자를 잃고 양이온이 되면서 옥텟 규칙을 만족하고, 비금속 원소의 원자는 전자를 얻어 음이온이 되면서 옥텟 규칙을 만족한다.

4 (1) Na는 전자 1개를 잃으면 옥텟 규칙을 만족하므로 안정한 양이온이 된다.



(2), (3) Cl는 전자 1개를, O는 전자 2개를 얻으면 옥텟 규칙을 만족하므로 안정한 음이온이 된다.



이때  $\text{Cl}^-$ 은 Ar과,  $\text{O}^{2-}$ 은 Ne과 같은 전자 배치를 이룬다.

5 (1) 이온 결합이 형성될 때 금속 원소의 원자는 전자를 잃고, 비금속 원소의 원자는 전자를 얻는다. 즉, 전자는 금속 원소의 원자에서 비금속 원소의 원자로 이동한다.

(2) 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 양이온의 전하량과 음이온의 전하량의 합이 0이 된다. 따라서 양이온과 음이온의 전하량이 같은 경우에는 양이온과 음이온이 같은 개수로 결합하지만, 전하량이 같지 않은 경우에는 결합하는 개수가 같지 않다.

(3) 고체 상태의 이온 결합 물질은 수많은 양이온과 음이온이 3차원적으로 서로를 둘러싸며 결정을 이룬다.



- 6 (1)  $\text{Na}^+$ 과  $\text{NO}_3^-$ 은 전하량이 같으므로 1 : 1의 개수비로 결합한다. 따라서 화학식은  $\text{NaNO}_3$ 이다.  
 (2)  $\text{Mg}^{2+}$ 과  $\text{I}^-$ 은 전하량이 2 : 1이므로 1 : 2의 개수비로 결합한다. 따라서 화학식은  $\text{MgI}_2$ 이다.  
 (3)  $\text{Al}^{3+}$ 과  $\text{O}^{2-}$ 은 전하량이 3 : 2이므로 2 : 3의 개수비로 결합한다. 따라서 화학식은  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 이다.

- 7 (1) 고체 상태의 이온 결합 물질에서는 이온들이 정전기적 인력으로 강하게 결합하고 있어 이동하지 못하므로 전기 전도성이 없다.  
 (2) 액체 상태와 수용액 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동하면서 전하를 운반하므로 전기 전도성이 있다.  
 (3) 이온 결합에 힘을 가하면 힘을 받은 이온 층이 밀려 같은 전하를 띤 이온들 사이에 반발력이 작용하므로 결합이 부스러진다.  
 (4) 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 강한 정전기적 인력으로 결합하고 있어 녹는점이 높아 실온에서 대부분 고체 상태로 존재한다.

- 8 이온 결합의 녹는점은 이온 결합력이 클수록 높다. 이온 결합력은 이온의 전하량이 같은 경우 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온 사이의 거리가 비슷한 경우 이온의 전하량이 클수록 크다.  
 (1) 이온 반지름은  $\text{Na}^+ < \text{K}^+$ 이므로 녹는점은  $\text{NaCl} > \text{KCl}$ 이다.  
 (2) 이온 반지름은  $\text{Cl}^- < \text{Br}^-$ 이므로 녹는점은  $\text{KCl} > \text{KBr}$ 이다.  
 (3) 이온의 전하량은  $\text{Na}_2\text{O}$ 이  $\text{NaF}$ 보다 크므로 녹는점은  $\text{Na}_2\text{O} > \text{NaF}$ 이다.

## 수능 자료 마스터

본책 92쪽~93쪽

자료 ㉠ 1 ⑤

자료 ㉡ 2 ④

자료 ㉢ 3 ②

자료 ㉣ 4 ③

1 화합물을 전기 분해하면 성분 원소로 나누어지는데, 이 과정에서 전자가 관여함을 확인할 수 있다. 실험 I은 물의 전기 분해 장치이고, 실험 II는 염화 나트륨 수용액의 전기 분해 장치이다. 따라서 실험 I과 II를 통해 화합물의 전기 분해를 수행하려는 것이다.

2 화합물 AB에서 공유 전자쌍 수는 1이고 비공유 전자쌍 수는 A가 0, B가 3이므로 A는 1주기 1족 원소인 수소(H), B는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)이다. 화합물 CD에서  $\text{C}^{2+}$ 의 전자 수는 10이고 전하는 +2이므로 C의 양성자수는 12이며,  $\text{D}^{2-}$ 의 전자 수는 10이고 전하는 -2이므로 D의 양성자수는 8이다. 따라서 C는 3주기 2족 원소인 마그네슘(Mg), D는 2주기 16족 원소인 산소(O)이다.

ㄴ. (나)에서 원자 수비가 B : C = 2 : 1이므로 (나)는  $\text{CB}_2(\text{MgF}_2)$ 인 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄷ. (나)에서 C 1개는 전자 2개를 잃어  $\text{C}^{2+}$ 이 되고, B 2개는 각각 전자 1개를 얻어  $\text{B}^-$ 이 되므로 (나)에서 B와 C는 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 원자 수비가 A : D = 1 : 1이므로 (가)는  $\text{A}_2\text{D}_2(\text{H}_2\text{O}_2)$ 이다. 즉, 비금속 원소의 원자끼리 결합하여 형성된 물질이므로 공유 결합 물질이다.

3 ㄷ. 두 이온이 결합할 때 방출되는 에너지가 클수록 이온으로 분해될 때 필요한 에너지가 크다. 따라서 이온으로 분해될 때 필요한 에너지는  $\text{NaX}$ 가  $\text{NaY}$ 보다 크다.

바로알기 ㄱ. 이온 사이의 거리에 따른 에너지가 가장 낮은 지점이 가장 안정하므로 이 지점에서 이온 결합이 형성된다. 결합이 형성될 때의 이온 사이의 거리는  $\text{NaX}$ 가  $\text{NaY}$ 보다 작으므로 이온 반지름은  $\text{X}^-$ 이  $\text{Y}^-$ 보다 작다.

ㄴ. 이온 결합력이 클수록 이온 결합이 형성될 때 방출되는 에너지가 크므로 이온 결합력은  $\text{NaX}$ 가  $\text{NaY}$ 보다 크다. 따라서 녹는점은  $\text{NaX(s)}$ 가  $\text{NaY(s)}$ 보다 높다.

4 ㄱ.  $\text{NaA}$ 와  $\text{NaB}$ 에서 이온 사이의 거리는  $\text{NaA}$ 가  $\text{NaB}$ 보다 작으므로 이온 반지름은  $\text{A}^-$ 이  $\text{B}^-$ 보다 작다.

ㄴ. 이온 결합력이 클수록 녹는점이 높으므로 이온 결합력은  $\text{CO}$ 가  $\text{DO}$ 보다 크다.

바로알기 ㄷ. 이온 결합 물질의 녹는점은 이온의 전하량이 같은 경우 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온 사이의 거리가 비슷한 경우 이온의 전하량이 클수록 높다. 이온의 전하량이 같고, 이온 사이의 거리가 다른 경우( $\text{NaA}$ 와  $\text{NaB}$ ,  $\text{CO}$ 와  $\text{DO}$ )의 녹는점 차이보다 이온 사이의 거리가 비슷하고, 이온의 전하량이 다른 경우( $\text{NaA}$ 와  $\text{DO}$ )의 녹는점 차이가 더 큰 것으로 보아 이온 사이의 거리보다 이온의 전하량이 녹는점에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

## 수능 2점 다지기

본책 94쪽~96쪽

- |     |     |     |      |      |      |
|-----|-----|-----|------|------|------|
| 1 ① | 2 ⑤ | 3 ③ | 4 ⑤  | 5 ④  | 6 ③  |
| 7 ③ | 8 ④ | 9 ⑤ | 10 ④ | 11 ⑤ | 12 ① |

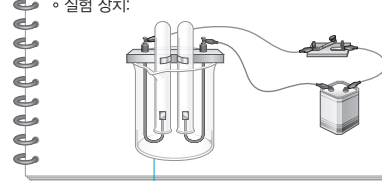
### 1 전기 분해와 화학 결합

#### [자료 분석]

• 실험 제목: (가)

• 실험 목적: 공유 결합 화합물이 구성 원소로 나누어질 때 전자가 관여하는 것을 확인한다.

• 실험 장치:



• 물을 전기 분해할 때 각 극에서 발생하는 기체를 포집하는 장치이다.



### [선택지 분석]

- ① 물의 전기 분해
- ② 탄산 칼슘의 열분해
- ③ 탄화수소의 원소 분석
- ④ 염산과 수산화 나트륨의 중화
- ⑤ 염화 나트륨 용융액의 전기 분해

화학 결합에 전자가 관여한다는 것은 전기 분해로 알 수 있으며, 공유 결합 화합물에 관한 실험이므로 실험 제목은 '물의 전기 분해'가 적절하다.

## 2 물의 전기 분해

### [자료 분석]

기체 발생량이 더 많다. → (-)극으로,  $H_2$  기체가 발생한다. (가)

(+)극으로,  $O_2$  기체가 발생한다. (나)

건전지

물 + X

순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 전해질을 넣어 준다.

### [선택지 분석]

- ㉠ X는 전해질이다.
- ㉡ 전극 (가)는 (-)극이다.
- ㉢ 전극 (나)에서 발생하는 기체는 산소이다.

㉠. 순수한 물에는 이온이 거의 존재하지 않아 전류가 흐르지 않는다. 따라서 전해질을 넣어 주어 전류를 흐르게 한다.

㉡. ㉢. 발생하는 기체의 양이 (가) > (나)이므로 (가)는 (-)극으로 수소 기체가 발생하고, (나)는 (+)극으로 산소 기체가 발생한다.

## 3 염화 나트륨 용융액과 물의 전기 분해

### [자료 분석]

염화 나트륨 용융액은 전류가 흐르므로 전해질을 넣지 않아도 된다.

순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 전해질을 넣어 주어야 전류가 흐르도록 한다.

전원 장치

물 + 수산화 나트륨

(-)극 철그물 (+)극

(가)

(나)

• (-)극:  $Na^+$ 이 전자를 얻어 금속 Na가 생성된다.

• (+)극:  $Cl^-$ 이 전자를 잃고  $Cl_2$  기체가 발생한다.

• (-)극: 물이 전자를 얻어  $H_2$  기체가 발생한다.

• (+)극: 물이 전자를 잃고  $O_2$  기체가 발생한다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 전해질을 넣어야 한다. → (나)만 해당
- ㉡ (-)극에서 기체가 발생한다. → (나)만 해당
- ㉢ 성분 원소로 분해될 때 전자가 관여한다.

㉢. 각 물질이 성분 원소로 분해될 때 전자를 얻거나 잃는 반응이 일어난다. 즉, 전자가 관여한다.

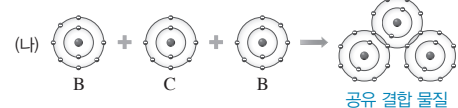
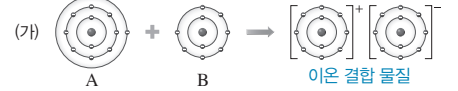
바로알기 ㉠. (가)에서는 이온이 자유롭게 이동하므로 전해질을 넣지 않아도 전기 분해가 일어난다.

㉡. (가)의 (-)극에서는  $Na(s)$ 이 생성되고, (나)의 (-)극에서는  $H_2(g)$ 가 발생한다.

## 4 화학 결합 모형과 옥텟 규칙

### [자료 분석]

(가)의 생성물에서 각 이온은 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 모두 8개씩 들어 있다. → 옥텟 규칙을 만족한다.



(나)의 생성물에서 구성 원자들은 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 모두 8개씩 들어 있다. → 옥텟 규칙을 만족한다.

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)의 생성물을 구성하는 이온은 옥텟 규칙을 만족한다.
- ㉡ (나)의 생성물에서 B는 옥텟 규칙을 만족한다.
- ㉢ (나)의 생성물은 공유 결합 화합물이다.

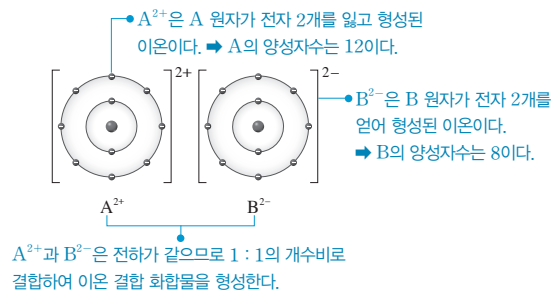
㉠. (가)의 생성물을 구성하는 이온은 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 모두 8개씩 들어 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

㉡. (나)의 생성물에서 구성 원자들은 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 모두 8개씩 들어 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

㉢. (나)의 생성물은 원자들 사이에 전자쌍을 공유하여 형성된 공유 결합 화합물이다.

## 5 화학 결합 모형과 옥텟 규칙

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 원자 반지름은 B가 A보다 크다. 작다
- ㉡ X에서  $A^{2+}$ 과  $B^{2-}$ 은 모두 옥텟 규칙을 만족한다.
- ㉢ X의 화학식은 AB이다.

㉡. X에서  $A^{2+}$ 과  $B^{2-}$ 은 모두 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 들어 있어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는다.

㉢.  $A^{2+}$ 과  $B^{2-}$ 은 전하가 같으므로 1 : 1의 개수비로 결합하여 이온 결합 화합물을 형성한다. 따라서 X의 화학식은 AB이다.

바로알기 ㉠. A는 3주기 2족 원소이고, B는 2주기 16족 원소이므로 원자 반지름은 B가 A보다 작다.

## 6 원자의 전자 배치와 화학 결합

### [자료 분석]

- A:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$   
→ A 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려면 전자 1개를 잃어야 한다.
- B:  $1s^2 2s^2 2p^4$   
→ B 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려면 전자 2개가 필요하다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 이온 결합 물질이다.
- ㉡ 화학식을 구성하는 원자 수는 2이다. 3
- ㉢ 화합물을 형성할 때 전자는 A에서 B로 이동한다.

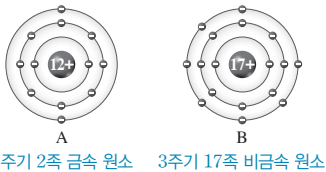
ㄱ. A는 3주기 1족 원소로 금속 원소이고, B는 2주기 16족 원소로 비금속 원소이다. 따라서 A와 B로 이루어진 물질은 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온이 정전기적 인력으로 결합한 이온 결합 물질이다.

ㄴ. 이온 결합 화합물을 형성할 때 전자는 금속 원소의 원자인 A에서 비금속 원소의 원자인 B로 이동한다.

ㄷ. A와 B가 화합물을 형성할 때 A는 전자 1개를 잃고  $A^+$ 이 되고, B는 전자 2개를 얻어  $B^{2-}$ 이 되며,  $A^+$ 과  $B^{2-}$ 이 2:1의 개수비로 결합하여 화합물  $A_2B$ 를 이룬다. 따라서  $A_xB$ 에서  $x=2$ 이고, 화학식을 구성하는 원자 수는 3이다.

## 7 이온 결합의 형성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠  $x=2$ 이다.
- ㉡ 화합물을 형성할 때 A는 산화되고, B는 환원된다.
- ㉢ 화합물에서 A 이온과 B 이온의 전자 배치는 모두 Ne과 같다. → A 이온: Ne, B 이온: Ar

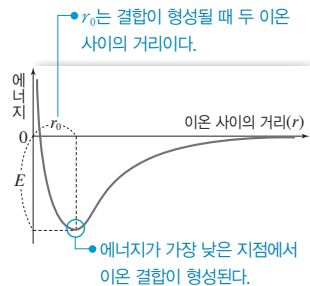
ㄱ. A와 B로 이루어진 화합물  $AB_x$ 는  $A^{2+}$ 과  $B^-$ 이 1:2의 개수비로 결합하여 형성되므로  $x=2$ 이고, 화학식은  $AB_2$ 이다.

ㄴ. A는 전자를 잃고 양이온이 되고, B는 전자를 얻어 음이온이 되므로 A는 산화되고, B는 환원된다.

ㄷ. 화합물에서 A는 전자 2개를 잃고 Ne과 같은 전자 배치를 가지며, B는 전자 1개를 얻어 Ar과 같은 전자 배치를 갖는다.

## 8 이온 결합의 형성과 에너지 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 양이온의 반지름은  $\frac{1}{2}r_0$ 이다.  $\frac{1}{2}r_0$ 가 아니다
- ㉡  $r_0$ 는 NaBr이 NaCl보다 크다.
- ㉢ E가 클수록 이온 결합 물질의 녹는점이 높다.

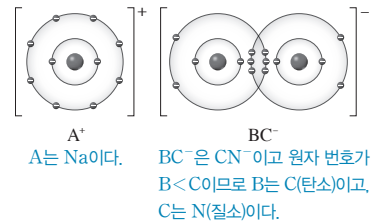
ㄴ. 이온 반지름은  $Cl^- < Br^-$ 이므로  $r_0$ 는 NaBr이 NaCl보다 크다.

ㄴ. E가 클수록 이온 결합력이 크므로 이온 결합 물질의 녹는점이 높다.

ㄷ.  $r_0$ 는 이온 결합이 형성될 때 두 이온 사이의 거리이므로 양이온의 반지름은  $\frac{1}{2}r_0$ 가 아니다.

## 9 이온 결합의 형성 모형

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ A와 B는 같은 주기 원소이다. → A: 3주기, B: 2주기
- ㉡ ABC(l)는 전기 전도성이 있다.
- ㉢ ABC에서 모든 구성 원소는 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ. ABC는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

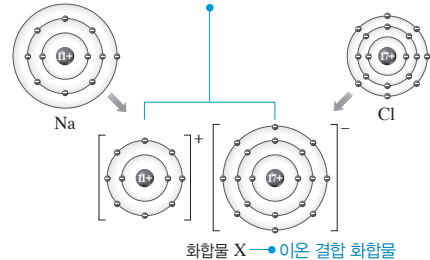
ㄴ. ABC에서 A~C는 모두 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개가 들어 있어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄷ. A는 나트륨(Na)이므로 3주기 원소이고, B는 탄소(C), C는 질소(N)이므로 2주기 원소이다.

## 10 이온 결합의 형성

### [자료 분석]

Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>이 정전기적 인력에 의해 결합하여 화합물 X가 형성된다. 이 과정에서 에너지를 방출하여 안정해진다.



### [선택지 분석]

- ㉠ 물질의 에너지는 X가 Na와 Cl의 에너지 합보다 크다. 작다
- ㉡ X에서 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>은 옥텟 규칙을 만족한다.
- ㉢ X는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄴ. X에서 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>은 모두 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개가 들어 있어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ. X는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄷ. 화합물 X는 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>이 정전기적 인력에 의해 결합하여 형성되며, 이 과정에서 에너지를 방출하여 안정해진다. 따라서 X의 에너지는 Na와 Cl의 에너지 합보다 작다.

## 11 이온 결합 물질의 녹는점

### [자료 분석]

물질	(가)	(나)	(다)
녹는점(°C)	747	996	2825

- 녹는점: (다) > (나) > (가)
- 이온 결합 물질의 녹는점은 이온의 전하량이 같은 경우 이온 사이의 거리가 짧을 수록, 이온 사이의 거리가 비슷한 경우 이온의 전하량이 클수록 높다.
- 녹는점:  $MgO > NaF > NaBr$

### [선택지 분석]

- ㉠ 음이온의 반지름은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㉡ 양이온의 반지름은 (나)가 (다)보다 크다.
- ㉢ 이온의 전하량은 (다)가 (가)보다 크다.

㉠. (가)는 NaBr, (나)는 NaF이므로 음이온의 반지름은  $Br^- > F^-$ 이다.

㉡. (나)는 NaF, (다)는 MgO이므로 양이온의 반지름은  $Na^+ > Mg^{2+}$ 이다.

㉢. (가)는 NaBr, (다)는 MgO이므로 이온의 전하량은 (다)가 (가)보다 크다.

## 12 이온 결합 물질의 성질

### [선택지 분석]

- ㉠ 성분 원소로 금속 원소를 포함한다.
- ㉡ 고체 상태에서 전기 전도성이 있다. **없다**
- ㉢  $NH_3$ 와 화학 결합의 종류가 같다. **다르다**

고체 상태 X에 힘을 가했을 때 쉽게 부서지고, 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 것으로 보아 X는 이온 결합 화합물이다.

㉠. 이온 결합 화합물은 금속 원소와 비금속 원소로 이루어지므로 X에는 금속 원소가 포함된다.

㉡. 이온 결합 화합물은 고체 상태에서 이온들이 강한 정전기적 인력에 의해 결합하고 있어 자유롭게 이동하지 못하므로 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

㉢.  $NH_3$ 는 비금속 원소의 원자가 전자쌍을 공유하여 형성된 공유 결합 화합물이므로 X와 화학 결합의 종류가 다르다.

## 수능 3점 공부하기

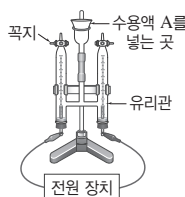
본책 97쪽 ~ 99쪽

- |     |     |     |      |      |      |
|-----|-----|-----|------|------|------|
| 1 ② | 2 ⑤ | 3 ④ | 4 ③  | 5 ①  | 6 ③  |
| 7 ⑤ | 8 ③ | 9 ③ | 10 ⑤ | 11 ② | 12 ④ |

## 1 물의 전기 분해

### [자료 분석]

- (가) 증류수에  $Na_2SO_4$ 을 조금 넣은 수용액 A와 그림과 같은 실험 장치를 준비한다.
- (나) A를 유리관 양쪽에 가득 채운 후 꼭지를 닫는다.
- (다) 전원 장치를 사용하여 전류를 흘려 준다.
- (라) 유리관 내 수면의 높이 변화를 측정한다.
- (마) 각 유리관에 모인 기체의 종류를 확인한다.

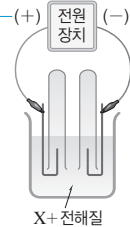


$Na_2SO_4$ 을 조금 넣은 수용액에 전류를 흘려 주면 (+)극에서는 산소 기체가 발생하고, (-)극에서는 수소 기체가 발생한다. 이때 유리관 내 수면의 높이 변화를 측정하여 발생한 수소와 산소 기체의 부피를 확인한다. 따라서 (나)는 ㄴ, (다)는 ㄱ, (라)는 ㄷ이다.

## 2 전기 분해와 화학 결합

### [자료 분석]

- (+)극에서는 전자를 잃는 산화 반응이 일어나  $A_2$ 가 생성된다.
- (-)극에서는 전자를 얻는 환원 반응이 일어나  $B_2$ 가 생성된다.



### [선택지 분석]

- ㉠ (+)극에서 환원 반응이 일어난다. **산화**
- ㉡ X에서 A와 B 사이의 결합은 공유 결합이다.
- ㉢ X에서  $\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}} = 2$ 이다.

㉡. 화합물 X를 분해했을 때 기체  $A_2$ 와  $B_2$ 가 생성되었으므로 A와 B는 비금속 원소이다. 따라서 화합물 X는 비금속 원소인 A와 B의 공유 결합으로 이루어져 있다.

㉢. 생성된 기체의 몰비가  $A_2 : B_2 = 1 : 2$ 이므로 화합물 X에 포함된 원자 수비도  $A : B = 1 : 2$ 이다. 따라서 X에서  $\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}} = 2$ 이다.

바로알기 ㉠. 전기 분해를 할 때 (+)극에서는 전자를 잃는 산화 반응이, (-)극에서는 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

## 3 전기 분해와 화학 결합

### [자료 분석]

- 금속 원소인 A와 비금속 원소인 B가 결합한 물질이므로 이온 결합 물질이다.

물질	전극	(-)극	(+)극
X 용융액		고체 A	기체 $B_2$
소량의 X를 첨가한 물		기체 $C_2$	기체 $D_2$

- 물을 전기 분해하면 (-)극 : (+)극 =  $H_2 : O_2 = 2 : 1$ 의 부피비로 발생한다.

### [선택지 분석]

- ㉠ X는 고체 상태에서 전기 전도성이 있다. **없다**
- ㉡ 생성되는  $C_2$ 와  $D_2$ 의 몰비는 2 : 1이다.
- ㉢ A와 D로 이루어진 물질은 이온 결합 물질이다.

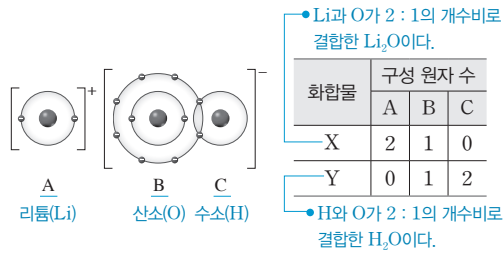
㉡. 물을 전기 분해할 때 (-)극에서 생성되는 기체  $C_2$ 는 수소 ( $H_2$ )이고, (+)극에서 생성되는 기체  $D_2$ 는 산소 ( $O_2$ )이다. 따라서 생성되는  $C_2$ 와  $D_2$ 의 몰비는 2 : 1이다.

㉢. X를 구성하는 A는 금속 원소이고, 물을 구성하는 D는 비금속 원소이다. 따라서 A와 D로 이루어진 물질은 이온 결합 물질이다.

바로알기 ㉠. X 용융액을 전기 분해하면 금속 A와 비금속 원소의 이원자 분자  $B_2$ 가 생성되므로 X는 이온 결합 물질이다. 따라서 X는 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

#### 4 화학 결합 모형과 옥텟 규칙

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ☐ Y는 공유 결합 화합물이다.  
☒ 전기 전도성은 Y(l)가 X(l)보다 크다. X(l)가 Y(l)보다  
☐ Y에서 B는 옥텟 규칙을 만족한다.

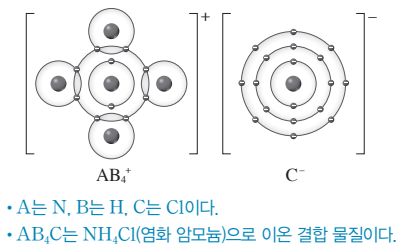
ㄱ. Y는 비금속 원소인 H와 O가 전자쌍을 공유하여 형성한 공유 결합 화합물이다.

ㄴ. Y에서 B(O)는 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개가 채워진 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

**[바로알기]** ㄴ. X는 이온 결합 물질이고, Y는 공유 결합 물질이므로 전기 전도성은 X(l)가 Y(l)보다 크다.

#### 5 화학 결합 모형과 옥텟 규칙

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ☐  $\text{AB}_4\text{C}$ 는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.  
☒ BC는 이온 결합 물질이다. 공유  
☒  $\text{AB}_4\text{C}$ 에서 A와 C는 Ne의 전자 배치를 갖는다.  
 • A는 Ne의 전자 배치, C는 Ar의 전자 배치를 갖는다.

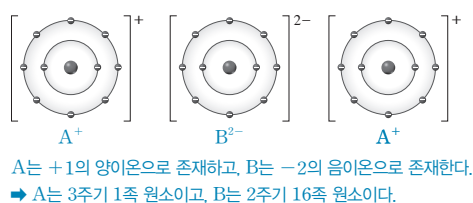
ㄱ.  $\text{AB}_4\text{C}$ 는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

**[바로알기]** ㄴ. B와 C는 각각 H와 Cl로 비금속 원소이다. 따라서 BC는 비금속 원소의 원자가 전자쌍을 공유하여 형성된 공유 결합 물질이다.

ㄴ.  $\text{AB}_4\text{C}$ 에서 A는 Ne와 같은 전자 배치를 갖고, C는 Ar과 같은 전자 배치를 갖는다.

#### 6 화학 결합 모형과 옥텟 규칙

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ☐  $\text{A}_2\text{B}$ 는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.  
☒ A와 B는 같은 주기 원소이다. 다른  
☐  $\text{A}_2\text{B}$ 에서 A와 B는 옥텟 규칙을 만족한다.

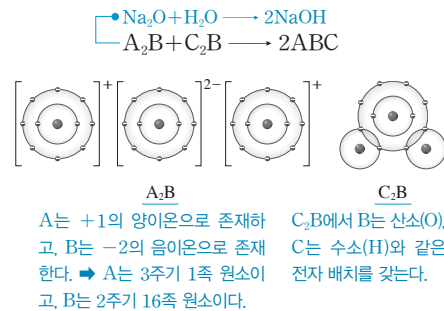
ㄱ.  $\text{A}_2\text{B}$ 는 금속의 양이온( $\text{A}^+$ )과 비금속의 음이온( $\text{B}^{2-}$ )이 정전기적 인력에 의해 결합한 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄴ.  $\text{A}_2\text{B}$ 에서 A와 B는 모두 Ne와 같은 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

**[바로알기]** ㄴ. A는 3주기 원소이고, B는 2주기 원소이다.

#### 7 화학 결합 모형과 옥텟 규칙

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ☐  $\text{A}_2\text{B}$ 는 이온 결합 물질이다.  
☐  $\text{C}_2\text{B}$ 에서 B는 옥텟 규칙을 만족한다.  
☐ ABC는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

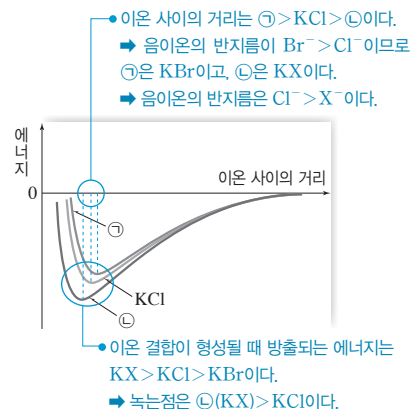
ㄱ.  $\text{A}_2\text{B}$ 는 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온이 결합한 이온 결합 물질이다.

ㄴ.  $\text{C}_2\text{B}$ 에서 B는 Ne와 같은 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ. ABC는 NaOH으로 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

#### 8 이온 결합의 형성과 에너지 변화

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ☐ ㉠은 KBr이다.  
☒ 원자 반지름은 X가 Cl보다 크다. 작다  
☐ 녹는점은 KX가 KCl보다 높다.

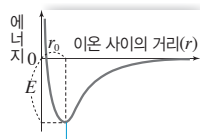
ㄱ. 그래프에서 ㉠은 KCl보다 이온 사이의 거리가 길다. 주어진 3가지 물질 중에서 KCl보다 이온 사이의 거리가 긴 것은 KBr이다.  
 ㄴ. 이온 결합 화합물이 형성될 때 방출되는 에너지는 KX가 KCl보다 크므로 녹는점은 KX가 KCl보다 높다.

**[바로알기]** ㄴ. ㉠은 KX이고, KX는 KCl보다 이온 사이의 거리가 짧으므로 음이온의 반지름은  $X^-$ 이  $Cl^-$ 보다 작다. 따라서 원자 반지름은 X가 Cl보다 작다.

## 9 이온 결합의 형성과 에너지 변화

### [자료 분석]

이온	반지름 (pm)	이온	반지름 (pm)
$K^+$	133	$Cl^-$	181
$Mg^{2+}$	65	$Br^-$	195
$Ca^{2+}$	99	$O^{2-}$	140



$E$ 는 이온의 전하량이 같은 경우 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온 사이의 거리가 비슷한 경우 이온의 전하량이 클수록 크다.

### [선택지 분석]

- ㉠  $r_0$ 는 KBr이 KCl보다 크다.
- ㉡  $E$ 는 CaO이 MgO보다 크다. **작다**
- ㉢ 녹는점은 CaO이 KCl보다 높다.

ㄱ. 주어진 자료에서 음이온의 반지름은  $Br^- > Cl^-$ 이므로  $r_0$ 는 KBr이 KCl보다 크다.

ㄴ. CaO은 KCl보다 이온 사이의 거리도 짧고, 이온의 전하량도 크므로 이온 결합력이 더 크다. 따라서 녹는점은 CaO이 KCl보다 높다.

**[바로알기]** ㄴ. 이온 결합력이 클수록  $E$ 가 크다. 이온 결합력은 이온의 전하량이 같은 경우 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온 사이의 거리가 비슷한 경우 이온의 전하량이 클수록 크다. 양이온의 반지름은  $Ca^{2+} > Mg^{2+}$ 이므로  $E$ 는 CaO이 MgO보다 작다.

## 10 이온 결합 물질의 녹는점

### [자료 분석]

- AX와 AY에서 이온 사이의 거리 차는 X 이온과 Y 이온의 반지름 차와 같다.

물질	이온 사이의 거리(pm)	녹는점(°C)
AX	231	996
AY	276	802
BZ	205	2825
CZ	239	2613

- BZ와 CZ에서 이온 사이의 거리 차는 B 이온과 C 이온의 반지름 차와 같다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 이온 반지름은 Y 이온이 X 이온보다 크다.
- ㉡ 원자 반지름은 C가 B보다 크다.
- ㉢ 양이온의 전하량은 CZ가 AX보다 크다.

ㄱ. AX와 AY에서 양이온은 공통으로 들어 있으므로 이온 사이의 거리 차는 음이온에 의한 것이다. 따라서 이온 반지름은 Y 이온이 X 이온보다 크다.

ㄴ. 이온 사이의 거리는 CZ가 BZ보다 크므로 이온 반지름은 C 이온이 B 이온보다 크다. B 이온과 C 이온의 전하는 같으므로 원자 반지름은 C가 B보다 크다.

ㄴ. AX는 CZ보다 이온 사이의 거리가 짧는데, 녹는점이 낮다. 이로부터 양이온의 전하량과 음이온의 전하량은 모두 CZ가 AX보다 크다고 판단할 수 있다.

## 11 이온 결합 물질의 녹는점

### [자료 분석]

- 이온 사이의 거리가  $NaCl > NaA$ 이다.
- 원자 반지름은  $Cl > A$ 이다.

화합물	NaCl	NaA	BCl
결정 구조			
이온 사이의 거리(pm)	276	231	360

BCl과 NaCl에서 이온의 전하량은 같고, 이온 사이의 거리는  $BCl > NaCl$ 이다.  $\rightarrow$  이온 결합력은  $BCl < NaCl$ 이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 원자 번호는 A가 Cl보다 크다. **작다**
- ㉡ 녹는점은 BCl이 NaCl보다 높다. **낮다**
- ㉢ BA(l)는 전기 전도성이 있다.

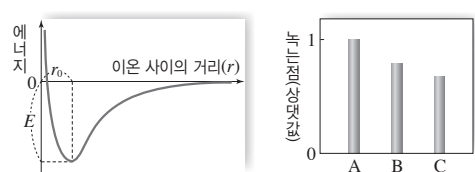
ㄴ. A는 비금속 원소이고, B는 알칼리 금속이므로 BA는 이온 결합 화합물이다. 따라서 BA는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

**[바로알기]** ㄱ. 이온 사이의 거리는  $NaCl > NaA$ 이므로 같은 족 원소인 Cl과 A의 원자 반지름은  $Cl > A$ 이다. 따라서 원자 번호는 A가 Cl보다 작다.

ㄴ. BCl과 NaCl에서 이온의 전하량은 같고, 이온 사이의 거리는  $BCl > NaCl$ 이므로 이온 결합력은  $BCl < NaCl$ 이다. 따라서 녹는점은 BCl이 NaCl보다 낮다.

## 12 이온 결합 물질의 성질

### [자료 분석]



- NaF, NaCl, NaBr에서 양이온은  $Na^+$ 으로 같고, 음이온의 반지름은  $F^- < Cl^- < Br^-$ 이다.
- 이온 결합력은  $NaF > NaCl > NaBr$ 이다.
- $\rightarrow$  녹는점은  $NaF > NaCl > NaBr$ 이다.

### [선택지 분석]

- ㉠  $r_0$ 는 A가 가장 크다. **작다**
- ㉡  $E$ 는 B가 C보다 크다.
- ㉢ 녹는점은 C가 KBr보다 높다.

ㄴ.  $E$ 가 클수록 녹는점이 높으므로  $E$ 는 B가 C보다 크다.

ㄴ. 녹는점은  $NaF > NaCl > NaBr$ 이므로 C는 NaBr이다. KBr은 NaBr보다 양이온의 반지름이 크므로 이온 결합력은 NaBr이 KBr보다 크다. 따라서 녹는점은 C가 KBr보다 높다.

**[바로알기]** ㄱ. A~C에서 이온의 전하량은 같으므로  $E$ 는 이온 사이의 거리가 짧을수록 크며,  $E$ 가 클수록 녹는점이 높다. 따라서  $r_0$ 는 녹는점이 가장 높은 A가 가장 작다.



# 10 공유 결합과 금속 결합

## 개념 확인 문제

본책 101쪽, 103쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ×      2 (1) B (2) 74 pm (3) 436 kJ/mol  
3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○      4 (1) ○ (2) ×      5 (1) ㉠ (금속) 양  
이온 ㉡ 자유 전자 (2) ㉡      6 ㉠ 있음 ㉡ 없음 ㉢ 있음 ㉣ 없음

- 1 (1), (2) 비금속 원소의 원자들이 공유 결합을 할 때 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖기 위해 필요한 전자 수만큼의 전자를 내놓아 전자쌍을 만들어 공유한다.  
(3) 두 원자는 결합하는 원자의 종류에 따라 전자쌍을 1개에서 3개까지 공유할 수 있다.
- 2 (1) 에너지가 가장 낮은 지점인 B에서 공유 결합이 형성된다.  
(2) 공유 결합이 형성될 때 원자핵 사이의 거리가 결합 길이이다. 따라서 수소 분자의 결합 길이는 74 pm이다.  
(3) 기체 상태의 수소 분자를 기체 상태의 수소 원자로 분리할 때 필요한 에너지가 결합 에너지이다. 따라서 수소 분자의 결합 에너지는 436 kJ/mol이다.
- 3 (1) 공유 결합 물질에서 전자는 두 원자 사이에 공유되거나 특정 원자에 속해 있으므로 공유 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 대부분 전기 전도성이 없다. 단, 흑연은 전기 전도성이 있다.  
(2) 나프탈렌과 같은 분자 결정을 이루는 힘은 분자 사이에 작용하는 힘으로 다른 결정에 비해 약하다. 따라서 분자 결정은 녹는 점이 비교적 낮다.  
(3) 다이아몬드, 석영 등의 원자 결정에서는 원자들이 연속적으로 공유 결합을 형성하여 3차원의 그물 구조를 이룬다.  
(4) 공유 결합 물질은 이온 결합 물질과 달리 대부분 물에 잘 녹지 않는다. 단, HCl, NH<sub>3</sub>처럼 물에 녹아 이온화하는 분자들은 물에 잘 녹는다.
- 4 (1) 금속 결합은 금속 원소의 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의한 결합이다.  
(2) 금속에 전압을 걸어 줄 때 금속 양이온은 이동하지 않고 자유 전자만 (+)극 쪽으로 이동하면서 전하를 운반하므로 전류가 흐른다.
- 5 (1) 금속 결정의 모형에서 각 금속 원자에서 나온 전자들은 금속 양이온 사이의 공간에서 자유롭게 움직인다. 따라서 ㉠은 (금속) 양이온이고, ㉡은 자유 전자이다.  
(2) 금속의 광택은 금속 표면에 있는 자유 전자가 빛을 흡수하였다가 다시 방출하기 때문에 나타난다. 즉, 금속의 광택은 자유 전자인 ㉡에 의해 나타난다.
- 6 염화 나트륨은 이온 결정으로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 포도당은 분자 결정으로 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다. 구리는 금속 결정으로 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 다이아몬드는 공유 결정(원자 결정)으로 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

## 수능 자료 마스터

본책 104쪽~105쪽

자료 ㉠ 1 ㉡      자료 ㉢ 2 ㉣  
자료 ㉤ 4 ㉥

자료 ㉢ 2 ㉣

자료 ㉢ 3 ㉣

- 1 ㄴ. (가)에서 X의 가장 바깥 전자 껍질에는 전자가 8개 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.  
ㄷ. X의 원자가 전자는 5개로 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해 전자 3개가 필요하다. 즉, X 원자 2개는 각각 전자 3개를 내놓아 전자쌍 3개를 만들고, 이 전자쌍을 공유하여 X<sub>2</sub>를 형성하므로 X<sub>2</sub>에는 3중 결합이 있다.  
바로알기 ㄱ. HY는 원자 사이에 전자쌍을 공유하여 결합이 형성된 화합물로 공유 결합 화합물이다.
- 2 ㄷ. HX가 생성될 때 방출하는 에너지가 HY보다 크므로 HX의 결합 에너지가 HY의 결합 에너지보다 크다.  
바로알기 ㄱ. r<sub>0</sub>는 HX의 결합 길이에 해당한다. 따라서 r<sub>0</sub>는 H와 X의 원자 반지름의 합에 가깝고, 1주기 원소인 H의 원자 반지름은 2주기 원소인 X의 원자 반지름보다 작으므로 X의 원자 반지름은  $\frac{r_0}{2}$ 보다 크다.  
ㄴ. HX의 결합 길이가 HY의 결합 길이보다 짧으므로 X의 원자 반지름이 Y의 원자 반지름보다 작다. 따라서 X는 2주기 할로젠인 플루오린이고, Y는 3주기 할로젠인 염소이다.
- 3 ㄷ. 금속에 힘을 가하면 힘을 받은 금속 양이온 층은 밀리지만 이동이 자유로운 자유 전자가 빠르게 이동하여 금속 결합을 유지하므로 부서지지 않고 변형된다. 즉, (나)의 모형은 금속의 연성과 전성을 설명할 수 있다.  
바로알기 ㄱ. 금속에서 (+)전하를 띤 A는 금속 양이온이고, (-)전하를 띤 B는 자유 전자이다.  
ㄴ. 금속에 전압을 걸어 주면 금속 양이온은 이동하지 않고 자유 전자만 (+)극 쪽으로 이동하면서 전류가 흐른다.
- 4 얼음은 분자들이 분자 사이에 작용하는 힘으로 결합한 분자 결정이다. 흑연과 다이아몬드는 탄소 원자의 공유 결합으로 이루어진 공유 결정이다. 구리는 금속 양이온과 자유 전자가 정전기적 인력으로 결합한 금속 결정이다. 염화 나트륨은 금속의 양이온과 비금속의 음이온이 정전기적 인력으로 결합한 이온 결정이다. 따라서 A에는 얼음이, B에는 다이아몬드나 흑연이, C에는 구리나 염화 나트륨이 해당된다.

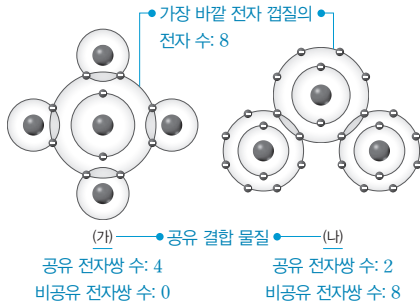
## 수능 2점 다지기

본책 106쪽~108쪽

- |      |      |     |      |      |      |
|------|------|-----|------|------|------|
| 1 ㉢  | 2 ㉤  | 3 ㉠ | 4 ㉡  | 5 ㉠  | 6 ㉢  |
| 7 ㉡  | 8 ㉡  | 9 ㉠ | 10 ㉢ | 11 ㉤ | 12 ㉡ |
| 13 ㉤ | 14 ㉤ |     |      |      |      |

## 1 공유 결합 모형과 옥텟 규칙

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 공유 결합 물질이다.
- ☒ 공유 전자쌍 수가 4이다. (가) 4, (나) 2
- ☒ 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족한다.

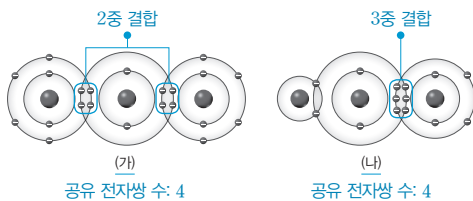
ㄱ. (가)와 (나) 모두 원자들 사이에 전자쌍을 공유하여 형성된 공유 결합 물질이다.

ㄴ. (가)와 (나) 각각에서 중심 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 공유 전자쌍 수는 4이고, (나)에서 공유 전자쌍 수는 2이다.

## 2 공유 결합 모형과 옥텟 규칙

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 크다. (가)와 (나)가 같다
- ☒ (가)와 (나)에는 다중 결합이 있다.
- ☒ (가)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

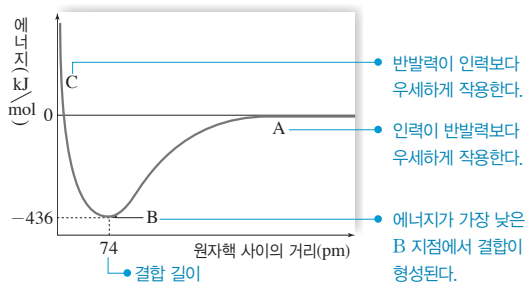
ㄴ. (가)에는 두 원자 사이에 2중 결합이 있고, (나)에는 3중 결합이 있다.

ㄴ. (가)에서 모든 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 존재하므로 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)에서 4로 같다.

## 3 공유 결합의 형성과 에너지

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 수소 분자의 결합 길이는 74 pm이다.
- ☒ B 지점에서는 반발력이 작용하지 않는다. 작용한다
- ☒ C 지점에서는 반발력보다 인력이 우세하게 작용한다.
- 인력 반발력

ㄱ. 에너지가 가장 낮은 B 지점에서 수소 분자가 형성되고, 이때 두 수소 원자핵 사이의 거리가 결합 길이이다. 따라서 수소 분자의 결합 길이는 74 pm이다.

바로알기 ㄴ. B 지점은 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 지점이다.

ㄴ. C 지점에서는 인력보다 반발력이 우세하게 작용한다.

## 4 공유 결합의 형성

### [자료 분석]

원소	원자 반지름(pm)	분자	
		결합 길이(pm)	결합 에너지(kJ/mol)
A	71	142	159
B	73	121	498
C	75	110	945

2주기 원소 중 공유 결합으로 이원자 분자를 형성하는 원소는 질소(N), 산소(O), 플루오린(F)이다.

원자 반지름:  $A < B < C$   
 → A는 F, B는 O, C는 N이다.

### [선택지 분석]

- ☒ 원자가 전자 수는 C가 가장 크다. A
- ☒ A<sub>2</sub>에서 A의 전자 배치는 네온과 같다.
- ☒ B<sub>2</sub>와 C<sub>2</sub>에는 다중 결합이 있다.

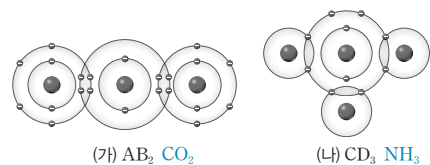
ㄴ. A<sub>2</sub>(F<sub>2</sub>)에서 각 A 원자는 전자쌍 1개를 공유하므로 전자 배치는 네온과 같다.

ㄴ. B<sub>2</sub>(O<sub>2</sub>)에는 2중 결합이, C<sub>2</sub>(N<sub>2</sub>)에는 3중 결합이 있다.

바로알기 ㄱ. 원자가 전자 수는 A(F)가 가장 크다.

## 5 공유 결합 모형과 공유 결합 물질의 성질

### [자료 분석]



A는 2개의 B와 각각 전자쌍 2개를 공유한다. → A의 원자가 전자 수: 4, B의 원자가 전자 수: 6 → A는 2주기 14족 원소인 탄소(C), B는 2주기 16족 원소인 산소(O)이다.

C는 3개의 D와 각각 전자쌍 1개를 공유한다. → C의 원자가 전자 수: 5, D의 원자가 전자 수: 1 → C는 2주기 15족 원소인 질소(N), D는 1주기 1족 원소인 수소(H)이다.

### [선택지 분석]

- ☒ 공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 크다.
- ☒ A와 C는 같은 족 원소이다. 다른
- ☒ (나)는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 없다

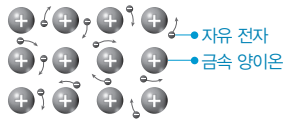
ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)에서 4이고, (나)에서 3이므로 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 ㄴ. A(C)는 14족 원소이고, C(N)은 15족 원소이다.

ㄴ. (나)는 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

## 6 금속 결합 모형과 금속 결합의 성질

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ 자유 전자가 있다.  
☐ 고체와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.  
☒ 단단하지만 힘을 가하면 부스러진다. 변형된다

ㄱ. X는 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의한 결합으로 형성된 금속 결합 물질, 즉 금속이다.

ㄴ. 금속은 고체와 액체 상태에서 자유 전자가 전하를 운반하므로 전기 전도성이 있다.

**[바로알기]** ㄷ. 금속은 단단하며, 금속에 힘을 가하면 금속 양이온 층이 밀리더라도 자유 전자가 빠르게 이동하여 금속 결합을 유지하므로 부스러지지 않고 변형된다.

## 7 금속 결합 물질의 성질

### [자료 분석]

원소	A	B	C	D
원자 반지름(pm)	152	186	230	120
원자가 전자 수	1	1	1	2

- A~C는 원자가 전자 수가 1이므로 1족에 속하는 알칼리 금속이다. → 원자 반지름이  $A < B < C$ 이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는  $A < B < C$ 이다.
- B와 D가 같은 주기이므로 C는 D보다 주기가 크다.

### [선택지 분석]

- ☒ A에 힘을 가하면 쉽게 부스러진다. 변형된다  
☐ 녹는점은 D가 B보다 높다.  
☒ 이온화 에너지는 C가 D보다 크다. 작다

ㄴ. 금속 결정에서 금속 결합력은 금속 양이온의 반지름이 작을수록, 금속 양이온의 전하가 클수록 크다. 따라서 녹는점은 D가 B보다 높다.

**[바로알기]** ㄱ. A는 금속이므로 힘을 가해도 부스러지지 않고 변형된다.

ㄷ. B와 D가 같은 주기이고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는  $B < C$ 이므로 C는 D보다 주기가 크고, C는 1족 원소, D는 2족 원소이다. 따라서 이온화 에너지는 C가 D보다 작다.

## 8 금속 결합 물질의 성질

### [선택지 분석]

- ☒ 부피가 증가하여 밀도가 감소한다. → 부피와 밀도는 일정하다.  
☐ 금속 양이온의 위치가 변한다.  
☒ 자유 전자 수가 감소하여 전기 전도도가 감소한다.  
 → 자유 전자 수와 전기 전도도는 일정하다.

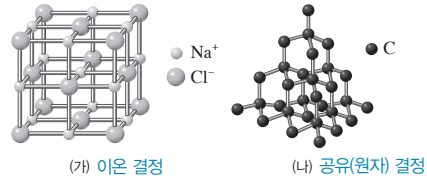
ㄴ. 힘을 받은 금속 양이온 층이 밀려 위치가 변하더라도 자유 전자가 빠르게 이동하여 금속 결합을 유지하므로 결정이 변형만 될 뿐 부스러지지 않는다.

**[바로알기]** ㄱ. 금속에 힘을 가해 결정이 변형되더라도 부피와 질량이 일정하므로 밀도 또한 일정하다.

ㄷ. 화학 반응이 일어나지 않았으므로 금속의 자유 전자 수는 변하지 않는다. 따라서 전기 전도도도 일정하다.

## 9 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ (가)는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.  
☒ (나)는 분자 결정이다. 공유(원자) 결정  
☒ (가)와 (나)는 모두 연성과 전성이 있다. 없다

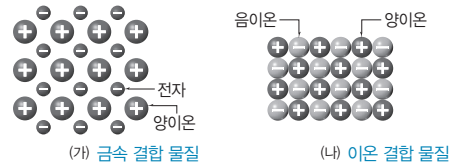
ㄱ. (가)는 이온 결정으로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

**[바로알기]** ㄴ. (나)는 원자들이 전자쌍을 공유하여 형성된 공유(원자) 결정이다.

ㄷ. (가)에 힘을 가하면 힘을 받은 이온 층이 밀려 같은 전하를 띤 이온들 사이에 반발력이 작용하므로 부스러진다. (나)는 매우 단단하여 힘을 가해도 잘 변형되지 않는다.

## 10 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ (가)는 전선의 재료로 사용할 수 있다.  
☒ (나)에 힘을 가해도 부스러지지 않는다.  
☐ (가)와 (나)는 모두 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄱ. (가)는 금속이므로 고체 상태에서 전기 전도성과 연성이 있어 전선의 재료로 사용할 수 있다.

ㄷ. 액체 상태에서 (가)는 자유 전자가, (나)는 이온들이 전하를 운반하므로 전기 전도성이 있다.

**[바로알기]** ㄴ. (나)는 이온 결합 물질로 힘을 가하면 쉽게 부스러진다.

## 11 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### [자료 분석]

물질	녹는점(°C)	끓는점(°C)	전기 전도성	
			고체	액체
A	802	1413	×	○
B	-144	78.8	×	×
C	97.8	882	○	○
D	1670	2250	×	×

- A는 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다. → 이온 결합 물질
- B는 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없고, 녹는점과 끓는점이 비교적 낮다. → 공유 결합 물질(분자 결정)
- C는 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있다. → 금속 결합 물질
- D는 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없고, 녹는점과 끓는점이 높다. → 공유 결합 물질(공유(원자) 결정)

### |선택지 분석|

- ☐ Ⓐ C에는 자유 전자가 있다.
- ☐ Ⓑ A와 C에는 모두 금속 양이온이 있다.
- ☐ Ⓒ B와 D의 화학 결합의 종류는 같다.

ㄱ. C는 금속 결합 물질이므로 자유 전자가 있다.  
 ㄴ. A는 이온 결합 물질로, 금속 양이온과 비금속의 음이온으로 형성된 물질이다. C는 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력으로 결합한 물질이므로 A와 C에는 모두 금속 양이온이 있다.  
 ㄷ. B는 원자 사이의 공유 결합으로 형성된 분자들로 이루어져 있고, D는 원자들이 연속적으로 공유 결합을 형성한다. 따라서 B와 D의 화학 결합은 공유 결합으로 같다.

## 12 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|

물질	녹는점(°C)	색깔	전기 전도성		물질의 종류
			고체	액체	
A	1538	은백색	있음	있음	금속 결합 물질
B	802	흰색	없음	있음	이온 결합 물질
C	113	흑자색	없음	없음	공유 결합 물질 (분자 결정)

### |선택지 분석|

- ☒ Ⓐ A에 힘을 가하면 쉽게 부스러진다. **변형된다**
- ☐ Ⓑ B는 이온 결합 물질이다.
- ☐ Ⓒ C는 분자로 이루어져 있다.

ㄴ. B는 고체 상태에서 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다.  
 ㄷ. C는 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없고, 녹는점이 비교적 낮으므로 분자 결정이다. 즉, C는 분자로 이루어져 있다.  
**바로알기** ㄱ. A는 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있으므로 금속 결합 물질이다. 따라서 A에 힘을 가하면 부스러지지 않고 변형된다.

## 13 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|

실험	(가)	(나)	(다)
실험 장치			
실험 목적	고체의 전기 전도성 확인 → 금속 구별	수용액의 전기 전도성 확인 → 이온 결합 물질 구별	불꽃 반응의 불꽃색 확인 → Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> 등의 금속 이온 구별

### |선택지 분석|

- ☒ Ⓐ (가) ☒ Ⓑ (나) ☒ Ⓒ (다)
- ☒ Ⓓ (가), (나) ☒ Ⓔ (나), (다)

소금은 이온 결합 물질이고, 설탕은 공유 결합 물질이다. 소금은 액체와 수용액 상태에서 전기 전도성이 있지만, 설탕은 액체와 수용액 상태에서 전기 전도성이 없다. 또, 소금에는 나트륨 이온이 포함되어 있어 소금은 노란색의 불꽃 반응색을 나타내고, 설탕은 불꽃 반응색을 나타내지 않는다. 따라서 실험 (나)와 (다)로 소금과 설탕을 구별할 수 있다.

## 14 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|

원자	전자 배치	원자	전자 배치
A	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	C	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup>
B	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>1</sup>	D	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>

- A는 2주기 16족 원소, D는 3주기 17족 원소로 비금속 원소이다.
- B는 3주기 1족 원소, C는 3주기 2족 원소로 금속 원소이다.

### |선택지 분석|

- ☐ Ⓐ 전기 전도도는 B(s)가 CA(s)보다 크다.
- ☐ Ⓑ BD와 CA는 화학 결합의 종류가 같다.
- ☐ Ⓒ AD<sub>2</sub>는 분자로 존재한다.

ㄱ. A는 비금속 원소, B는 금속 원소, C는 금속 원소, D는 비금속 원소이다. 금속 결합 물질인 B는 고체 상태에서 전기 전도성이 있고, 이온 결합 물질인 CA는 고체 상태에서 전기 전도성이 없다. 따라서 전기 전도도는 B(s)가 CA(s)보다 크다.  
 ㄴ. BD와 CA는 모두 금속 원소와 비금속 원소로 이루어진 이온 결합 물질이므로 화학 결합의 종류가 같다.  
 ㄷ. AD<sub>2</sub>는 비금속 원소의 원자가 전자쌍을 공유하여 분자를 형성하므로 분자로 존재하는 물질이다.

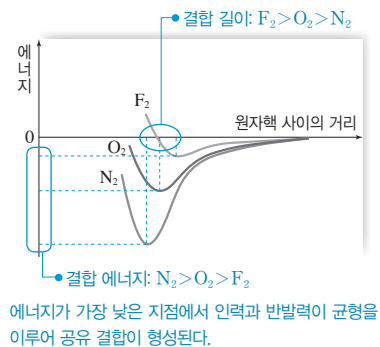
## 수능 3점 공부하기

본책 109쪽~111쪽

- |     |     |     |      |      |      |
|-----|-----|-----|------|------|------|
| 1 ⑤ | 2 ② | 3 ④ | 4 ③  | 5 ⑤  | 6 ⑤  |
| 7 ③ | 8 ④ | 9 ⑤ | 10 ③ | 11 ④ | 12 ⑤ |

## 1 공유 결합의 형성과 에너지

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

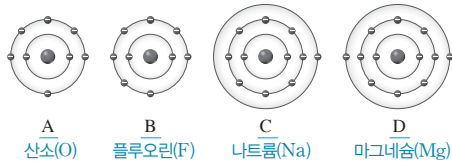
- ☒ Ⓐ 결합 길이는 N<sub>2</sub>가 가장 길다. F<sub>2</sub>
- ☐ Ⓑ 기체 상태의 분자 1몰을 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지는 O<sub>2</sub>가 F<sub>2</sub>보다 크다.
- ☐ Ⓒ 공유 전자쌍 수는 N<sub>2</sub>가 F<sub>2</sub>보다 크다.

ㄴ. 결합 에너지는 O<sub>2</sub>가 F<sub>2</sub>보다 크므로 기체 상태의 분자 1몰을 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지는 O<sub>2</sub>가 F<sub>2</sub>보다 크다.  
 ㄷ. N<sub>2</sub>에는 3중 결합이 있고, F<sub>2</sub>에는 단일 결합이 있으므로 공유 전자쌍 수는 N<sub>2</sub>가 F<sub>2</sub>보다 크다.  
**바로알기** ㄱ. 결합 길이가 가장 긴 것은 원자핵 사이의 거리가 가장 긴 F<sub>2</sub>이다.



## 2 공유 결합 모형과 옥텟 규칙

### [자료 분석]



화합물	(가)	(나)	(다)	(라)
구성 원소	A, B	A, D	B, C	B, D
	$AB_2(O_2F_2)$ , $A_2B_2(O_2F_2)$ 등	$DA(MgO)$	$CB(NaF)$	$DB_2(MgF_2)$

### [선택지 분석]

- ✕ 공유 결합 물질은 2가지이다. 1가지
- ✕ 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 2가지이다. 3가지
- (가)와 (라)에서 각 원자나 이온은 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

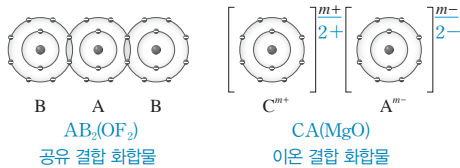
ㄷ. (가)~(라)에서 각 원자와 이온은 모두 네온과 같은 전자 배치를 가지므로 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 ㄱ. 공유 결합 물질은 비금속 원소로 이루어진 (가) 1가지이다.

ㄴ. 금속 원소와 비금속 원소로 이루어진 (나), (다), (라)는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

## 3 화학 결합 모형

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✕  $m$ 은 1이다. 2
- $CB_2$ 는 이온 결합 화합물이다.
- 공유 전자쌍 수는  $A_2$ 가  $B_2$ 의 2배이다.

A는 산소(O), B는 플루오린(F), C는 마그네슘(Mg)이다.

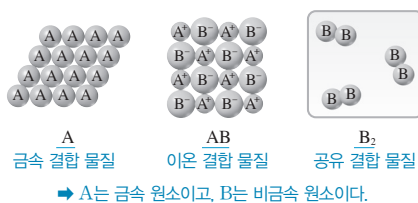
ㄴ.  $CB_2$ 는  $C^{2+}$ 과  $B^-$ 이 1 : 2의 개수비로 결합한 이온 결합 화합물이다.

ㄷ. 공유 전자쌍 수는  $A_2$ 가 2,  $B_2$ 가 1이므로  $A_2$ 가  $B_2$ 의 2배이다.

바로알기 ㄱ. CA에서 C는 전자 2개를 잃고 Ne의 전자 배치를 가지므로 전하가 +2이고, A는 전자 2개를 얻어 Ne의 전자 배치를 가지므로 전하가 -2이다. 따라서  $m=2$ 이다.

## 4 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- AB가 생성될 때 전자는 A에서 B로 이동한다.
- A와 AB는 모두 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
- ✕ AB에서  $A^+$ 과  $B^-$ 의 전자 배치는 같다. 다르다

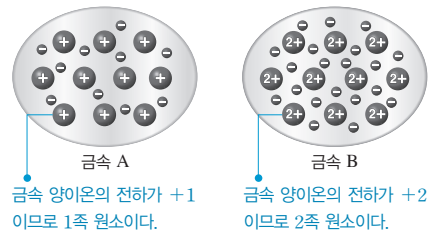
ㄱ. A는 금속 원소이고, B는 비금속 원소이다. 이온 결합 물질인 AB가 생성될 때 전자는 A에서 B로 이동하여 A는 양이온이 되고 B는 음이온이 되며, 양이온과 음이온이 정전기적 인력에 의해 결합한다.

ㄴ. A는 금속 결합 물질이고, AB는 이온 결합 물질이므로 모두 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

바로알기 ㄷ. A는 3주기 금속 원소이고, B는 3주기 비금속 원소이므로 AB에서  $A^+$ 은 Ne과 전자 배치가 같고,  $B^-$ 은 Ar과 전자 배치가 같다.

## 5 금속 결합 모형과 금속의 성질

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- 원자 반지름은 A가 B보다 크다.
- 금속의 녹는점은 B가 A보다 높다.
- 금속 B에 전압을 걸어 주면 자유 전자는 (+)극 쪽으로 이동한다.

ㄱ. 금속 원자가 전자를 내놓고 금속 양이온과 자유 전자가 되며, 금속 양이온의 전하가 A는 +1, B는 +2이므로 A의 원자가 전자 수는 1이고, B의 원자가 전자 수는 2이다. A와 B는 같은 주기 원소이므로 원자 번호는 B가 A보다 크고, 원자 반지름은 원자 번호가 작은 A가 B보다 크다.

ㄴ. 금속 결합력은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 비례한다. 금속 양이온의 반지름이 작고 전하가 큰 B가 A보다 금속 결합력이 크므로 금속의 녹는점은 B가 A보다 높다.

ㄷ. 금속 B에 전압을 걸어 주면 자유 전자는 (+)극 쪽으로 이동하여 전류가 흐른다.

## 6 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### [자료 분석]

- 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 (가)이다.
  - C(다이아몬드),  $I_2$ , KCl, Mg 중에서 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 금속인 Mg이다. → (가): Mg
- 화합물은 (다) 1가지이다.
  - 2가지 이상의 원소로 이루어진 화합물은 KCl이다. → (다): KCl
- 녹는점은 (나)가 (라)보다 높다.
  - 공유 결합인 C(다이아몬드)가 분자 결합인  $I_2$ 보다 녹는점이 높다. → (나): C(다이아몬드), (라):  $I_2$



### |선택지 분석|

- ㉠ (가)에는 자유 전자가 있다.
- ㉡ (나)는 그물 구조를 이룬다.
- ㉢ 액체 상태에서 전기 전도도는 (다)가 (라)보다 크다.

ㄱ. (가)는 금속인 Mg이므로 자유 전자가 있다.  
 ㄴ. (나)는 C(다이아몬드)이며, 다이아몬드는 C 원자가 연속적으로 결합하여 3차원적인 그물 구조를 이룬다.  
 ㄷ. (다)는 이온 결정이고, (라)는 분자 결정이므로 액체 상태에서 전기 전도도는 (다)가 (라)보다 크다.

## 7 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|

Cu는 금속 결정, H<sub>2</sub>O(얼음)은 분자 결정, NaCl은 이온 결정이다.

- A~C 중 녹는점은 A가 가장 낮다.
  - ↳ 금속 결정, 분자 결정, 이온 결정 중 녹는점이 가장 낮은 물질은 분자 결정이다.
    - A: H<sub>2</sub>O(얼음)
- 고체 상태의 전기 전도도는 B>C이다.
  - ↳ 고체 상태에서 전기 전도도는 금속 결정이 이온 결정보다 크다.
    - B: Cu, C: NaCl

### |선택지 분석|

- ㉠ A는 분자 결정이다.
- ㉡ B에 전압을 걸어 주면 금속 양이온은 (-)극 쪽으로 이동한다. 이동하지 않는다
- ㉢ 액체 상태에서 전기 전도도는 C가 A보다 크다.

ㄱ. A는 H<sub>2</sub>O(얼음)으로 분자 결정이다.  
 ㄷ. 액체 상태의 전기 전도도는 이온 결정인 C(NaCl)가 분자 결정인 A(H<sub>2</sub>O(얼음))보다 크다.  
**바로알기** ㄴ. 금속 Cu에 전압을 걸어 주면 금속 양이온은 거의 제자리에서 진동 운동만 하며, 자유 전자가 (+)극 쪽으로 이동한다.

## 8 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|

이온	전자 배치
A <sup>-</sup> , B <sup>2-</sup> , C <sup>2+</sup>	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> → A는 2주기 17족 원소인 F, B는 2주기 16족 원소인 O, C는 3주기 2족 원소인 Mg이다.
D <sup>-</sup> , E <sup>+</sup>	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> → D는 3주기 17족 원소인 Cl, E는 4주기 1족 원소인 K이다.

### |선택지 분석|

- ㉠ 공유 전자쌍 수는 A<sub>2</sub>가 B<sub>2</sub>보다 크다. 작다
- ㉡ 녹는점은 CB가 ED보다 높다.
- ㉢ E는 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있다.

ㄴ. CB는 MgO이고, ED는 KCl이다. 이온의 전하량은 CB가 ED보다 크고, 화합물을 구성하는 이온들의 반지름은 CB가 ED보다 작다. 따라서 이온 결합력은 CB가 ED보다 크므로 녹는점은 CB가 ED보다 높다.  
 ㄷ. E는 금속이므로 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있다.  
**바로알기** ㄱ. A의 원자가 전자 수는 7이고, B의 원자가 전자 수는 6이므로 A<sub>2</sub>에는 단일 결합이, B<sub>2</sub>에는 2중 결합이 있다. 따라서 공유 전자쌍 수는 A<sub>2</sub>가 B<sub>2</sub>보다 작다.

## 9 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|

주기	족	1	2	13	14	15	16	17	18
1									
2		A → Li				B → N		C → F	
3			D → Mg						

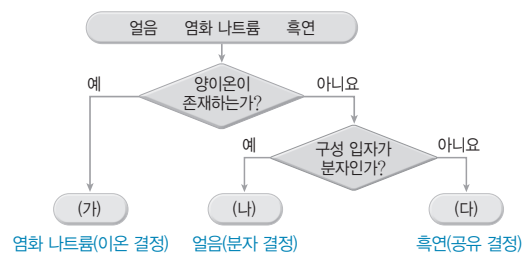
### |선택지 분석|

- ㉠ 공유 전자쌍 수는 B<sub>2</sub>가 C<sub>2</sub>의 3배이다.
- ㉡ 전기 전도도는 D(s)가 AC(s)보다 크다.
- ㉢ C와 D로 이루어진 안정한 화합물의 화학식을 구성하는 원자 수는 3이다.

ㄱ. B와 C의 원자가 전자 수는 각각 5, 7이므로 B<sub>2</sub>에서 각 B 원자는 전자쌍 3개를 공유하고, C<sub>2</sub>에서 각 C 원자는 전자쌍 1개를 공유한다. 따라서 공유 전자쌍 수는 B<sub>2</sub>가 C<sub>2</sub>의 3배이다.  
 ㄴ. D(s)는 금속 결정이고, AC(s)는 금속 원소와 비금속 원소로 이루어진 고체 상태의 이온 결합 물질이다. 따라서 전기 전도도는 D(s)가 AC(s)보다 크다.  
 ㄷ. Ne의 전자 배치를 갖는 C의 이온은 C<sup>-</sup>이고, D의 이온은 D<sup>2+</sup>이다. D<sup>2+</sup>과 C<sup>-</sup>은 1 : 2의 개수비로 결합하여 DC<sub>2</sub>를 형성하므로 화학식의 구성 원자 수는 3이다.

## 10 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|



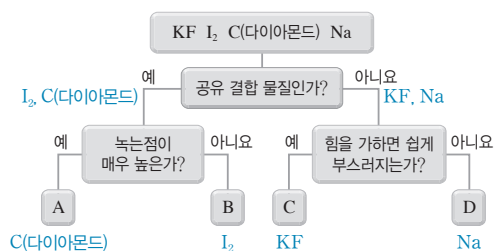
### |선택지 분석|

- ㉠ (가)는 이온 결합 물질이다.
- ㉡ (다)의 구성 입자는 원자이다.
- ㉢ 녹는점은 (나)가 (다)보다 높다. 낮다

ㄱ. (가)는 염화 나트륨(NaCl)으로 이온 결합 물질이다.  
 ㄴ. (다)는 흑연이다. 흑연은 각 탄소 원자가 전자쌍을 공유하여 결합하므로 구성 입자는 원자이다.  
**바로알기** ㄷ. (나)는 분자 결정인 열음이고, (다)는 공유 결정인 흑연이므로 녹는점은 (나)가 (다)보다 낮다.

## 11 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ☒ A의 구성 입자는 분자이다. 원자  
☒ C와 D에는 금속 양이온이 있다.  
☒ 전기 전도도는 D가 B보다 크다.

ㄴ. C는 금속의 양이온과 비금속의 음이온이 결합한 이온 결합 물질이고, D는 금속 양이온과 자유 전자가 결합하여 이루어진 금속 결합 물질이다. 따라서 C와 D에는 모두 금속 양이온이 있다.  
 ㄷ. D는 금속이고, B는 분자로 이루어진 분자 결정이다. 따라서 전기 전도도는 D가 B보다 크다.

**바로알기** ㄱ. A는 공유(원자) 결정으로 구성 입자는 원자이다.

## 12 화학 결합의 종류와 물질의 성질

### |자료 분석|

	Fe	NaCl	I <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> (석영)
--	----	------	----------------	-----------------------

기준 \ 구분	I	II	III	IV
화합물인가?	○	×	○	×
액체 상태에서 전기 전도성이 있는가?	○	○	×	×

- 주어진 물질 중 2가지 이상의 원소로 이루어진 화합물은 NaCl, SiO<sub>2</sub>(석영)이다.
- 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 이온 결정인 NaCl과 금속 결정인 Fe이다.

각각의 기준 I~IV에 해당하는 물질은 다음과 같다.

I	II	III	IV
NaCl	Fe	SiO <sub>2</sub> (석영)	I <sub>2</sub>

### |선택지 분석|

- ☒ NaCl은 I에 속한다.  
☒ II에 속하는 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.  
☒ 녹는점은 III에 속하는 물질이 IV에 속하는 물질보다 높다.

ㄱ. NaCl은 2가지 이상의 원소로 이루어진 화합물이면서 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 I에 속한다.

ㄴ. II에 속하는 물질은 금속 결정인 Fe로 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄷ. III에 속하는 물질은 공유(원자) 결정인 SiO<sub>2</sub>(석영)이고, IV에 속하는 물질은 분자 결정인 I<sub>2</sub>이며, 녹는점은 SiO<sub>2</sub>(석영)이 I<sub>2</sub>보다 높다.

## 11 결합의 극성

### 개념 확인 문제

본책 113쪽, 115쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 ㄴ 3 (1) ○ (2) ○ (3) × 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 5 (1) 4 (2) ㉠ 4 ㉡ 6 (3) 4 6 해설 참조  
 7 (1) × (2) × (3) ○

1 (1) 전기 음성도는 공유 결합을 형성한 두 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘의 크기를 상대적으로 비교하여 정한 값이다.  
 (2) 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아지고, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하여 원자핵과 공유 전자쌍 사이의 인력이 커지기 때문에 전기 음성도가 대체로 커진다.  
 (3) 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커져 원자핵과 공유 전자쌍 사이의 인력이 감소하기 때문에 전기 음성도가 대체로 작아진다.

2 무극성 공유 결합은 전기 음성도가 같은 두 원자 사이의 결합으로, 전자쌍의 치우침이 생기지 않아 분자 내에서 전하가 고르게 분포하는 결합이다. 따라서 무극성 공유 결합을 포함하고 있는 물질은 Cl<sub>2</sub>이다.

3 (1) (가)에서 H 원자 사이의 결합은 전자쌍의 치우침이 생기지 않는 무극성 공유 결합이다.  
 (2) (나)에서 전자쌍은 전기 음성도가 큰 Cl 원자 쪽으로 치우치므로 Cl 원자는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.  
 (3) 결합하는 두 원자 사이의 전기 음성도 차이가 클수록 결합의 이온성이 증가한다. 따라서 결합의 이온성은 (나)가 (다)보다 작다.

4 (1) 루이스 전자점식은 화학 결합을 알아보기 쉽게 나타내기 위한 도구이므로 원자의 루이스 전자점식에서는 원자가 전자만을 점으로 나타낸다.  
 (2) 홀전자는 원자가 전자 중 쌍을 이루지 않은 전자로, 원자가 화학 결합을 할 때 쌍을 이룬다.  
 (3) 루이스 구조는 공유 결합을 간단하게 나타내기 위해 공유 전자쌍은 결합선으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 그대로 나타내거나 생략한 식이다.  
 (4) 루이스 구조에서 단일 결합은 결합선 1개로, 2중 결합은 결합선 2개로, 3중 결합은 결합선 3개로 나타낸다.

5 (1) (가)에서 공유 결합에 관여하지 않고 O에만 속해 있는 전자쌍이 비공유 전자쌍이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 4이다.  
 (2) (가)에서 중심 원자인 C 주위에는 공유 전자쌍이 총 4개 있고, 전자쌍은 두 원자가 같은 개수만큼 내놓은 전자로 만들므로 C의 원자가 전자 수는 4이고, O의 원자가 전자 수는 6이다.  
 (3) (나)에서 공유 전자쌍 수는 총 4이다.

6 (1) 질소는 원자가 전자 수가 5이고, 수소는 원자가 전자 수가 1이므로 암모니아(NH<sub>3</sub>)에는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있다.

(2) 칼슘 원자에서 산소 원자로 전자 2개가 이동하여 칼슘 이온( $\text{Ca}^{2+}$ )과 산화 이온( $\text{O}^{2-}$ )을 형성한 후 결합하여 산화 칼슘( $\text{CaO}$ )을 생성한다.

**모범답안**

물질	(1) 암모니아( $\text{NH}_3$ )	(2) 산화 칼슘( $\text{CaO}$ )
루이스 전자점식	$\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}$ $\text{H}$	$[\text{Ca}]^{2+}[\ddot{\text{O}}:]^{2-}$

- 7** (1) 마그네슘 이온( $\text{Mg}^{2+}$ )은 마그네슘( $\text{Mg}$ ) 원자가 전자 2개를 잃고 형성된 이온이므로 마그네슘 원자보다 전자 2개가 적다.  
 (2) 산화 이온( $\text{O}^{2-}$ )은 산소( $\text{O}$ ) 원자가 전자 2개를 얻어 형성된 이온이고, 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 8이므로 산소 원자의 원자가 전자 수는 6이다.  
 (3) 마그네슘 이온과 산화 이온은 모두 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 8이므로 옥텟 규칙을 만족한다.

## 수능 자료 마스터

본책 116쪽~117쪽

자료 A 1 ⑤

자료 B 2 ①

자료 C 3 ⑤

자료 D 4 ②

- 1** ㄱ. 같은 족에서는 주기가 클수록 전기 음성도가 대체로 감소하므로 같은 15족 원소인 C와 D 중 전기 음성도가 큰 C는 2주기 원소이고, 전기 음성도가 작은 D는 3주기 원소이다. 따라서 A, B, C는 2주기 원소, D, E는 3주기 원소이다.  
 ㄴ. B와 E는 비금속 원소이므로 B와 E로 이루어진 화합물은 공유 결합 물질이다.  
 ㄷ.  $\text{CE}_3$ 는 전기 음성도가 다른 두 원자 C와 E 사이의 공유 결합으로 생성되므로  $\text{CE}_3$ 에는 극성 공유 결합이 있다.

- 2** ㄱ.  $\text{F}_2$ 은 같은 종류의 원자 사이의 결합인 무극성 공유 결합을 하므로 (a)와 같은 결합을 한다.

**바로알기** ㄴ.  $\text{KF}$ 은 두 원자 사이의 전기 음성도 차이가 커서 이온 결합을 하므로 (c)와 같은 결합을 한다.

ㄷ. 영역 II에 속하는 화합물들은 극성 공유 결합을 하므로 (b)와 같은 결합을 한다.

- 3** 2주기 원소인 A~D 중 원자가 전자 수가 1인 A는 리튬(Li), 원자가 전자 수가 3인 B는 붕소(B), 원자가 전자 수가 6인 C는 산소(O), 원자가 전자 수가 7인 D는 플루오린(F)이다.

ㄱ. C 원자의 원자가 전자 수는 6이므로 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해 C 원자 2개는 각각 전자를 2개씩 내놓아 전자쌍 2개를 만들어 공유 결합을 형성한다. 따라서  $\text{C}_2$ 의 공유 전자쌍 수는 2이다.

ㄴ.  $\text{BD}_3$ 에는 전기 음성도의 차이가 있는 B 원자와 D 원자 사이의 결합이 있으므로 극성 공유 결합이 있다.

ㄷ. 같은 주기에서 전기 음성도는 원자 번호가 커질수록, 즉 원자가 전자 수가 커질수록 대체로 커지므로 전기 음성도는  $\text{A} < \text{B} < \text{C} < \text{D}$ 이다. 두 원자의 전기 음성도 차이는 A와 D가 C와 D보다 크므로 결합의 이온성은 AD가  $\text{CD}_2$ 보다 크다.

- 4** (가)에서 A의 원자가 전자 수는 6, B의 원자가 전자 수는 4, (나)에서 C의 원자가 전자 수는 7이므로 A는 산소(O), B는 탄소(C), C는 플루오린(F)이다.

ㄴ. (가)에서 공유 전자쌍 수는 4이고, (나)에서 공유 전자쌍 수는 2이므로 공유 전자쌍 수는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

**바로알기** ㄱ. A~C의 원자 번호는  $\text{B} < \text{A} < \text{C}$ 이다. 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 대체로 커지므로 A~C의 전기 음성도는  $\text{B} < \text{A} < \text{C}$ 이다.

ㄷ. 전기 음성도가  $\text{B} < \text{A} < \text{C}$ 이므로 A는 (가)에서는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠는 반면, (나)에서는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

## 수능 2점 다지기

본책 118쪽~120쪽

1 ③

2 ⑤

3 ①

4 ③

5 ⑤

6 ①

7 ③

8 ③

9 ③

10 ③

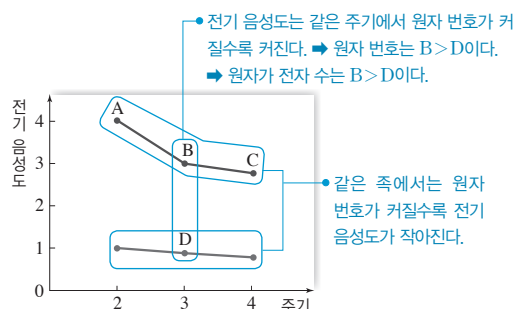
11 ②

12 ③

13 ④

## 1 전기 음성도의 주기성

[자료 분석]



[선택지 분석]

- ㄱ. 같은 족 원소에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 작아진다. ☐
- ㄴ. 원자가 전자 수는 B가 D보다 크다. ☒
- ㄷ. 쌍극자 모멘트는  $\text{A}_2$ 가 BC보다 크다. 작다 ☒

ㄱ. A, B, C는 같은 족 원소이고, 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 작아진다.

ㄴ. 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 커진다. 따라서 3주기에 속하는 B와 D에서 원자가 전자 수는 B가 D보다 크다.

**바로알기** ㄷ.  $\text{A}_2$ 는 같은 종류의 원자 사이의 결합에 의해 형성되므로 무극성 공유 결합을 한다. 또, BC는 서로 다른 종류의 원자 사이의 결합에 의해 형성되므로 극성 공유 결합을 한다. 따라서 쌍극자 모멘트는 BC가  $\text{A}_2$ 보다 크다.

## 2 전기 음성도의 주기성

[선택지 분석]

- ㄱ. A~E 중 원자가 전자 수는 A가 가장 작다. ☒
- ㄴ.  $\text{C}_2$ 는 쌍극자 모멘트가 0이다. ☒
- ㄷ.  $\text{DE}_2$ 에서 D 원자는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다. ☒

ㄱ. 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 대체로 전기 음성도가 커지므로 주어진 원소의 원자 번호는  $A < B < C < D < E$ 이다. 따라서 원자가 전자 수는 A가 가장 작다.

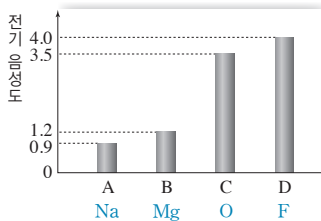
ㄴ.  $C_2$ 는 같은 종류의 원자 사이의 결합으로 형성되므로 무극성 공유 결합을 한다. 따라서  $C_2$ 의 쌍극자 모멘트는 0이다.

ㄷ.  $DE_2$ 에서 전기 음성도는  $E > D$ 이므로 공유 전자쌍은 E 원자 쪽에 치우쳐 있다. 따라서 D 원자는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

### 3 전기 음성도의 주기성

#### |자료 분석|

같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록, 같은 족에서는 원자 번호가 작을수록 전기 음성도가 커진다.  $\rightarrow$  O, F, Na, Mg의 전기 음성도는  $F > O > Mg > Na$ 이다.



#### |선택지 분석|

- ☒ A와 D가 결합한 화합물의 화학식은 AD이다.
- ☒ B와 D가 결합한 화합물은 공유 결합 화합물이다. 이온
- ☒  $C_2$ 에는 1개의 공유 전자쌍이 있다. 2개

ㄱ. A는 Na, D는 F이므로 A와 D가 결합한 화합물의 화학식은 AD(NaF)이다.

**바로알기** ㄴ. B는 Mg, D는 F이므로 B와 D가 결합한 화합물은 이온 결합 화합물이다.

ㄷ. C는 O로 비활성 기체의 전자 배치를 갖기 위해 전자 2개가 필요하므로  $C_2$ 에는 2중 결합이 있다. 즉, 2개의 공유 전자쌍이 있다.

### 4 전기 음성도의 주기성

#### |자료 분석|

- 원자 반지름은 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 작아지고, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 커진다.  $\rightarrow$  원자 반지름:  $K > S > Cl$
- 원자 반지름:  $X > Y$
- 전기 음성도:  $Z > Y$
- 전기 음성도는 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록, 같은 족에서는 원자 번호가 작을수록 대체로 커진다.  $\rightarrow$  전기 음성도:  $Cl > S > K$
- X는 K, Y는 S, Z는 Cl이다.

#### |선택지 분석|

- ☒ Z와 X의 원자가 전자 수의 차는 6이다.
- ☒  $YZ_2$ 에는 극성 공유 결합이 있다.
- ☒ 화합물 XZ에서 결합의 이온성은 0이다. 50 % 이상

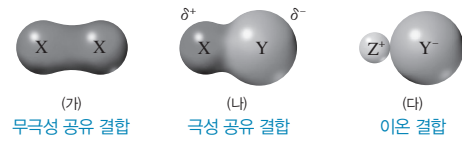
ㄱ. Z의 원자가 전자 수는 7이고, X의 원자가 전자 수는 1이다. 따라서 Z와 X의 원자가 전자 수의 차는 6이다.

ㄴ.  $YZ_2$ 에는 전기 음성도가 다른 Y 원자와 Z 원자 사이의 극성 공유 결합이 있다.

**바로알기** ㄷ. 화합물 XZ는 금속 원소와 비금속 원소로 이루어진 이온 결합 물질이므로 결합의 이온성이 50 % 이상이다.

### 5 결합의 극성과 쌍극자 모멘트

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ☒ (가)에서 X 원자 사이의 결합은 무극성 공유 결합이다.
- ☒ 결합의 쌍극자 모멘트는 (나)가 (가)보다 크다.
- ☒ 결합의 이온성은 (다)가 (나)보다 크다.

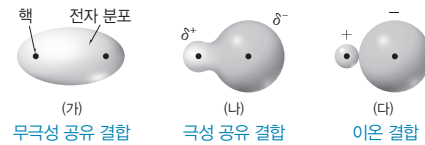
ㄱ. (가)에서 X 원자 사이의 결합은 같은 종류의 원자 사이의 결합이므로 무극성 공유 결합이다.

ㄴ. (가)는 무극성 공유 결합을 하므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다. (나)는 부분적인 전하를 띠므로 극성 공유 결합을 하며, 결합의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트는 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. (다)는 양이온과 음이온이 결합한 이온 결합 물질이다. 따라서 결합의 이온성은 (다)가 (나)보다 크다.

### 6 결합의 극성과 쌍극자 모멘트

#### |자료 분석|



원자	A H	B Na	C Cl
전자 배치	$1s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

#### |선택지 분석|

- ☒  $C_2$ 는 (가)와 같은 결합을 한다.
- ☒ AC는 (다)와 같은 결합을 한다. (나)
- ☒ BC에서 B는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다. (+)전하

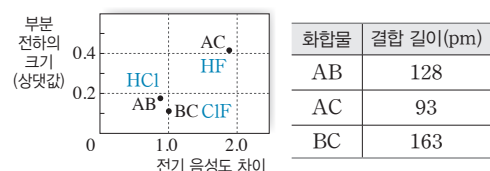
ㄱ.  $C_2$ 는 전기 음성도가 같은 비금속 원소의 원자가 결합한 것이므로 (가)와 같은 무극성 공유 결합을 한다.

**바로알기** ㄴ. AC는 HCl이므로 (나)와 같은 극성 공유 결합을 한다.

ㄷ. BC(NaCl)에서 B(Na)는 (+)전하를 띤다.

### 7 전기 음성도와 쌍극자 모멘트

#### |자료 분석|



원자 반지름은  $Cl > F > H$ 이므로 결합 길이가 가장 짧은 AC는 HF이고, 결합 길이가 가장 긴 BC는 ClF이다.

$\rightarrow$  A는 H, B는 Cl, C는 F이다.

#### |선택지 분석|

- ☒ AC는 공유 결합 화합물이다.
- ☒ 쌍극자 모멘트는  $AC > AB$ 이다.
- ☒ 전기 음성도는  $C > A > B$ 이다.  $C > B > A$

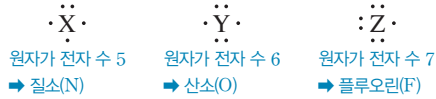
ㄱ. AC는 HF로 비금속 원소들이 결합하여 형성된 물질이므로 공유 결합 화합물이다.

ㄴ. AC와 AB의 쌍극자 모멘트의 상댓값은 각각 약  $0.4 \times 93 = 37.2$ , 약  $0.2 \times 128 = 25.6$ 이다. 따라서 쌍극자 모멘트는  $AC > AB$ 이다.

바로알기 ㄷ. 전기 음성도는  $C(F) > B(Cl) > A(H)$ 이다.

## 8 원자의 루이스 전자점식

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ 공유 전자쌍 수는  $X_2$ 가  $Y_2$ 보다 크다.  
☒  $YZ_2$ 에서 Y와 Z는 무극성 공유 결합을 한다. **극성**  
☐ 결합의 극성은  $X-Z$ 가  $Y-Z$ 보다 크다.

ㄱ. X의 원자가 전자 수는 5이므로 X가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖기 위해 필요한 전자 수는 3이다. 따라서  $X_2$ 에는 3중 결합이 있다. Y의 원자가 전자 수는 6이므로 Y가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖기 위해 필요한 전자 수는 2이다. 따라서  $Y_2$ 에는 2중 결합이 있고, 공유 전자쌍 수는  $X_2$ 가  $Y_2$ 보다 크다.

ㄷ. 전기 음성도는  $Z > Y > X$ 이므로 두 원자의 전기 음성도 차이는  $X-Z$ 가  $Y-Z$ 보다 크다. 따라서 결합의 극성은  $X-Z$ 가  $Y-Z$ 보다 크다.

바로알기 ㄴ.  $YZ_2$ 에서 Y와 Z 사이의 결합은 서로 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 결합으로 극성 공유 결합이다.

## 9 분자의 루이스 전자점식

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 1      ☒ 2      ☒ 3  
☒ 4      ☒ 6

$NH_3$ 에서 두 원자 사이의 결합에 관여하는 전자쌍 수는 3이다.

## 10 분자의 루이스 전자점식

### [자료 분석]



- 두 화합물 모두 서로 다른 원자가 공유 결합을 하고 있다. → 극성 공유 결합이 있다.  
 • 전기 음성도는  $F > O > H$ 이다. → O는  $H_2O$ 에서는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠지만,  $OF_2$ 에서는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

### [선택지 분석]

- ☐ 극성 공유 결합이 있다.  
☒ 산소 원자는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다. →  $H_2O$ 만 해당  
☐ 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있다.

ㄱ. 두 화합물 모두 서로 다른 원자가 공유 결합을 하고 있으므로 극성 공유 결합이 있다.

ㄷ. 두 화합물 모두 중심 원자인 O 원자에 비공유 전자쌍이 2개씩 있다.

바로알기 ㄴ. 전기 음성도는  $F > O > H$ 이므로 O는  $H_2O$ 에서는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고,  $OF_2$ 에서는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

## 11 분자의 루이스 구조

### [선택지 분석]

- ☒ (다)는 이온 결합 물질이다. **공유**  
☐ 결합의 극성은 (가)가 (나)보다 크다.  
☒ 분자에 있는 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)보다 크다. (가와 (나)가 같다)

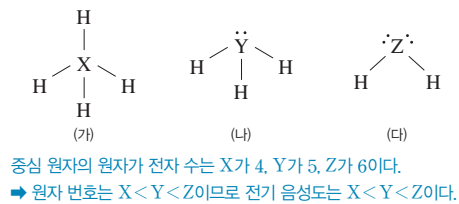
ㄴ. 전기 음성도는  $Cl > Br > H$ 이므로 두 원자의 전기 음성도 차이는 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 결합의 극성은 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 ㄱ. (다)는 비금속 원소의 원자가 전자쌍을 공유하여 형성된 공유 결합 물질이다.

ㄷ. H 원자는 원자가 전자 수가 1이고, Cl와 Br은 원자가 전자 수가 7이다. 분자를 형성할 때 H에는 비공유 전자쌍이 없고, Cl와 Br에는 비공유 전자쌍이 3개씩 있으므로 분자에 있는 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다.

## 12 분자의 루이스 구조

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ 전기 음성도는  $Y > X$ 이다.  
☐  $Y_2$ 에는 3중 결합이 있다.  
☒ 결합의 극성은  $H-X$ 가  $H-Z$ 보다 크다. **작다**

ㄱ. 2주기 원소인 X와 Y의 원자 번호는 Y가 X보다 크므로 전기 음성도는  $Y > X$ 이다.

ㄴ. Y의 원자가 전자 수는 5이므로 Y가 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자 수는 3이다. 따라서  $Y_2$ 에는 3중 결합이 있다.

바로알기 ㄷ. 전기 음성도는  $Z > X$ 이므로 결합의 극성은  $H-X$ 가  $H-Z$ 보다 작다.

## 13 분자의 루이스 구조와 쌍극자 모멘트

### [자료 분석]

화합물	분자식	비공유 전자쌍 수
(가)	$XH_4$	0
(나)	$YH_3$	1
(다)	$X_2H_2$	0

- (가)에서 중심 원자 X에 결합한 H 원자 수가 4이므로 공유 전자쌍 수는 4이고, 비공유 전자쌍이 없으므로 X의 원자가 전자 수는 4이다. → X는 탄소(C)이다.  
 • (나)에서 중심 원자 Y에 결합한 H 원자 수가 3이고, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 Y의 원자가 전자 수는 5이다. → Y는 질소(N)이다.



### |선택지 분석|

- ☒ (가)에서 X는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다. **부분적인 음전하( $\delta^-$ )**  
☐ 전기 음성도는  $Y > X$ 이다.  
☐ (다)에는 3중 결합이 있다.

ㄴ. 2주기 원소인 X(C)와 Y(N)에서 원자 번호는 Y가 X보다 크므로 전기 음성도는  $Y > X$ 이다.

ㄷ. X는 탄소(C)이므로 화합물 (다)의 화학식은  $C_2H_2$ 로 루이스 구조는  $H-C \equiv C-H$ 이다. 따라서 (다)에는 3중 결합이 있다.

**바로알기** ㄱ. 전기 음성도는 X(C)가 H보다 크므로 (가)에서 X는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

### 수능 3점 공부하기

본책 121쪽~123쪽

- 1 ③    2 ④    3 ②    4 ③    5 ②    6 ②  
 7 ②    8 ③    9 ④    10 ①    11 ④    12 ①

## 1 전기 음성도와 결합의 극성

### |자료 분석|

원소	A Na	B N	C S	D F
$a-b$	0	2	4	6
$a$	1	5	6	7
$b$	1	3	2	1

### |선택지 분석|

- ☐ 전기 음성도가 가장 큰 원소는 D이다.  
☐ B<sub>2</sub>에는 무극성 공유 결합이 있다.  
☒ 결합의 이온성은 BD<sub>3</sub>이 A<sub>2</sub>C보다 **크다. 작다**

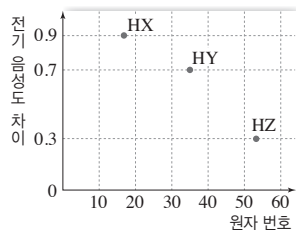
ㄱ. 주어진 원소 중 전기 음성도가 가장 큰 원소는 D(F)이다.

ㄴ. B<sub>2</sub>(N<sub>2</sub>)에는 같은 종류의 두 원자 사이의 결합인 무극성 공유 결합이 있다.

**바로알기** ㄷ. BD<sub>3</sub>(NF<sub>3</sub>)은 비금속 원소의 원자가 결합한 공유 결합 물질이고, A<sub>2</sub>C(Na<sub>2</sub>S)는 금속 원소와 비금속 원소가 결합한 이온 결합 물질이므로 결합의 이온성은 BD<sub>3</sub>이 A<sub>2</sub>C보다 작다.

## 2 전기 음성도와 결합의 극성

### |자료 분석|



- 전기 음성도 차이가 클수록 할로젠의 전기 음성도가 크다.
- 전기 음성도:  $X > Y > Z$
- 할로젠에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 작아진다.
- 원자 번호:  $X < Y < Z$

### |선택지 분석|

- ☒ X~Z 중 원자 반지름은 X가 가장 **크다. 작다**  
☐ 결합의 쌍극자 모멘트는 HX가 HY보다 크다.  
☐ HZ에서 Z는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

ㄴ. X~Z의 전기 음성도는  $X > Y > Z$ 이므로 결합의 쌍극자 모멘트는 HX가 HY보다 크다.

ㄷ. 전기 음성도는  $Z > H$ 이므로 HZ에서 전자쌍은 Z 원자 쪽에 치우친다. 따라서 Z는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

**바로알기** ㄱ. X~Z 중 X의 원자 번호가 가장 작으므로 원자 반지름은 X가 가장 작다.

## 3 전기 음성도의 주기성

### |자료 분석|

전기 음성도 차이				
$ a-c $	$ a-e $	$ b-c $	$ b-d $	$ d-e $
1.0	0.5	2.8	0.3	2.6

주어진 원소 N, O, F, Na, Mg의 전기 음성도는  $F > O > N > Mg > Na$ 이다.

→ A는 N, B는 Mg, C는 F, D는 Na, E는 O이다.

### |선택지 분석|

- ☒ N의 전기 음성도는 c이다. **a**  
☐ B와 E는 1 : 1의 개수비로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.  
☒ Ne과 같은 전자 배치를 갖는 A~E의 이온 중 이온 반지름이 가장 작은 원소는 D이다. **B**

주어진 원소의 전기 음성도는  $F > O > N > Mg > Na$ 이다.

만약 F의 전기 음성도가  $a$ 라면  $|a-c|=1.0$ ,  $|a-e|=0.5$ 이므로  $c$ 는 N,  $e$ 는 O의 전기 음성도이다. 따라서  $a=4.0$ ,  $c=3.0$ ,  $e=3.5$ 가 되고,  $|b-c|=2.8$ 이므로  $b=0.2$ ,  $|d-e|=2.6$ 이므로  $d=0.9$ 가 된다. 그런데  $|b-d|$ 의 조건을 만족하지 못하므로 F의 전기 음성도는  $a$ 가 아니다.

N의 전기 음성도가  $a$ 라면  $|a-c|=1.0$ ,  $|a-e|=0.5$ 이므로  $c$ 는 F,  $e$ 는 O의 전기 음성도이다. 따라서  $a=3.0$ ,  $c=4.0$ ,  $e=3.5$ 가 되고,  $|b-c|=2.8$ 이므로  $b=1.2$ ,  $|d-e|=2.6$ 이므로  $d=0.9$ 가 되어  $|b-d|=0.3$ 의 조건을 만족한다.

따라서 A는 N, B는 Mg, C는 F, D는 Na, E는 O이다.

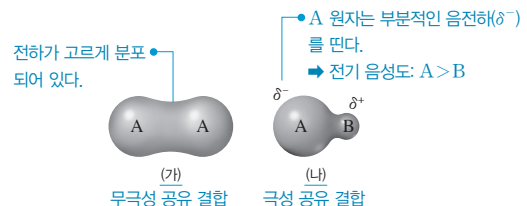
ㄴ. B는 Mg이고, E는 O이므로 B와 E는 1 : 1의 개수비로 결합하여 이온 결합 물질인 BE(MgO)를 형성한다.

**바로알기** ㄱ. N의 전기 음성도는  $a$ 이다.

ㄷ. Ne과 같은 전자 배치를 갖는 A~E의 이온 중 원자핵의 전하량이 가장 큰 원소는 Mg이므로 이온 반지름이 가장 작은 원소는 B이다.

## 4 결합의 극성과 쌍극자 모멘트

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ☐ (가)에는 무극성 공유 결합이 있다.  
☐ 전기 음성도는 A가 B보다 크다.  
☒ F<sub>2</sub>은 (나)와 같은 결합을 한다. **(가)**

ㄱ. (가)는 같은 종류의 두 원자가 공유 결합을 하고 있으므로 무극성 공유 결합이 있다.

ㄴ. (나)에서 A 원자는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠므로 전기 음성도는 A가 B보다 크다.

**바로알기** ㄷ.  $F_2$ 은 같은 종류의 원자가 결합하여 형성되므로 (가)와 같은 무극성 공유 결합을 한다.

## 5 전기 음성도와 쌍극자 모멘트

### [자료 분석]

#### [가설]

• 극성 공유 결합에서 ㄱ

#### [활동]

전기 음성도가 더 큰 원자가 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

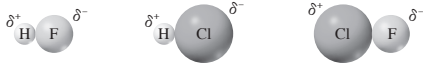
• H, F, Cl의 전기 음성도를 찾아 크기를 비교한다.

• HF, HCl, ClF의 부분적인 양전하( $\delta^+$ )와 부분적인 음전하( $\delta^-$ )가 표시된 그림을 찾는다.

#### [결과]

• 전기 음성도의 크기:  $F > Cl > H$

• HF, HCl, ClF에서  $\delta^+$ 와  $\delta^-$ 가 표시된 그림



### [선택지 분석]

- ☒ ① 크기가 더 작은 원자가 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.
- ☒ ② 전기 음성도가 더 큰 원자가 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.
- ☒ ③ Cl은 어떤 원자와 결합하여도 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.
- ☒ ④ 원자 간 원자량 차이가 커지면 전기 음성도 차이는 커진다.
- ☒ ⑤ 전기 음성도의 차이가 커지면 부분적인 전하의 크기는 작아진다.

② 전기 음성도는  $F > Cl > H$ 이고, HF, HCl, ClF에서  $\delta^+$ 와  $\delta^-$ 가 표시된 그림을 통해 전기 음성도가 더 큰 원자가 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ① ClF에서 크기가 더 큰 Cl가 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

③ Cl가 F와 결합하면 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

④ 자료에는 원자량이 제시되어 있지 않다.

⑤ 자료에는 부분적인 전하의 크기가 제시되어 있지 않다.

## 6 전기 음성도의 주기성

### [자료 분석]

화합물	결합 길이(pm)	성분 원소의 전기 음성도 차이
A	92	1.9
B	130	0.9
C	140	$x < 0.9$

할로젠화 수소( $H-X$ , X는 할로젠)에서 결합 길이가 길수록 X의 원자 반지름이 커진다.  $\rightarrow$  X의 원자 반지름이 커질수록 원자 번호가 커지므로 전기 음성도가 작아진다.

### [선택지 분석]

- ☒ 분자량은 A가 B보다 크다. **작다**
- ☒  $x < 0.9$ 이다.
- ☒ 결합의 쌍극자 모멘트는 C가 B보다 크다. **작다**

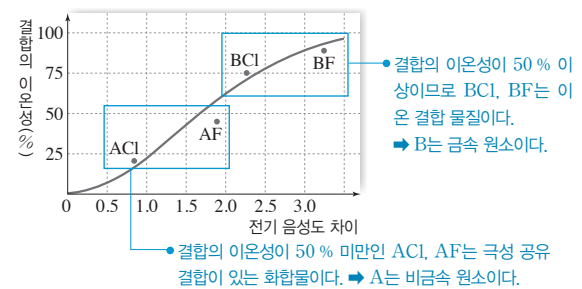
ㄴ. C를 구성하는 할로젠의 원자 번호는 B를 구성하는 할로젠의 원자 번호보다 크다. 따라서 성분 원소의 전기 음성도 차이는 C가 B보다 작으므로  $x < 0.9$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 할로젠화 수소에서 결합 길이가 길수록 할로젠의 원자 반지름이 크고, 할로젠의 원자 반지름이 클수록 원자량이 커지므로 분자량은 A가 B보다 작다.

ㄷ. 성분 원소의 전기 음성도 차이는 C가 B보다 작으므로 결합의 쌍극자 모멘트는 C가 B보다 작다.

## 7 결합의 이온성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 전기 음성도는 A가 B보다 작다. **크다**
- ☒ ACl에는 무극성 공유 결합이 있다. **극성**
- ☒ BA는 이온 결합 물질이다.

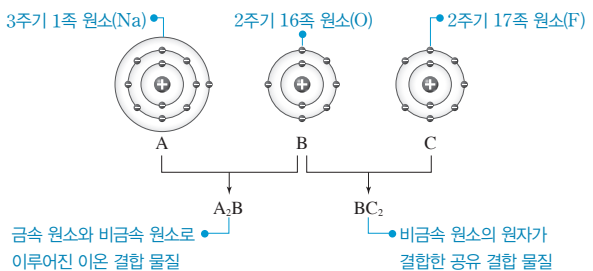
ㄷ. 결합의 이온성이 50% 미만인 ACl과 AF에는 극성 공유 결합이 있으므로 A는 비금속 원소이다. 또, 결합의 이온성이 50% 이상인 BCl과 BF는 이온 결합 물질이므로 B는 금속 원소이다. 따라서 BA는 금속 원소와 비금속 원소로 이루어진 이온 결합 물질이다.

**바로알기** ㄱ. AF와 BF에서 두 원자 사이의 전기 음성도 차이는  $BF > AF$ 이므로 전기 음성도는 A가 B보다 크다.

ㄴ. ACl에서 결합의 이온성이 0보다 크고 50%보다 작으므로 ACl에는 극성 공유 결합이 있다.

## 8 전자 배치 모형과 결합의 극성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒  $A_2B$ 와  $BC_2$ 에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.
- ☒  $BC_2$ 에는 극성 공유 결합이 있다.
- ☒ 결합의 이온성은  $BC_2$ 가  $A_2B$ 보다 크다. **작다**

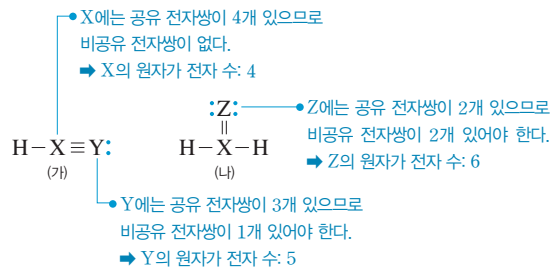
ㄱ.  $A_2B$ 와  $BC_2$ 에서 모든 원자의 전자 배치는 Ne와 같으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ.  $BC_2$ 에서 B 원자와 C 원자 사이의 결합은 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 결합으로 극성 공유 결합이다.

**바로알기** ㄷ. A는 3주기 1족 원소로 금속 원소이고, B와 C는 각각 2주기 비금속 원소이므로  $A_2B$ 는 이온 결합 물질이고,  $BC_2$ 는 공유 결합 물질이다. 따라서 결합의 이온성은  $BC_2$ 가  $A_2B$ 보다 작다.

## 9 분자의 루이스 구조

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✕ 공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 크다. (가)와 (나)가 같다  
 Ⓐ 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)보다 크다.  
 Ⓑ (가)와 (나)에는 모두 극성 공유 결합이 있다.

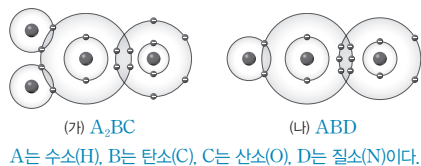
나. (가)는 Y 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있고, (나)는 Z 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)보다 크다.

다. (가)와 (나)에는 서로 다른 두 원자 사이의 공유 결합이 있으므로 모두 극성 공유 결합이 있다.

바로알기 ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 4로 같다.

## 10 화학 결합 모형과 결합의 극성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- Ⓐ 전기 음성도는 C가 D보다 크다.  
 ✕ 비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수 는 (나)가 (가)보다 크다. 작다  
 ✕ (가)와 (나)에는 모두 무극성 공유 결합이 있다. 없다

ㄱ. C는 산소(O)이고, D는 질소(N)이므로 전기 음성도는 C가 D보다 크다.

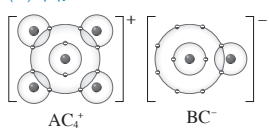
바로알기 나. (가)에서 공유 전자쌍 수는 4이고, 비공유 전자쌍 수는 2이다. (나)에서 공유 전자쌍 수는 4이고, 비공유 전자쌍 수는 1이다. 따라서  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$  는 (나)가 (가)보다 작다.

다. (가)와 (나)에서 두 원자 사이의 공유 결합은 모두 서로 다른 원자 사이의 결합이므로 모두 극성 공유 결합이다.

## 11 화학 결합 모형과 결합의 극성

### [자료 분석]

A는 질소(N), B는 산소(O), C는 수소(H)이다.



물질	구성 원자 수		
	A	B	C
(가)	0	1	2
(나)	1	0	3
(다)	0	2	0

- (가)는 H 원자와 O 원자가 결합한  $\text{H}_2\text{O}$ 이다.  
 • (나)는 N 원자와 H 원자가 결합한  $\text{NH}_3$ 이다.  
 • (다)는 O 원자 2개가 결합한  $\text{O}_2$ 이다.

### [선택지 분석]

- ✕ 전기 음성도는 A가 B보다 크다. 작다  
 Ⓐ (다)에는 무극성 공유 결합이 있다.  
 Ⓑ 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이다.

루이스 전자점식으로부터 원자가 전자 수를 유추해 보면 A는 질소(N), B는 산소(O), C는 수소(H)이다.

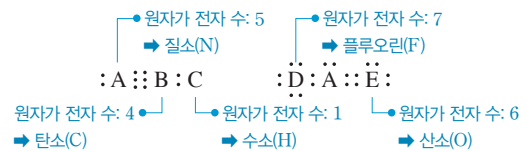
나. (다)는 B 원자 2개가 결합한 이원자 분자이므로 무극성 공유 결합이 있다.

다. (가)는  $\text{H}_2\text{O}$ 로 비공유 전자쌍 수는 2이고, (나)는  $\text{NH}_3$ 로 비공유 전자쌍 수는 1이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이다.

바로알기 ㄱ. 전기 음성도는 A(N)가 B(O)보다 작다.

## 12 분자의 루이스 전자점식

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- Ⓐ 두 분자 모두 극성 공유 결합이 있다.  
 ✕ 두 분자에서 A는 모두 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.  
 ✕ 바닥상태인 D의 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 7이다. 5

원자가 전자 수가 A는 5이므로 질소(N), B는 4이므로 탄소(C), C는 1이므로 수소(H), D는 7이므로 플루오린(F), E는 6이므로 산소(O)이다.

ㄱ. ABC와 DAE는 모두 서로 다른 원자들의 결합으로 이루어져 있으므로 두 분자 모두 극성 공유 결합이 있다.

바로알기 나. 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 대체로 커지므로 전기 음성도는  $\text{D} > \text{E} > \text{A} > \text{B}$ 이다. 따라서 ABC에서 A는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤고, DAE에서 A는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

다. D는 2주기 원소이고 원자가 전자 수가 7이므로 바닥상태의 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^3$ 이다. 따라서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 5이다.

## 12 분자의 구조와 성질

### 개념 확인 문제

본책 125쪽, 127쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○    2 (1) ○ (2) ○ (3) ×    3 (1) 정사면체  
(2) 삼각뿔형 (3) 크다    4 (1) × (2) ○ (3) ×    5 (1) L, D, R  
(2) 7, 8 (3) 7, 8    6 (1) × (2) × (3) ○    7 (1) (나), (다)  
(2) (나) 수소(H), (다) 수소(H)

1 (1), (2) 전자쌍들은 같은 (-)전하를 띠고 있어 가능한 한 가장 멀리 떨어져 있으려 하므로 중심 원자 주위에 있는 전자쌍 수에 따라 전자쌍의 배열이 다르다.

(3) 분자의 구조에 따라 결합각은 서로 다르다.

2 (1) 풍선 모형에서 풍선은 전자쌍을 비유한 것이다.

(2) (가)에서 전자쌍의 배열이 직선형이므로 중심 원자에 있는 전자쌍 수는 2이다.

(3) 전자쌍의 배열이 (나)에서는 평면 삼각형이고, (다)에서는 정사면체이므로 중심 원자에 있는 전자쌍 수는 (나)가 3, (다)가 4로 (나)가 (다)보다 작다.

3 (1) 중심 원자의 공유 전자쌍 수가 4, 중심 원자에 결합한 원자 수가 4인 분자에서는 반발하는 전자쌍의 위치가 4군데이므로 전자쌍은 정사면체로 배열한다. 따라서 분자 구조는 정사면체이다.  
(2)  $\text{NF}_3$ 에서 중심 원자인 N 원자 주위에는 공유 전자쌍 3개, 비공유 전자쌍 1개가 있다. 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로  $\text{NF}_3$ 의 분자 구조는 삼각뿔형이다.

(3)  $\text{NH}_3$ 의 분자 구조는 삼각뿔형으로 결합각은  $107^\circ$ 이고,  $\text{H}_2\text{O}$ 의 분자 구조는 굽은 형으로 결합각은  $104.5^\circ$ 이다. 따라서 결합각은  $\text{NH}_3$ 가  $\text{H}_2\text{O}$ 보다 크다.

4 (1), (3) 극성 공유 결합이 있는 분자이더라도 분자의 구조가 결합의 극성을 상쇄하는 대칭적인 구조를 갖는 분자는 무극성 분자이다.

(2) 무극성 공유 결합을 하는 이원자 분자는 결합의 쌍극자 모멘트가 0이므로 모두 무극성 분자이다.

5 (1) 대칭 구조인 분자는 직선형 구조인  $\text{CO}_2$ 와  $\text{BeF}_2$ , 정사면체 구조인  $\text{CH}_4$ 이다.

(2) 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 분자는 비대칭 구조인 극성 분자로 굽은 형 구조인  $\text{H}_2\text{O}$ , 삼각뿔형 구조인  $\text{NH}_3$ 이다.

(3) 극성 분자인  $\text{H}_2\text{O}$ 과  $\text{NH}_3$ 는 전기장 안에서 일정한 방향으로 배열한다.

6 (1) 극성 물질은 무극성 물질인 벤젠보다 극성 물질인 물에 더 잘 녹는다.

(2) 염화 수소는 극성 분자이므로 전기장에 넣어 주면 일정한 방향으로 배열한다.

(3) 물은 극성 분자로 이루어진 물질이므로 대전체를 가까이 가자면 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어진다.

7 (1) (가)의  $\text{BCl}_3$ 는 대칭 구조이므로 무극성 분자이고, (나)의  $\text{HCN}$ 과 (다)의  $\text{CH}_3\text{Cl}$ 은 비대칭 구조이므로 극성 분자이다.

(2) H는 N, Cl보다 전기 음성도가 작으므로 (나)와 (다)에서 H는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다. 따라서 (-)전하를 띤 대전체를 대었을 때 모두 수소 원자가 대전체 쪽으로 향한다.

### 수능 자료 마스터

본책 128쪽~129쪽

자료 A 1 ③

자료 B 2 ①

자료 C 3 ④

자료 D 4 ③

1 (가)는  $\text{H}_2\text{O}$ , (나)는  $\text{NH}_3$ , (다)는  $\text{CH}_4$ 이다.

ㄱ. (가)의 결합각이 (나), (다)보다 작은 것은 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력, 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문이다. 따라서 '전자쌍의 종류'는 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 1, (다)가 0이므로 (나) > (다)이다.

바로알기 ㄴ. (가)는  $\text{H}_2\text{O}$ 로, 분자 구조는 굽은 형이다.

2 ㄱ. (가)~(다)에서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하므로 (나)에서 중심 원자 Z에는 비공유 전자쌍이 1개 있다. 따라서 (나)의 분자 구조는 삼각뿔형이고, (나)는 극성 분자이다.

바로알기 ㄴ. (다)에서 중심 원자 X에는 공유 전자쌍 4개가 있고, 3개의 원자와 결합하므로 (다)의 분자 구조는 평면 삼각형이다.

ㄴ. (다)에서 W 원자와 Y 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 W 원자에는 비공유 전자쌍 2개가 있고, Y 원자에는 비공유 전자쌍 3개가 있다. 이를 통해 W의 원자가 전자 수는 6이고, Y의 원자가 전자 수는 7임을 알 수 있다. 따라서  $\text{WY}_2$ 에서 중심 원자 W에는 비공유 전자쌍 2개와 공유 전자쌍 2개가 존재하며,  $\text{WY}_2$ 의 분자 구조는 굽은 형이다.

3 주어진 분자 중 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 것은  $\text{NH}_3$ ,  $\text{OF}_2$ 이고, 이 두 분자는 모두 비대칭 구조로 극성 분자이다. 따라서 (가)에 해당하는 분자 수는 2이고, (나)에 해당하는 분자 수는 0이다. 또, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 분자 중 극성 분자는 비대칭 구조인  $\text{CHCl}_3$ 으로 1가지이고, 무극성 분자는 대칭 구조인  $\text{BCl}_3$ 과  $\text{CO}_2$ 로 2가지이다.

4 주어진 분자 중 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으면서 극성 분자인 (가)는  $\text{HCN}$ 이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으면서 무극성 분자인 (라)는  $\text{BCl}_3$ 이다. 또, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있으면서 극성 분자인 (나)는  $\text{NH}_3$ 이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있으면서 극성 분자인 (다)는  $\text{H}_2\text{O}$ 이다.

ㄱ. (가)는  $\text{HCN}$ 로 분자 구조가 직선형이므로 모든 원자가 같은 직선상에 있다.

ㄴ. (나)는  $\text{NH}_3$ 로 분자 구조는 삼각뿔형이다.

바로알기 ㄴ. (다)  $\text{H}_2\text{O}$ 의 분자 구조는 굽은 형이고, (라)  $\text{BCl}_3$ 의 분자 구조는 평면 삼각형이다. 즉, (다)와 (라)는 평면 구조이다.



## 수능 2점 다지기

본책 130쪽~132쪽

- 1 ③    2 ①    3 ①    4 ⑤    5 ①    6 ③  
7 ⑤    8 ④    9 ①    10 ④    11 ③    12 ③  
13 ②

### 1 전자쌍 반발 이론

#### |선택지 분석|

- ㄱ. '가능한 한 서로 멀리 떨어져 있으려 한다.'는 ㉠으로 적절하다.  
ㄴ. 'BCl<sub>3</sub>'는 ㉡으로 적절하다.  
ㄷ. CH<sub>4</sub>의 분자 구조를 예측하기 위해 매듭끼리 묶어야 하는 풍선은 5개이다. 4개

ㄱ. 풍선을 전자쌍으로 가정하여 전자쌍 배열 모습을 나타낸 것이므로 '가능한 한 서로 멀리 떨어져 있으려 한다.'는 ㉠으로 적절하다.  
ㄴ. BCl<sub>3</sub>는 중심 원자 B에 비공유 전자쌍이 없으므로 평면 삼각형의 분자 구조를 갖는다. 따라서 'BCl<sub>3</sub>'는 ㉡으로 적절하다.  
바로알기 ㄷ. CH<sub>4</sub>에서 중심 원자인 C에는 공유 전자쌍 4개가 있으므로 매듭끼리 묶어야 하는 풍선은 4개이다.

### 2 분자의 결합각

#### |자료 분석|

H <sub>2</sub> O 굽은 형 → 104.5°	CH <sub>4</sub> 정사면체 → 109.5°	BCl <sub>3</sub> 평면 삼각형 → 120°
--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------

#### |선택지 분석|

- ① BCl<sub>3</sub>>CH<sub>4</sub>>H<sub>2</sub>O    ② BCl<sub>3</sub>>H<sub>2</sub>O>CH<sub>4</sub>  
③ H<sub>2</sub>O>CH<sub>4</sub>>BCl<sub>3</sub>    ④ H<sub>2</sub>O>BCl<sub>3</sub>>CH<sub>4</sub>  
⑤ CH<sub>4</sub>>BCl<sub>3</sub>>H<sub>2</sub>O

주어진 3가지 분자의 결합각은 H<sub>2</sub>O이 104.5°, CH<sub>4</sub>이 109.5°, BCl<sub>3</sub>가 120°이다. 따라서 결합각 크기는 BCl<sub>3</sub>>CH<sub>4</sub>>H<sub>2</sub>O이다.

### 3 분자의 구조

#### |자료 분석|

주기	족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A	→ H			C		O	F	
2					B		C	D	
3			E	→ Mg					

화합물	(가)	(나)	(다)	(라)
화학식	AD	A <sub>2</sub> C	BD <sub>4</sub>	E <sub>x</sub> D <sub>y</sub>
	HF	H <sub>2</sub> O	CF <sub>4</sub>	MgF <sub>2</sub>

#### |선택지 분석|

- ㉠ 공유 결합 화합물은 3가지이다.  
㉡ 분자의 결합각은 (나)가 (다)보다 크다. 작다  
㉢ (라)에서 x는 y보다 크다. 작다

ㄱ. 공유 결합 화합물은 비금속 원소의 원자들이 결합한 화합물이므로 HF, H<sub>2</sub>O, CF<sub>4</sub> 3가지이다.  
바로알기 ㄴ. (나)의 결합각은 104.5°, (다)의 결합각은 109.5°이다. 따라서 결합각은 (나)가 (다)보다 작다.

ㄷ. (라)는 Mg과 F으로 이루어진 화합물인데, Mg은 Mg<sup>2+</sup>을 형성하고, F은 F<sup>-</sup>을 형성하므로 (라)의 화학식은 MgF<sub>2</sub>이다. 따라서 x는 y보다 작다.

### 4 분자의 구조와 극성

#### |자료 분석|

분자	구성 원소의 종류	분자 내 비공유 전자쌍 수	분자의 구조	분자의 극성
(가) NH <sub>3</sub>	W, X	1	㉠ 삼각뿔형	극성
(나) H <sub>2</sub> O	X, Y	2	굽은 형	극성
(다) CO <sub>2</sub>	Y, Z	4	직선형	무극성
(라) HCN	W, X, Z	1	㉡ 직선형	극성

#### |선택지 분석|

- ① ㉠은 삼각뿔형이다.  
② ㉡은 직선형이다.  
③ 결합각이 가장 작은 것은 (나)이다.  
④ (다)에는 2중 결합이 있다.  
⑤ 분자당 구성 원자 수가 가장 많은 것은 (라)이다. (가)

(가)는 분자 내 비공유 전자쌍이 1개이면서 극성인 분자이므로 NH<sub>3</sub>이고, (나)는 분자 내 비공유 전자쌍이 2개이면서 분자 구조가 굽은 형이므로 H<sub>2</sub>O이다. 따라서 (가)와 (나)에 공통으로 있는 X는 H이고, (가)에만 있는 W는 N, (나)에만 있는 Y는 O이다. 나머지 Z는 C이고, (다)는 CO<sub>2</sub>, (라)는 HCN이다.

- ① (가)는 NH<sub>3</sub>이므로 분자의 구조 ㉠은 삼각뿔형이다.  
② (라)는 HCN이므로 분자의 구조 ㉡은 직선형이다.  
③ 분자의 구조가 직선형인 (다)와 (라)의 결합각은 180°이다. (가)와 (나) 중에서 중심 원자에 비공유 전자쌍이 더 많은 (나)의 결합각이 (가)보다 작으므로 결합각이 가장 작은 것은 (나)이다.  
④ (다)는 CO<sub>2</sub>로 C 원자와 O 원자 사이의 결합은 2중 결합이다.  
바로알기 ⑤ 분자당 구성 원자 수는 (가)~(라)가 각각 4, 3, 3, 3이므로 (가)가 가장 많다.

### 5 분자의 구조와 극성

#### |자료 분석|

H : F :	H : N : H H	H H : C : H H
(가)	(나)	(다)
직선형 극성 분자	삼각뿔형 극성 분자	정사면체 무극성 분자

#### |선택지 분석|

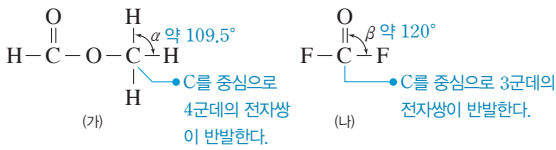
- ㉠ (가)는 극성 분자이다.  
㉡ (나)의 분자 구조는 평면 삼각형이다. 삼각뿔형  
㉢ 결합각은 (나)>(다)이다. (다)>(나)

ㄱ. (가)는 서로 다른 원자 2개가 극성 공유 결합을 하고 있는 직선형 구조이므로 극성 분자이다.  
바로알기 ㄴ. (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 삼각뿔형 구조이다.  
ㄷ. (다)는 중심 원자에 공유 전자쌍이 4개이므로 정사면체 구조이고, 결합각은 109.5°이다. (나)는 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개이므로 삼각뿔형 구조이고, 결합각은 107°이다. 따라서 결합각은 (다)>(나)이다.



## 6 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ (가)는 극성 분자이다.
- ☒ 결합각은  $\alpha > \beta$ 이다.  $\alpha < \beta$
- ☐ 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

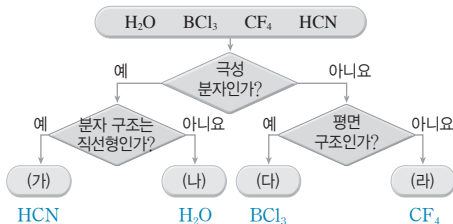
ㄱ. (나)의 분자 구조는 평면 삼각형이고, 중심 원자에 결합한 원자가 모두 같으므로 결합의 극성이 상쇄되지 않는다. 따라서 극성 분자이다.

ㄴ. (가)에서는 비공유 전자쌍이 각 O 원자에 2개씩 있고, (나)에서는 O 원자에 2개, 각 F 원자에 3개씩 있다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (가)에서 4, (나)에서 8이므로 (나)가 (가)의 2배이다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 중심 원자인 C 주위에서 반발하는 전자쌍의 위치가 4군데이고, (나)에서 중심 원자인 C 주위에서 반발하는 전자쌍의 위치가 3군데이므로 결합각은  $\alpha < \beta$ 이다.

## 7 분자의 구조와 극성에 따른 분류

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ (가)는 HCN이다.
- ☐ (나)에는 극성 공유 결합이 있다.
- ☒ 결합각은 (라) > (나)이다.

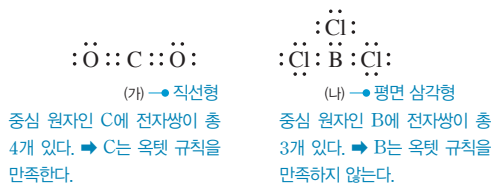
ㄱ. HCN의 분자 구조는 직선형이고, H-C 결합과 C≡N 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않아 극성 분자이므로 (가)이다.

ㄴ. (다)는 무극성 분자이면서 평면 구조인 분자이므로 평면 삼각형 구조인 BCl<sub>3</sub>이다. BCl<sub>3</sub>에는 B와 Cl 사이에 극성 공유 결합이 있다.

ㄷ. (나)는 극성 분자이면서 분자 구조가 직선형이 아닌 분자이므로 굽은 형 구조인 H<sub>2</sub>O이다. (라)는 무극성 분자이면서 입체 구조인 분자이므로 정사면체 구조인 CF<sub>4</sub>이다. (나)의 결합각은 104.5°, (라)의 결합각은 109.5°이므로 결합각은 (라) > (나)이다.

## 8 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 극성 공유 결합이 있다.
- ☒ 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다. (나)는 만족하지 않는다
- ☐ 무극성 분자이다.

ㄱ. (가)와 (나)에는 모두 서로 다른 종류의 두 원자가 공유 결합을 하고 있으므로 극성 공유 결합이 있다.

ㄴ. (가)의 분자 구조는 직선형이고, (나)의 분자 구조는 평면 삼각형이다. (가)와 (나)는 모두 결합의 극성이 상쇄되는 분자 구조를 가지므로 무극성 분자이다.

바로알기 ㄴ. (가)의 중심 원자에는 전자쌍이 4개, (나)의 중심 원자에는 전자쌍이 3개 있다. 따라서 (가)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하지만, (나)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

## 9 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.
- ☒ 분자의 구조는 평면 구조이다.
- ☒ 공유 전자쌍은 3개이다.

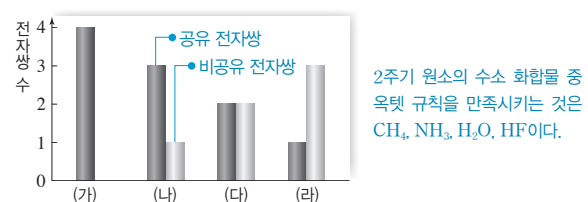
ㄱ. XH<sub>3</sub>의 분자 구조는 삼각뿔형으로 극성 분자이다. YOCl<sub>2</sub>의 분자 구조는 평면 삼각형이지만 결합의 극성이 상쇄되지 않으므로 극성 분자이다. 따라서 두 분자 모두 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

바로알기 ㄴ. YOCl<sub>2</sub>의 분자 구조는 평면 삼각형으로 평면 구조이지만, XH<sub>3</sub>의 분자 구조는 삼각뿔형으로 구성 원자가 동일 평면에 존재하지 않는 입체 구조이다.

ㄷ. XH<sub>3</sub>에는 공유 전자쌍이 3개 있지만, YOCl<sub>2</sub>에는 공유 전자쌍이 4개 있다.

## 10 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]



구분	(가) CH <sub>4</sub>	(나) NH <sub>3</sub>	(다) H <sub>2</sub> O	(라) HF
공유 전자쌍 수	4	3	2	1
비공유 전자쌍 수	0	1	2	3
분자 구조	정사면체	삼각뿔형	굽은 형	직선형
결합각	109.5°	107°	104.5°	180°

### [선택지 분석]

- ☐ 분자의 쌍극자 모멘트가 가장 작은 것은 (가)이다.
- ☒ (라)의 분자 구조는 삼각뿔형이다. 직선형
- ☐ 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.

2주기 원소의 수소 화합물 중 옥텟 규칙을 만족시키는 것은  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$ 이다. 각 화합물의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 보면 (가)는  $\text{CH}_4$ , (나)는  $\text{NH}_3$ , (다)는  $\text{H}_2\text{O}$ , (라)는  $\text{HF}$ 이다.

ㄱ. 분자의 쌍극자 모멘트가 가장 작은 것은 무극성 분자인 (가)  $\text{CH}_4$ 이다.

ㄴ. (나)  $\text{NH}_3$ 의 결합각은  $107^\circ$ , (다)  $\text{H}_2\text{O}$ 의 결합각은  $104.5^\circ$ 이므로 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.

바로알기 ㄷ.  $\text{HF}$ 의 분자 구조는 직선형이다.

## 11 분자의 구조와 극성

### |자료 분석|

• (가)~(다)의 분자식

분자	(가)	(나)	(다)
분자식	$\text{WX}_2\text{Y}$	$\text{YZ}_2$	$\text{WY}_2$
	$\text{CH}_2\text{O}$	$\text{OF}_2$	$\text{CO}_2$

•  $\text{W} \sim \text{Z}$ 는 각각 H, C, O, F 중 하나이고, 전기 음성도는 X가 가장 작다. → H의 전기 음성도가 가장 작으므로 X는 H이다.

• (가)~(다)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

→ F는 원자가 전자가 7개여서 1개의 공유 결합만 할 수 있으므로 (나)의 중심 원자인 Y나, (다)의 중심 원자인 W가 될 수 없다. → Z는 F이다. → (나)의 중심 원자인 Y는 F 2개와 결합했을 때 옥텟 규칙을 만족하므로 O이다. 따라서 W는 C이다.

### |선택지 분석|

㉠ (가)의 분자 구조는 평면 삼각형이다.

㉡ (나)의 중심 원자는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

㉢ 극성 분자는 1가지이다. 2가지

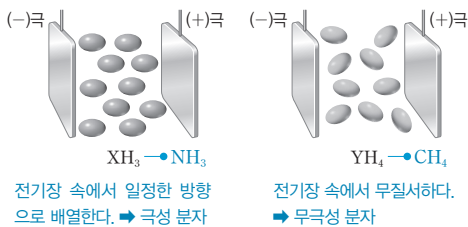
ㄱ. (가)는  $\text{CH}_2\text{O}$ 로, 중심 원자에 결합한 원자가 3개이고, 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 구조는 평면 삼각형이다.

ㄴ. (나)는  $\text{OF}_2$ 이다. 전기 음성도는  $\text{F} > \text{O}$ 이므로 중심 원자인 O는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

바로알기 ㄷ. 주어진 분자 중 극성 분자는  $\text{CH}_2\text{O}$ 와  $\text{OF}_2$  2가지다.

## 12 분자의 구조와 성질

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

㉠ 원자가 전자 수는 X가 Y보다 크다.

㉡  $\text{YH}_4$ 에는 무극성 공유 결합이 있다. 없다

㉢ 끓는점은  $\text{XH}_3$ 이  $\text{YH}_4$ 보다 높다.

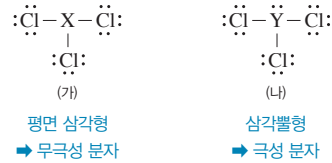
ㄱ.  $\text{XH}_3$ 은 극성 분자이므로  $\text{XH}_3$ 의 중심 원자 X에는 비공유 전자쌍 1개가 있다. 따라서 X의 원자가 전자 수는 5이다. 또,  $\text{YH}_4$ 는 무극성 분자이므로  $\text{YH}_4$ 의 중심 원자 Y에는 비공유 전자쌍이 없다. 따라서 Y의 원자가 전자 수는 4이다. 그러므로 원자가 전자 수는 X가 Y보다 크다.

ㄷ.  $\text{XH}_3$ 과  $\text{YH}_4$ 의 분자량이 비슷하고,  $\text{XH}_3$ 은 극성 분자,  $\text{YH}_4$ 는 무극성 분자이므로 끓는점은  $\text{XH}_3$ 이  $\text{YH}_4$ 보다 높다.

바로알기 ㄴ.  $\text{YH}_4$ 에서 Y와 H 사이의 결합은 극성 공유 결합이다.

## 13 분자의 구조와 성질

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

㉠ 기체 상태의 (가)를 전기장에 넣으면 일정한 방향으로 배열한다. 무질서하게 배열한다

㉡ (나)의 분자 구조는 평면 삼각형이다. 삼각뿔형

㉢ (나)는 n-헥세인보다 물에 잘 녹는다.

ㄷ. (나)는 극성 분자이므로 무극성 물질인 n-헥세인보다 극성 물질인 물에 잘 녹는다.

바로알기 ㄱ. (가)는 무극성 분자이므로 전기장에 넣으면 무질서하게 배열한다.

ㄴ. (나)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 분자 구조는 삼각뿔형이다.

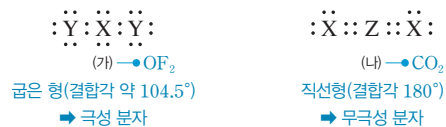
## 수능 3점 끝내기

본책 133쪽~135쪽

1 ⑤	2 ②	3 ⑤	4 ①	5 ⑤	6 ③
7 ⑤	8 ④	9 ③	10 ③	11 ①	12 ③
13 ③	14 ①				

## 1 분자의 구조와 극성

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

㉠ (나)에 있는 비공유 전자쌍의 수는 4이다.

㉡ 결합각은 (나) > (가)이다.

㉢  $\text{ZY}_4$ 의 분자 구조는 정사면체이다.

ㄱ. (나)에서 비공유 전자쌍은 각 X 원자에 2개씩 있으므로 총 4개이다.

ㄴ. 분자 구조는 (가)가 굽은 형, (나)가 직선형이므로 결합각은 (나) > (가)이다.

ㄷ. Z의 원자가 전자 수는 4이고, Y의 원자가 전자 수는 7이다. 따라서  $\text{ZY}_4$ 에서 중심 원자 Z에는 공유 전자쌍만 4개 있으므로  $\text{ZY}_4$ 의 분자 구조는 정사면체이다.

## 2 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]

- 구성 원소는 2주기 원소이다.
- 무극성 분자이다.  $N_2, O_2, F_2, Ne$
- 옥텟 규칙을 만족한다.  $N_2, O_2, F_2$
- 비공유 전자쌍의 수는 2이다.  $N_2: 2, O_2: 4, F_2: 6$

### [선택지 분석]

- ☒ ㉠ HF      ☒ ㉡  $N_2$       ☒ ㉢  $O_2$   
☒ ㉣  $F_2$       ☒ ㉤ Ne

㉡  $N_2$ 의 구성 원소인 N는 2주기 원소이고,  $N_2$ 는 무극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자이므로 무극성 분자이다. 또,  $N_2$ 에서 각 N는 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개를 채우므로 모두 옥텟 규칙을 만족하고,  $N_2$ 의 공유 전자쌍은 3개, 비공유 전자쌍은 2개이다. 따라서 X는  $N_2$ 이다.

**[바로알기]** ㉠ HF에서 H는 1주기 원소이고, HF는 극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자이므로 극성 분자이다. 또, HF의 비공유 전자쌍은 3개이다.

㉢  $O_2$ 의 구성 원소인 O는 2주기 원소이고,  $O_2$ 는 무극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자이므로 무극성 분자이다. 또,  $O_2$ 에서 각 O는 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개를 채우므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다. 하지만  $O_2$ 의 비공유 전자쌍은 4개이다.

㉣  $F_2$ 의 구성 원소인 F는 2주기 원소이고,  $F_2$ 는 무극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자이므로 무극성 분자이다. 또,  $F_2$ 에서 각 F는 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개를 채우므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다. 하지만  $F_2$ 의 비공유 전자쌍은 6개이다.

㉤ Ne는 비활성 기체인 무극성 분자이므로 화학 결합에 관여하는 전자가 없어 비공유 전자쌍이 없다. 또, 옥텟 규칙 만족 여부를 판단할 대상이 아니다.

## 3 분자의 분류

### [자료 분석]

• '직선형 구조인가?'가 적절하다.

분류 기준	예	아니요
(가)	HCN, $CO_2$	$OF_2, CH_4$
입체 구조인가?	㉠ $CH_4$	㉢ HCN, $CO_2, OF_2$
극성 분자인가?	㉡ HCN, $OF_2$	㉣ $CO_2, CH_4$

### [선택지 분석]

- ☒ ㉠ (가)에 '공유 전자쌍의 수가 4인가?'를 적용할 수 있다. **없다**  
☒ ㉡ ㉠에 해당하는 분자에는 비공유 전자쌍이 있다.  
☒ ㉢ ㉠과 ㉡에 공통으로 해당하는 분자의 구조는 정사면체이다.

㉡. ㉠에 해당하는 분자는 직선형 구조인 HCN과  $CO_2$ , 굽은 형 구조인  $OF_2$ 이다. HCN는 N에 비공유 전자쌍이 있고,  $CO_2$ 에는 O에,  $OF_2$ 에는 O와 F에 비공유 전자쌍이 있다.

㉢. ㉠에 해당하는 분자는  $CH_4$ 이고, ㉡에 해당하는 분자는  $CO_2, CH_4$ 이다. 즉, ㉠과 ㉡에 공통으로 해당하는 분자는  $CH_4$ 으로  $CH_4$ 의 분자 구조는 정사면체이다.

**[바로알기]** ㉠. 공유 전자쌍 수는 HCN가 4,  $CO_2$ 가 4,  $OF_2$ 가 2,  $CH_4$ 이 4이다. 따라서 (가)에 '공유 전자쌍의 수가 4인가?'를 적용할 수 없다.

## 4 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]

- F는 원자가 전자가 7개이므로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 다른 원자와 단일 결합을 형성하고, 비공유 전자쌍은 3개가 있다.

분자	(가)	(나)
분자식	$X_2F_2$	$YF_2$
비공유 전자쌍 수	6	8

- (가)에서 비공유 전자쌍은 각 F 원자에 3개씩 있으므로 X 원자에는 비공유 전자쌍이 없다. → (가)의 루이스 구조는  $F-X \equiv X-F$ 이다.
- (나)에서 Y 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있다. → (나)의 루이스 구조는  $F-Y-F$ 이다.

### [선택지 분석]

- ☒ ㉠ (가)에는 무극성 공유 결합이 있다.  
☒ ㉡ 공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이다. **2.5배**  
☒ ㉢ (나)의 쌍극자 모멘트는 0이다. **0이 아니다**

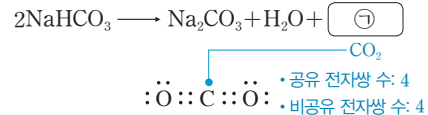
㉠. (가)에서 X 원자 사이의 결합은 무극성 공유 결합이다.

**[바로알기]** ㉡. 공유 전자쌍 수는 (가)에서 5이고, (나)에서 2이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2.5배이다.

㉢. (나)는 굽은 형 구조로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

## 5 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ ㉠ 극성 공유 결합이 있다.  
☒ ㉡ 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 같다.  
☒ ㉢ 분자의 쌍극자 모멘트는  $H_2O$ 보다 작다.

㉠.  $CO_2$ 는 C와 O 사이에 극성 공유 결합이 있다.

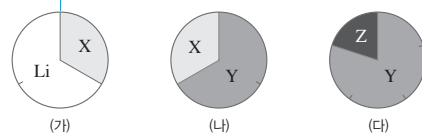
㉡.  $CO_2$ 는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 4로 같다.

㉢.  $CO_2$ 는 극성 공유 결합을 하고 있지만 대칭 구조로 인하여 쌍극자 모멘트가 0이다. 하지만  $H_2O$ 는 굽은 형 구조로 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는  $CO_2$ 가  $H_2O$ 보다 작다.

## 6 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]

- (가)에서 1족 알칼리 금속인 Li와 X가 2:1의 개수비로 결합하므로 (가)의 화학식은  $Li_2X$ 이고, (가)는 전기적으로 중성이므로 X는 전하가 -2인 음이온으로 존재한다. → X는 산소(O)이다.



### [선택지 분석]

- ☒ ㉠ (가)에서 X는 옥텟 규칙을 만족한다.  
☒ ㉡ (나)의 분자 구조는 직선형이다. **굽은 형**  
☒ ㉢ (다)는 무극성 분자이다.

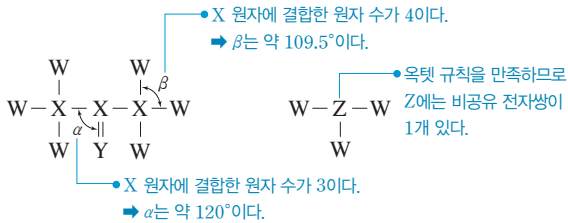
ㄱ. 1족 알칼리 금속과 2 : 1의 개수비로 결합하는 X는 산소(O)이므로 (가)에서 X는 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ. (다)는  $ZY_4(CF_4)$ 로 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 있으므로 분자 구조는 정사면체이다. 따라서 (다)는 결합의 극성이 상쇄되므로 무극성 분자이다.

**바로알기** ㄴ. (나)는  $XY_2(OF_2)$ 로 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 분자 구조는 굽은 형이다.

## 7 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]



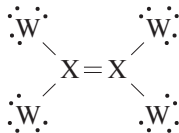
### [선택지 분석]

- ㉠ 결합각은  $\alpha > \beta$ 이다.  
 ㉡  $YW_2$ 는 극성 분자이다.  
 ㉢  $X_2W_4$ 에서  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 2$ 이다.

ㄱ. X 원자 주위에 반발하는 전자쌍이 더 많을수록 결합각이 작으므로 결합각은  $\alpha > \beta$ 이다.

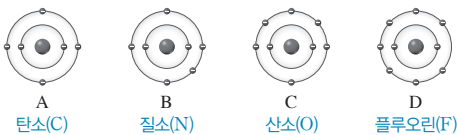
ㄴ. Y는 원자가 전자 수가 6이고, W는 원자가 전자 수가 7이다. 따라서  $YW_2$ 의 중심 원자 Y에는 공유 전자쌍이 2개, 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 분자 구조는 굽은 형이고, 결합의 극성이 상쇄되지 않으므로  $YW_2$ 는 극성 분자이다.

ㄷ. X의 원자가 전자 수는 4이므로  $X_2W_4$ 의 루이스 구조는 그림과 같다. 따라서  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{12}{6} = 2$ 이다.



## 8 분자의 구조와 성질

### [자료 분석]



물질	A	B	C	D
(가) $CF_4$	1	0	0	4
(나) $NF_3$	0	1	0	3
(다) $O_2F_2$	0	0	2	2

### [선택지 분석]

- ✕ 기체 상태의 (가)를 전기장에 넣으면 일정한 방향으로 배열한다.  
 ㉠ 결합각은 (가) > (나)이다.  
 ㉢ (다)의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

ㄴ. (가)의 분자 구조는 정사면체이고, (나)의 분자 구조는 삼각뿔 형이므로 결합각은 (가) > (나)이다.

ㄷ. (다)에서 각 O 원자에 결합한 원자는 2개이고, O 원자에는 비공유 전자쌍이 있으므로 결합의 극성이 상쇄되지 않는다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 무극성 분자이므로 (가)를 전기장에 넣으면 무질서하게 배열한다.

## 9 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]

- X~Z 중 금속 원소가 있다.
- 원자 X~Z의 홀전자 수의 합은 5이다.
- 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 원자 Y와 Z가 같다.
  - 전자가 들어 있는 p 오비탈 수가 같은 원자는 N, O, F이다.  
 $N: 1s^2 2s^2 2p^3, O: 1s^2 2s^2 2p^4, F: 1s^2 2s^2 2p^5$   
 → Y와 Z는 각각 N, O, F 중 하나이다.
- 전자가 모두 채워진 오비탈 수는 원자 Y가 Z보다 크다.
  - 전자가 모두 채워진 오비탈 수: F(4개) > O(3개) > N(2개)
- 제1 이온화 에너지는 원자 Y가 Z보다 크다.
  - N, O, F의 제1 이온화 에너지:  $F > N > O$   
 → Y는 F, Z는 O 또는 N이고, X~Z의 홀전자 수의 합이 5이며 X~Z 중 금속 원소가 있어야 한다. → X는 Li, Y는 F, Z는 N이다.

### [선택지 분석]

- ✕ X는 Be이다. Li  
 ✕  $Y_2$ 에는 다중 결합이 있다. 단일  
 ㉢ Z의 수소 화합물( $ZH_3$ )은 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

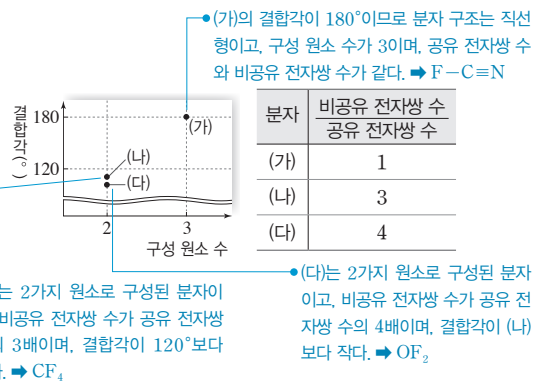
ㄷ. Z는 N이고, N의 수소 화합물인  $NH_3$ 의 분자 구조는 삼각뿔 형으로 극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

**바로알기** ㄱ. X는 Li이다.

ㄴ. Y는 F이므로  $Y_2(F_2)$ 에는 단일 결합만 있다.

## 10 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)의 공유 전자쌍 수는 4이다.  
 ㉡ (나)의 쌍극자 모멘트는 0이다.  
 ✕ (다)의 분자 구조는 삼각뿔형이다. 굽은 형

ㄱ. (가)는  $F-C \equiv N$ 이므로 공유 전자쌍 수는 4이다.

ㄴ. (나)는  $CF_4$ 로 분자 구조가 정사면체로 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다.

**바로알기** ㄷ. (다)는  $OF_2$ 로 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개, 공유 전자쌍이 2개 있으므로 분자 구조는 굽은 형이다.

## 11 분자의 구조와 극성

### [자료 분석]

분자	(가) $N_2F_2$	(나) $NF_3$	(다) $CF_4$
원자 수비			
비공유 전자쌍 수 공유 전자쌍 수	2 2	$\frac{10}{3}$ 3	3 4

- C, N, F로 이루어진 분자 중 1 : 4의 개수비로 결합한 분자는  $CF_4$ 이므로 (다)에서 X는 F, Z는 C이고, 나머지 Y는 N이다.
- (가)는 N 원자와 F 원자가 1 : 1의 개수비로 결합하고 분자에 있는 비공유 전자쌍 수가 공유 전자쌍 수의 2배이므로  $N_2F_2$ 이다.
- (나)는  $NF_3$ 이다.

### [선택지 분석]

- ☒ 무극성 공유 결합이 있는 분자는 1가지이다.
- ☒ (나)에는 2중 결합이 있다. **없다**
- ☒ 분자의 쌍극자 모멘트는 (다) > (나)이다. **(나) > (다)**

ㄱ. (가)는  $N_2F_2$ , (나)는  $NF_3$ , (다)는  $CF_4$ 이다. (가)~(다) 중 같은 종류의 원자 사이의 결합인 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (가)로 1가지이다.

**바로알기** ㄴ. (나)는  $NF_3$ 로 3개의 N-F 결합이 있으므로 단일 결합만 있다.

ㄷ. (나)의 분자 구조는 삼각뿔형이므로 (나)는 극성 분자이고, (다)의 분자 구조는 정사면체이므로 (다)는 무극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (나) > (다)이다.

## 12 분자의 구조와 성질

### [자료 분석]

물질	분자식	분자의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수
X	$A_mB$	2 → B는 16족 원소이다.
Y	$CD_n$	0 → C는 14족 원소이다.

### [실험 과정 및 결과]

- (가) 시험관에 X, Y를 넣었더니 섞이지 않고 두 층으로 분리되었다. → X가 극성 물질이므로 Y는 무극성 물질이다.
- (나) 과정 (가)의 시험관에  $I_2$ 를 넣고 흔들어 녹였더니 한 층에서만 녹았다. →  $I_2$ 는 무극성 물질이므로 무극성 물질인 Y에만 녹았다.

### [선택지 분석]

- ☒ X의 분자 구조는 굽은 형이다.
- ☒ Y는 무극성이다.
- ☒ (나)에서 X층에  $I_2$ 이 녹았다. **Y층**

ㄱ. 물질 X를 구성하는  $A_mB$ 에서 중심 원자인 B에 비공유 전자쌍이 2개 있고, B는 옥텟 규칙을 만족하므로  $A_mB$ 에는 A와 B의 단일 결합이 2개 있다. 따라서 X의 분자식은  $A_2B$ 이고, 분자 구조는 굽은 형이다.

ㄴ. 실험 과정 (가)에서 X와 Y가 서로 섞이지 않는 것으로 보아 X와 Y는 극성이 서로 다르다. 물질 X를 구성하는  $A_2B$ 는 굽은 형으로 X는 극성 물질이므로 Y는 무극성이다.

**바로알기** ㄷ.  $I_2$ 는 무극성 물질이므로 (나)에서 무극성 물질인 Y층에 녹는다.

## 13 분자의 구조와 성질

### [선택지 분석]

- ☒ 중심 원자 A에는 비공유 전자쌍이 있다.
- ☒  $AB_2$  분자에서 A 원자가 풍선 쪽으로 배열된다.
- ☒  $AB_2$ 의 분자 구조는 직선형이다. **굽은 형**

ㄱ. 액체 줄기가 대전체 쪽으로 휘어지는 것으로 보아  $AB_2$ 는 극성 분자로 이루어진 물질이다. 중심 원자 A에 결합한 원자 수가 2개이고,  $AB_2$ 가 극성을 나타내므로 A에 비공유 전자쌍이 있음을 알 수 있다.

ㄴ. 전기 음성도는  $A > B$ 이므로  $AB_2$ 에서 A 원자는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다. 따라서 (+)전하로 대전된 대전체를 가까이 가져가면 분자의 A 원자 쪽이 풍선 쪽으로 배열된다.

**바로알기** ㄷ.  $AB_2$ 의 분자 구조가 직선형이라면 결합의 극성이 상쇄되어  $AB_2$ 는 무극성 분자가 되므로 대전체 쪽으로 끌려가지 않는다. 따라서  $AB_2$ 의 분자 구조는 굽은 형이다.

## 14 분자의 구조와 성질

### [자료 분석]

#### [민수의 가설]

극성 물질은 극성 용매에 더 잘 용해되고, 무극성 물질은 무극성 용매에 더 잘 용해된다.

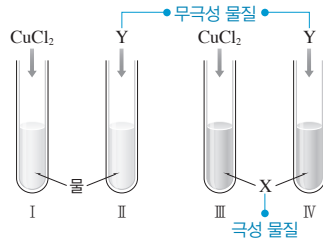
#### [실험]

(가) 시험관 I~IV를 준비하여 I과 II에는 물 20 mL씩, III과 IV에는 물질 X 20 mL씩 넣는다.

→ 물은 극성 용매이므로 X는 무극성 용매이어야 한다.

(나) 시험관 I과 III에는  $CuCl_2$  1 g씩, II와 IV에는 물질 Y 1 g씩 넣고 잘 흔든 후, 용해된 정도를 관찰한다.

→  $CuCl_2$ 는 극성 물질이므로 Y는 무극성 물질이어야 한다.



### [선택지 분석]

X	Y
<input checked="" type="radio"/> 사염화 탄소( $CCl_4$ )	아이오딘( $I_2$ )
<input checked="" type="radio"/> 사염화 탄소( $CCl_4$ )	염화 나트륨( $NaCl$ )
<input checked="" type="radio"/> 메탄올( $CH_3OH$ )	염화 나트륨( $NaCl$ )
<input checked="" type="radio"/> 메탄올( $CH_3OH$ )	아이오딘( $I_2$ )
<input checked="" type="radio"/> 클로로폼( $CHCl_3$ )	아이오딘( $I_2$ )

극성 용매에 극성 물질과 무극성 물질을, 무극성 용매에 극성 물질과 무극성 물질을 각각 용해시켜 비교해야 물질의 극성과 용해도 사이의 관계를 알 수 있다.

물은 극성 용매이므로 X는 무극성 용매이어야 하고,  $CuCl_2$ 가 이온 결합 물질로 극성 물질이므로 Y는 무극성 물질이어야 한다.  $CCl_4$ 는 무극성 용매,  $CH_3OH$ 과  $CHCl_3$ 는 극성 용매이고,  $I_2$ 는 무극성 물질,  $NaCl$ 은 이온 결합 물질로 극성 물질이다. 따라서 X는  $CCl_4$ , Y는  $I_2$ 가 적절하다.



# IV 역동적인 화학 반응

## 13 동적 평형

### 개념 확인 문제

본책 139쪽

- 1 (1) 가역 반응 (2) 비가역 반응 (3) 동적 평형 2 용해 속도=석출 속도 3 (1) (가)=(나)=(다) (2) (가)<(나)<(다) 4 (1) × (2) ○ (3) ○

1 (1), (2) 가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어나는 반응이고, 비가역 반응은 정반응만 일어나거나 정반응에 비해 역반응이 거의 일어나지 않는 반응이다.

(3) 동적 평형은 겉보기에는 반응이 멈춰 있는 상태로 보이지만 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 진행 중인 상태이다.

2 일정량의 물에 설탕을 계속 넣으면 처음에는 설탕이 물에 녹지만 어느 순간부터는 설탕이 더 이상 녹지 않는 것처럼 보인다. 이는 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달했기 때문이다.

3 일정한 온도에서는 밀폐 용기 속 물의 증발 속도가 일정하다. 그러나 시간이 지날수록 밀폐 용기 속 수증기 분자가 많아지므로 수증기의 응축 속도가 점점 빨라진다.

4 (1), (2) 화학 평형은 화학 반응에서 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나는 상태이므로 반응이 멈춘 상태가 아니다.

(3) 화학 평형에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나므로 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

### 수능 자료 마스터

본책 140쪽

자료 1 ⑤

1 ㄱ. (가)의 열린 용기에서는 물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르므로 물의 양이 점점 줄어든다.

ㄴ, ㄷ. (나)의 밀폐된 용기에서는 시간이 지나면 동적 평형 상태에 도달하며, 이때는 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같으므로 물의 양이 변하지 않는다.

### 수능 2점 다지기

본책 141쪽

- 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4 ④

## 1 가역 반응과 비가역 반응

### [자료 분석]

- (가)  $\text{HCl}(aq) + \text{NaOH}(aq) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l) + \text{NaCl}(aq)$  → 중화 반응: 비가역 반응  
(나)  $\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(s)$  → 물의 상태 변화: 가역 반응  
(다)  $\text{I}_2(s) \rightleftharpoons \text{I}_2(g)$  → 아이오딘의 상태 변화: 가역 반응

### [선택지 분석]

- ㄱ. 가역 반응은 2가지이다.  
ㄴ. 정반응과 역반응이 동시에 일어나는 반응은 2가지이다.  
ㄷ. 정반응만 일어나는 반응은 (나)이다. (가)

ㄱ. 가역 반응은 (나), (다)의 2가지이다.

ㄴ. 정반응과 역반응이 모두 일어나는 반응은 가역 반응으로 (나)와 (다)이다.

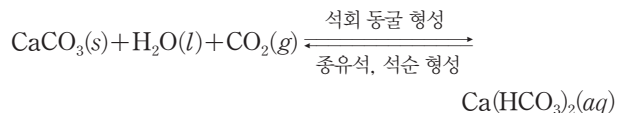
바로알기 ㄷ. 정반응만 일어나는 반응은 비가역 반응으로 (가)이다.

## 2 가역 반응의 예

### [선택지 분석]

- ㉠ 묽은 염산에 마그네슘 리본을 넣으면 기포가 발생한다. → 기체 발생 반응: 비가역 반응  
㉡ 묽은 황산과 수산화 칼륨 수용액을 섞으면 물이 생성된다. → 중화 반응: 비가역 반응  
㉢ 메테인이 포함된 도시가스를 태우면 물과 이산화 탄소가 발생한다. → 연소 반응: 비가역 반응  
㉣ 석회암 지대에서 석회 동굴과鍾유석, 석순이 형성된다. → 석회 동굴과鍾유석, 석순의 생성: 가역 반응  
㉤ 질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액을 섞으면 노란색 아이오딘화 납 앙금이 생성된다. → 앙금 생성 반응: 비가역 반응

㉣ 석회 동굴이 형성되는 반응과 동굴 속에鍾유석과 석순이 형성되는 반응은 가역 반응이다.



바로알기 ㉠ 산과 금속의 반응은 수소 기체가 발생하는 비가역 반응이다.

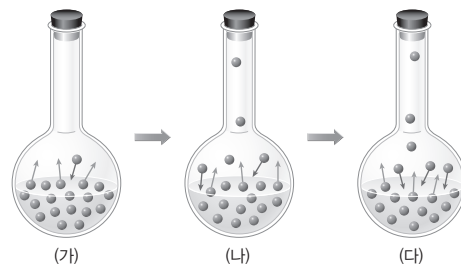
㉡ 중화 반응은 비가역 반응이다.

㉢ 메테인의 연소 반응은 물과 이산화 탄소가 생성되는 비가역 반응이다.

㉤ 앙금 생성 반응은 비가역 반응이다.

## 3 물의 상평형

### [자료 분석]



- 같은 시간 동안 증발하는 분자 수가 응축하는 분자 수보다 많다. → 증발 속도 > 응축 속도  
같은 시간 동안 증발하는 분자 수가 응축하는 분자 수보다 조금 많다. → 증발 속도 > 응축 속도  
같은 시간 동안 증발하는 분자 수와 응축하는 분자 수가 같다. → 증발 속도 = 응축 속도

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서는 증발 속도가 응축 속도보다 크다.
- ㉡ (나)에서는 증발과 응축이 함께 일어난다.
- ㉢ (다)에서는 동적 평형에 도달하였다.

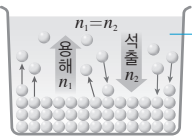
㉠. (가)와 (나)에서는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르고, (다)에서는 증발 속도와 응축 속도가 같다.

㉡. (가), (나), (다) 모두 증발과 응축이 함께 일어난다.

㉢. (다)에서는 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 동적 평형에 도달하였다.

## 4 용해 평형

### [자료 분석]



용해되는 입자 수인  $n_1$ 과 석출되는 입자 수인  $n_2$ 가 같으므로 동적 평형에 도달한 상태이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 이 반응은 가역 반응이다.
- ㉡ 동적 평형에 도달하였다.
- ㉢ 용질을 더 넣으면 용질은 더 이상 용해되지 않는다.  
용해되는 양만큼 석출된다

㉠. 용해 반응과 석출 반응이 모두 일어나므로 가역 반응이다.

㉡. 포화 용액은 용해 속도와 석출 속도가 같으므로 동적 평형 상태이다.

바로알기 ㉢. 포화 용액에 용질을 더 넣으면 같은 시간 동안 용해되는 양과 같은 양의 용질이 석출된다.

## 수능 3점 공부하기

본책 142쪽 ~ 143쪽

- |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 ㉢ | 2 ㉤ | 3 ㉤ | 4 ㉠ | 5 ㉢ | 6 ㉠ |
| 7 ㉢ | 8 ㉣ |     |     |     |     |

## 1 가역 반응과 비가역 반응

### [자료 분석]

(가)  $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$  → 비가역 반응

(나)  $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$  → 가역 반응

정반응:  $\text{NO}_2(g)$ 가  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 로 되는 반응

역반응:  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가  $\text{NO}_2(g)$ 로 되는 반응

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 비가역 반응이다.
- ㉡ (나)는 가역 반응이다.
- ㉢ 충분한 시간이 흐르면 (가), (나) 모두 동적 평형에 도달한다.  
(나)만

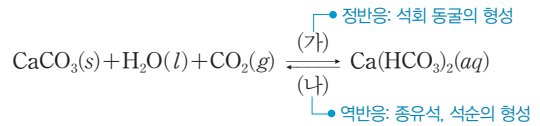
㉠. 연소 반응은 비가역 반응이다.

㉡.  $\text{NO}_2(g)$ 가 결합하여  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 로 되는 반응과,  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 분해되어  $\text{NO}_2(g)$ 로 되는 반응은 가역적으로 일어난다.

바로알기 ㉢. (가)는 비가역 반응이고 (나)는 가역 반응이므로 (나)만 동적 평형에 도달한다.

## 2 석회 동굴, 중유석, 석순의 형성 반응

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 반응 (가)에 대하여 반응 (나)는 역반응이다.
- ㉡ 반응 (가)와 (나)는 동적 평형에 도달할 수 있다.
- ㉢ 석회 동굴이 형성되면서 동시에 석회 동굴 속에 중유석과 석순이 형성된다.

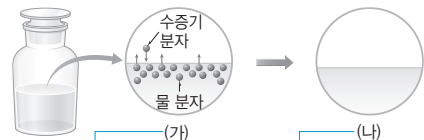
㉠. 석회 동굴이 형성되는 반응 (가)와 중유석, 석순이 형성되는 반응 (나)는 서로 정반응과 역반응 관계이다.

㉡. (가)와 (나)는 서로 가역 반응이므로 동적 평형에 도달할 수 있다.

㉢. 가역 반응은 정반응과 역반응이 동시에 진행되고, 동적 평형에 도달한 상태에서도 계속 진행된다. 따라서 석회 동굴이 형성되면서 동시에 중유석과 석순이 형성된다.

## 3 물의 상평형

### [자료 분석]



(가) 초기 상태이므로 증발 속도가 더 빨라서 응축되는 분자 수보다 증발되는 분자 수가 더 크다.

(나) 충분한 시간이 흐른 상태이므로 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달한다.

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서는 가역 반응이 진행된다.
- ㉡ (나)에서는 동적 평형에 도달한다.
- ㉢ 수증기 분자 수는 (나)가 (가)보다 크다.

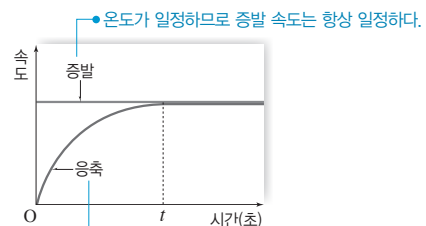
㉠. (가)에서는 증발과 응축이 함께 일어나므로 가역 반응이 진행된다.

㉡. 밀폐 용기 속에서 충분한 시간이 흐른 상태인 (나)에서는 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같아지는 동적 평형에 도달한다.

㉢. 유리병 속 수증기 분자 수는 동적 평형에 도달한 (나)가 (가)보다 크다.

## 4 동적 평형에서 증발 속도와 응축 속도의 관계

### [자료 분석]



온도가 일정하므로 증발 속도는 항상 일정하다.

응축 속도는 점점 빨라지다가 동적 평형에 도달하면 증발 속도와 같아져 일정하게 유지된다.

### [선택지 분석]

- ㉠  $t$ 초부터 동적 평형에 도달한다.
- ㉡  $t$ 초 이전에는 비가역 반응이 진행된다.  
↳ 모든 구간에서 가역 반응이 진행된다.
- ㉢  $t$ 초 이후 충분한 시간이 흐르면 응축 속도가 증발 속도보다 빨라진다.  
↳ 동적 평형이 계속 유지되므로 응축 속도와 증발 속도는 계속 같게 유지된다.

㉠.  $t$ 초부터 증발 속도와 응축 속도가 같아졌으므로  $t$ 초에 동적 평형에 도달한 것이다.

바로알기 ㉡. 물의 증발과 응축은 가역 반응이므로 모든 구간에서 가역 반응이 진행된다.

㉢. 충분한 시간이 흘러도 동적 평형 상태이므로 응축 속도와 증발 속도는 같다.

## 5 브로민의 상평형

### [자료 분석]

↳ 브로민의 상태 변화: 가역 반응



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르다.
- ㉡ (나)에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 진행되고 있다.
- ㉢ (가)와 (나)는 모두 동적 평형에 도달한 상태이다.  
(나)만

일정한 온도에서 밀폐 용기에 액체 브로민을 담아 놓으면 처음에는 브로민의 증발 속도가 응축 속도보다 빠르지만, 충분한 시간이 지나면 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달한다.

㉠. (가)에서는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르고, (나)에서는 증발 속도와 응축 속도가 같다.

㉡. (나)는 동적 평형 상태이므로 정반응과 역반응이 같은 속도로 진행되고 있다.

바로알기 ㉢. (가)는 동적 평형에 도달하기 전이고, (나)는 동적 평형에 도달한 상태이다.

## 6 황산 구리(II) 오산화물의 분해와 생성 반응

### [선택지 분석]

- ㉠ 황산 구리(II) 오산화물의 분해 반응이 시작되면서 동시에 생성 반응이 진행된다.
- ㉡ 반응이 진행될수록 푸른색은 계속 없어진다.  
동적 평형에 도달하면 더 이상 색 변화가 일어나지 않는다
- ㉢ 초기에는 황산 구리(II) 오산화물의 분해 속도가 생성 속도보다 느리다. 빠르다

㉠. 황산 구리(II) 오산화물의 분해와 생성은 가역 반응이므로 정반응과 역반응이 동시에 진행된다.

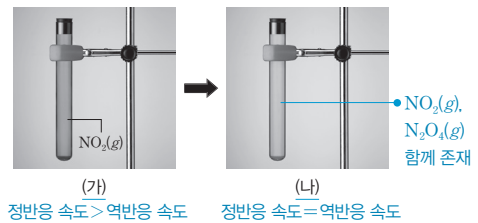
바로알기 ㉡. 황산 구리(II) 오산화물의 분해 반응이 진행되면 푸른색이 없어지다가 동적 평형에 도달하면 더 이상 색 변화가 일어나지 않는다.

㉢. 동적 평형에 도달하기 전에는 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르므로 분해 속도가 생성 속도보다 빠르다.

## 7 이산화 질소와 사산화 이질소 사이의 화학 평형

### [자료 분석]

↳  $\text{N}_2\text{O}_4$ 의 생성과 분해: 가역 반응



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서는 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.
- ㉡ (나)에는  $\text{NO}_2(g)$ 와  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 함께 존재한다.
- ㉢  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 작다

㉠. 반응 초기에는  $\text{NO}_2(g)$ 만 존재하므로 (가)에서는 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.

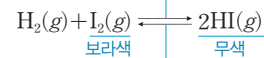
㉡. (나)는 동적 평형에 도달한 상태로, 반응물인  $\text{NO}_2(g)$ 와 생성물인  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 함께 존재한다.

바로알기 ㉢. 반응 초기에는  $\text{NO}_2(g)$ 만 존재하다가 시간이 지나면  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$  생성 반응이 일어나 (나)에서 동적 평형에 도달하므로  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 농도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

## 8 수소와 아이오딘의 반응에서 화학 평형

### [자료 분석]

정반응:  $\text{H}_2(g)$ 와  $\text{I}_2(g)$ 이 반응하여  $\text{HI}(g)$ 를 생성한다.



역반응:  $\text{HI}(g)$ 가 분해되어  $\text{H}_2(g)$ 와  $\text{I}_2(g)$ 이 생성된다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 밀폐 용기 안에서 가역 반응이 일어난다.
- ㉡ 밀폐 용기 안에서 일어나는 반응은 동적 평형에 도달한다.
- ㉢ 충분한 시간이 지난 후 밀폐 용기 안의 기체는 무색이다.  
열은 보라색

㉠. 밀폐 용기 안에서는  $\text{HI}(g)$ 가 생성되고 분해되는 가역 반응이 일어난다.

㉡. 밀폐 용기 안에서 일어나는 반응은 가역 반응이므로 충분한 시간이 지나면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아지는 동적 평형에 도달한다.

바로알기 ㉢. 동적 평형에 도달하였을 때 반응물인  $\text{H}_2(g)$ ,  $\text{I}_2(g)$ 와 생성물인  $\text{HI}(g)$ 가 모두 존재하므로 기체는 무색이 아닌 옅은 보라색을 띤다.

# 14 물의 자동 이온화

## 개념 확인 문제

본책 145쪽, 147쪽

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ 2 ㉠ 산 ㉡ 염기 3 (1) ○ (2) × (3) ○  
 4 (1) 곱 (2) 감소 (3) 감소 (4)  $1.0 \times 10^{-14}$  5 (1) × (2) ○ (3) ×  
 (4) × 6 (다) > (나) > (가) 7 (1) 중성 (2) 0 (3) 커진다  
 8 (1) ㉠  $1.0 \times 10^{-2}$  ㉡  $1.0 \times 10^{-12}$  ㉢ 2 ㉠ 12 (2) ㉠  $1.0 \times 10^{-11}$   
 ㉡  $1.0 \times 10^{-3}$  ㉢ 11 ㉣ 3 9 100배

- 1 (1)  $\text{NH}_3$ 는 물에 녹아  $\text{OH}^-$ 을 직접 내놓지 못하므로 아레니우스 염기가 아니다.  
 (2)  $\text{H}_2\text{O}$ 은 산으로도 작용할 수 있고, 염기로도 작용할 수 있는 양쪽성 물질이다.  
 (3) 브뢴스테드·로리의 정의는 수용액이 아닌 상태에서 일어나는 산 염기 반응과  $\text{OH}^-$ 을 가지고 있지 않지만 염기성을 나타내는 물질도 설명할 수 있다.

- 2  $\text{HCl}$ 는  $\text{H}^+$ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고,  $\text{NH}_3$ 는  $\text{H}^+$ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

- 3 (1) 물의 자동 이온화는 순수한 물에서 매우 적은 양의 물 분자끼리 수소 이온( $\text{H}^+$ )을 주고받아 하이드로늄 이온( $\text{H}_3\text{O}^+$ )과 수산화 이온( $\text{OH}^-$ )을 만들어 내는 과정이다.  
 (2), (3) 물의 자동 이온화는 정반응과 역반응이 가역적으로 일어나는 반응이며, 정반응 속도와 역반응 속도가 같아지는 동적 평형에 도달할 수 있다.

- 4 (1) 물의 이온화 상수( $K_w$ )는 물의 자동 이온화에 의해 수용액 속에 존재하는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도를 곱한 값이다.

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

- (2), (3) 일정한 온도에서 물의  $K_w$ 는 일정하므로 수용액의  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 증가할수록  $[\text{OH}^-]$ 는 감소하고, 수용액의  $[\text{OH}^-]$ 가 증가할수록  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 감소한다.  
 (4)  $25^\circ\text{C}$ 에서 순수한 물의 이온화 상수( $K_w$ )= $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=1.0 \times 10^{-14}$ 이다.

- 5 (1) 수소 이온 농도 지수( $\text{pH}$ )= $-\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이다.  
 (2)  $25^\circ\text{C}$  수용액에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )= $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=1.0 \times 10^{-14}$ 이므로  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이다.  
 (3), (4) 수용액의  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 클수록  $\text{pH}$ 는 작고, 수용액의  $[\text{OH}^-]$ 가 클수록  $\text{pH}$ 는 크다.

- 6 (가)는 수용액에  $\text{H}^+$ 이 녹아 있으므로 산성이고, (나)는  $\text{H}^+$ 이나  $\text{OH}^-$ 이 녹아 있지 않으므로 중성, (다)는  $\text{OH}^-$ 이 녹아 있으므로 염기성이다.  $25^\circ\text{C}$ 에서 산성 용액은  $\text{pH}$ 가 7보다 작고, 중성 용액은  $\text{pH}$ 가 7이며, 염기성 용액은  $\text{pH}$ 가 7보다 크므로  $\text{pH}$ 의 크기는 (다) > (나) > (가)이다.

- 7 (1)  $25^\circ\text{C}$ 에서  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로  $25^\circ\text{C}$  중성 용액에서는  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

- (2)  $25^\circ\text{C}$ 에서 수용액의 액성에 따른  $\text{pH}$ 는 산성이 강할수록 0에 가깝고, 염기성이 강할수록 14에 가깝다.  
 (3) 순수한 물에 염기를 넣어 녹이면,  $K_w$ 는 일정한데  $[\text{OH}^-]$ 가 커지므로  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 작아진다. 따라서  $\text{pH}$ 는 커진다.

- 8 (1)  $25^\circ\text{C}$ 의  $0.01 \text{ M HCl(aq)}$ 에서  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이므로  $\text{pH} = 2$ 이다. 이때  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로  $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이고,  $\text{pOH} = 12$ 이다.  
 (2)  $25^\circ\text{C}$ 의  $0.001 \text{ M KOH(aq)}$ 에서  $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로  $\text{pOH} = 3$ 이다. 이때  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이고,  $\text{pH} = 11$ 이다.

- 9  $\text{pH}$ 가 1 작은 경우 수소 이온 농도는 10배 크고,  $\text{pH}$ 가 2 작은 경우 수소 이온 농도는 100배 크다.

## 수능 자료 마스터

본책 148쪽

### 자료 1 ㉠

- 1 ㄱ. (가)에서  $\text{HCN}$ 는 물에 녹아  $\text{H}^+$ 을 내놓으므로 아레니우스 산이다.  
 ㄴ. (나)에서  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 은  $\text{HF}$ 로부터  $\text{H}^+$ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.  
 ㄷ.  $\text{H}_2\text{O}$ 은 (가)에서는  $\text{H}^+$ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이고, (다)에서는  $\text{H}^+$ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다. 즉,  $\text{H}_2\text{O}$ 은 양쪽성 물질로 작용한다.

## 수능 2점 다지기

본책 149쪽 ~150쪽

- 1 ㉠ 2 ㉠ 3 ㉠ 4 ㉠ 5 ㉠ 6 ㉠  
 7 ㉢ 8 ㉠

## 1 산 염기의 정의

### [자료 분석]

- 수용액에서  $\text{H}^+$ 을 내놓음 → 아레니우스 산  
 (가)  $\text{CH}_3\text{COOH(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$   
 →  $\text{H}^+$ 을 받음 → 브뢴스테드·로리 염기  
 (나)  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O(l)} \longrightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$   
 →  $\text{H}^+$ 을 내놓음 → 브뢴스테드·로리 산  
 →  $\text{OH}^-$ 이  $\text{H}^+$ 을 받음 → 브뢴스테드·로리 염기  
 (다)  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH(s)} + \text{NaOH(aq)} \longrightarrow \text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)}$   
 →  $\text{H}^+$ 을 내놓음 → 브뢴스테드·로리 산

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 은 아레니우스 산이다.  
 ㉢ (나)에서  $\text{NH}_3$ 는 브뢴스테드·로리 염기이다.  
 ㉤ (다)에서  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 은 브뢴스테드·로리 산이다.

- ㄱ. (가)에서  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 은 물에 녹아  $\text{H}^+$ 을 내놓으므로 아레니우스 산이다.
- ㄴ. (나)에서  $\text{NH}_3$ 는  $\text{H}^+$ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
- ㄷ. (다)에서  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 은  $\text{H}^+$ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

## 2 물의 자동 이온화와 물의 이온화 상수

### |선택지 분석|

- ☒ 물의 자동 이온화 반응은 가역 반응이다.
- ☒ 25 °C에서 순수한 물속의  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-14} \text{ M}$ 보다 작다.  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다
- ☒ 25 °C에서 순수한 물의 pH는 pOH보다 크다.  
pH=pOH=7이다

ㄱ. 물의 자동 이온화 반응은 역반응도 동시에 일어나므로 가역 반응이다.

ㄴ. 25 °C에서 물의  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이고, 순수한 물의  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와  $[\text{OH}^-]$ 는 서로 같다. 따라서 25 °C에서 순수한 물의  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 로,  $1.0 \times 10^{-14} \text{ M}$ 보다 크다.

ㄷ. 25 °C에서 순수한 물의  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 pH와 pOH는 모두 7로 같다.

## 3 물의 이온화 상수와 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , $[\text{OH}^-]$ 의 관계

### |자료 분석|

- 1단계: 25 °C에서 물의 이온화 상수  $K_w$ 는 다음과 같다.  
 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$
- 2단계: 염산이 모두 이온화한다고 가정하면  
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-(\text{㉠})} \text{ M}$ 이다.  
→ 0.1 M 염산이므로  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ M}$ 이다.
- 3단계: 2단계 자료를  $K_w$ 에 대입하면  
 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-(\text{㉡})} \text{ M}$ 이다.  
→  $K_w = (1.0 \times 10^{-1}) \times [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로  
 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이다.

### |선택지 분석|

- ☒ ㉠은 1이다.
- ☒ ㉡은 13이다.
- ☒ 염산의 농도를 10배 묶으면 ㉡은 작아진다.

ㄱ. 염산의 몰 농도가 0.1 M이므로 염산의  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ M}$ 이다. 따라서 ㉠은 1이다.

ㄴ.  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로  $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이다. 따라서 ㉡은 13이다.

ㄷ. 0.1 M 염산의 농도를 10배 묶으면 0.01 M이 되어  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이 되므로 ㉡은 12가 된다.

## 4 물의 이온화 상수와 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , $[\text{OH}^-]$ 의 관계

### |선택지 분석|

- ☒  $1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$
- ☒  $1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$
- ☒  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$
- ☒  $1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$
- ☒  $1.0 \times 10^{-13} \text{ M}$

25 °C에서  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 25 °C에서 어떤 전해질이 녹아 있는 수용액의  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가  $1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 일 때,  $K_w = (1.0 \times 10^{-3}) \times [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이다. 따라서 이 수용액의  $[\text{OH}^-]$ 는  $1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다.

## 5 수용액의 pH

### |선택지 분석|

- ☒ 2      ☒ 4      ☒ 6
- ☒ 10      ☒ 12

수산화 나트륨( $\text{NaOH}$ ) 4 g을 물에 녹여 만든 10 L 수용액의 몰 농도는  $\frac{0.1 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이므로  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도도  $1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다.

25 °C에서 물의 이온화 상수  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. 따라서 수용액의 pH는 12이다.

## 6 수용액의 pH

### |자료 분석|

- |실험 과정|
- $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 1$
- (가) 25 °C에서 0.1 M 염산과 0.1 M 수산화 나트륨 수용액을 준비한다.  
→  $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ M}$   
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-13} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 13$
- (나) 과정 (가)의 두 수용액을 각각 10배로 묶는다.  
0.1 M 염산 → 0.01 M 염산:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 2$   
0.1 M 수산화 나트륨 수용액 → 0.01 M 수산화 나트륨 수용액:  
 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-12} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 12$
- (다) 과정 (가)의 두 수용액을 각각 100배로 묶는다.  
0.1 M 염산 → 0.001 M 염산:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 3$   
0.1 M 수산화 나트륨 수용액 → 0.001 M 수산화 나트륨 수용액:  
 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 11$

|실험 결과| 각 수용액의 pH는 표와 같다.

과정	염산	수산화 나트륨 수용액
(가)	㉠=1	㉡=13
(나)	㉢=2	12
(다)	3	㉣=11

### |선택지 분석|

- ☒ ㉠=㉡이다. ㉠<㉡
- ☒ ㉢<㉣이다.
- ☒ ㉠+㉢=㉣+㉤이다. ㉠+㉢>㉣+㉤

(가) 0.1 M 염산의  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ M}$ 이므로 pH=1(㉠)이다.

(가) 0.1 M 수산화 나트륨 수용액의  $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-1} \text{ M}$ 이고, 25 °C에서  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이다. 따라서 pH=13(㉡)이다.

(나) 0.1 M 염산을 10배로 묶으면 0.01 M이 되므로  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다. 따라서 pH=2(㉢)가 된다.

(나) 0.1 M 수산화 나트륨 수용액을 10배로 묶으면 0.01 M이 되므로  $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. 따라서 pH=12이다.

(다) 0.1 M 염산을 100배로 묶으면 0.001 M이 되므로  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. 따라서 pH=3이다.



(다) 0.1 M 수산화 나트륨 수용액을 100배로 묽히면 0.001 M 이 되므로  $[\text{OH}^-]=1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+]=1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$  이다. 따라서  $\text{pH}=11$ (㉔)이다.

ㄴ. (나)와 (다)에서 ㉔=2, ㉔=11이므로 ㉔<㉔이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 ㉔=1, ㉔=13이므로 ㉔<㉔이다.

ㄷ. (가)~(다)에서 ㉔=1, ㉔=13, ㉔=2, ㉔=11이므로 ㉔+㉔>㉔+㉔이다.

## 7 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , $[\text{OH}^-]$ , pH의 관계

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

㉔ 수용액의 pH는 2이다.

㉔ 수용액의  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다.

✕ 수용액에 염화 수소를 더 녹이면 수용액의 pH는 커진다.  
 작아진다

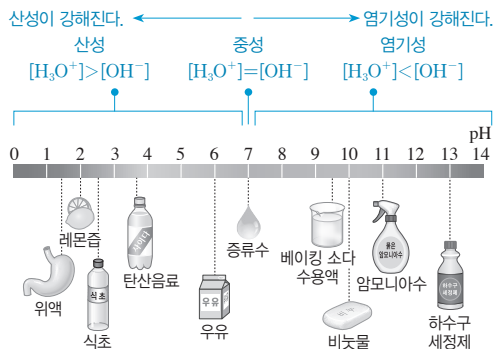
ㄱ. 수용액의 수소 이온 농도가 0.01 M이므로 수용액의 pH는 2이다.

ㄴ. 수용액의 수소 이온 농도가 0.01 M이고, 25 °C에서 물의 이온화 상수  $K_w=1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 25 °C에서  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다.

바로알기 ㄷ. 수용액에 염화 수소를 더 녹이면 수용액의 수소 이온 농도가 증가하므로 수용액의 pH는 작아진다.

## 8 우리 주변 물질의 pH

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

㉔ BTB 용액을 떨어뜨릴 때 노란색을 띠는 것은 5가지이다.

㉔  $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ 인 것은 4가지이다.

㉔  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 인 것은 중류수이다.

ㄱ. BTB 용액을 떨어뜨릴 때 노란색을 띠는 것은 산성이다. 산성 물질은 pH가 7보다 작은 위액, 레몬즙, 식초, 탄산음료, 우유로 5가지이다.

ㄴ.  $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이면 산성,  $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ 이면 염기성이다. 염기성 물질은 베이킹 소다 수용액, 비눗물, 암모니아수, 하수구 세정제로 4가지이다.

ㄷ. 25 °C에서  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 인 것은 중성인 중류수이다.

## 수능 3점 공부하기

본책 151쪽 ~ 153쪽

1 ①	2 ⑤	3 ②	4 ③	5 ⑤	6 ⑤
7 ①	8 ③	9 ①	10 ②	11 ①	12 ⑤

## 1 산 염기의 정의

### [자료 분석]

(가) 수산화 칼륨(KOH)을 물에 녹이면 칼륨 이온( $\text{K}^+$ )과 수산화 이온( $\text{OH}^-$ )이 생성된다.



(나) 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )을 물에 녹이면 아세트산 이온( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ )과 하이드로늄 이온( $\text{H}_3\text{O}^+$ )이 생성된다.



(다) 암모니아( $\text{NH}_3$ )를 염화 수소(HCl)와 반응시키면 염화 암모늄( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )이 생성된다.



### [선택지 분석]

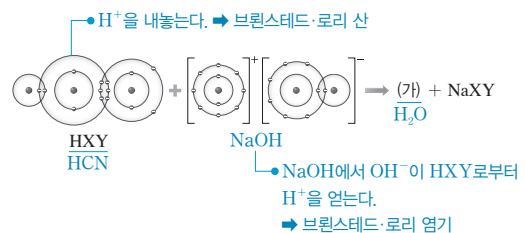
	A	B
①	(가)	(나), (다)
②	(나)	(가), (다)
③	(다)	(가), (나)
④	(가), (나)	(다)
⑤	(나), (다)	(가), (다)

(가)에서 KOH은 물에 녹아  $\text{OH}^-$ 을 내놓으므로 아레니우스 염기이지만, 다른 물질로부터  $\text{H}^+$ 을 받지 않으므로 브뢴스테드·로리 염기는 아니다.

(나)와 (다) 중에는 물에 녹아  $\text{OH}^-$ 을 내놓는 물질이 없으므로 아레니우스 염기를 포함하는 반응은 없다. 그러나 (나)에서  $\text{H}_2\text{O}$ 은  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 으로부터  $\text{H}^+$ 을 받아  $\text{H}_3\text{O}^+$ 이 되므로 브뢴스테드·로리 염기이며, (다)에서  $\text{NH}_3$ 는 HCl로부터  $\text{H}^+$ 을 받아  $\text{NH}_4^+$ 이 되므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

## 2 브뢴스테드·로리 산 염기

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

㉔ HXY는 브뢴스테드·로리 산이다.

㉔ (가)의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

㉔ NaXY에서 X와 Y는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

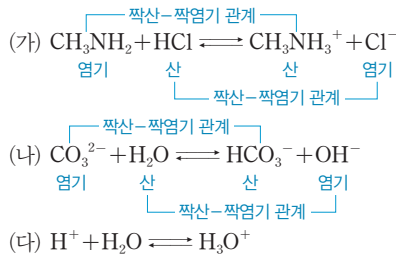
ㄱ. HXY는  $\text{H}^+$ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄴ. (가)는  $\text{H}_2\text{O}$ 이므로 극성 분자이다. 따라서 (가)는 쌍극자 모멘트 0이 아니다.

ㄷ. X와 Y는 각각 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 채우고 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

### 3 짝산 - 짝염기

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ☒ (가)에서  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ 은  $\text{HCl}$ 의 짝염기이다.  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$
- ☐ (나)에서  $\text{HCO}_3^-$ 은  $\text{CO}_3^{2-}$ 의 짝산이다.
- ☒ (다)에서  $\text{H}_2\text{O}$ 은 아레니우스 산이다.  
 브뢴스테드·로리 염기

산이  $\text{H}^+$ 을 내놓아 생성된 물질이 그 산의 짝염기이고, 염기가  $\text{H}^+$ 을 얻어 생성된 물질이 그 염기의 짝산이다.

ㄴ. (나)에서  $\text{HCO}_3^-$ 은  $\text{OH}^-$ 에게  $\text{H}^+$ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고,  $\text{CO}_3^{2-}$ 의 짝산이다.

▶▶▶ (가)에서  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ 은  $\text{HCl}$ 로부터  $\text{H}^+$ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이고,  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$ 의 짝염기이다.

ㄷ. (다)의 반응은 아레니우스 산 염기 정의로 설명할 수 없다. (다)에서  $\text{H}_2\text{O}$ 은  $\text{H}^+$ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

### 4 물의 자동 이온화

#### |선택지 분석|

- ☐ 물의 자동 이온화 반응은 동적 평형에 도달할 수 있다.
- ☐ 25 °C에서 순수한 물속의  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.
- ☒ 25 °C의 순수한 물에서  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 농도는  $\text{H}_2\text{O}$ 의 농도보다 더 크다. 작다

ㄱ. 물의 자동 이온화에 의해 생성된 하이드로늄 이온( $\text{H}_3\text{O}^+$ )과 수산화 이온( $\text{OH}^-$ )은 서로 반응하여 다시 물 분자를 생성할 수 있으므로 물의 자동 이온화는 가역 반응이다. 따라서 물의 자동 이온화 반응은 동적 평형에 도달할 수 있다.

ㄴ. 25 °C에서  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이고, 순수한 물에서  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도와  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도는 서로 같으므로 모두  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

▶▶▶ 물의 자동 이온화는 매우 적은 양의 물 분자에서만 일어나므로 25 °C의 순수한 물에서  $\text{H}_2\text{O}$ 의 농도가  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 농도보다 더 크다.

### 5 물의 이온화 상수

#### |자료 분석|

온도(°C)	$K_w$
0	$0.11 \times 10^{-14}$
20	$0.68 \times 10^{-14}$
25	$1.00 \times 10^{-14}$
40	$2.92 \times 10^{-14}$
60	$9.61 \times 10^{-14}$

온도가 높아질수록  $K_w$ 가 증가한다.  
 ➔ 순수한 물의 pH는 온도가 높아질수록 작아진다.

#### |선택지 분석|

- ☐ 순수한 물의 pH는 20 °C에서가 60 °C에서보다 크다.
- ☒  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는 25 °C에서가 40 °C에서보다 크다. 작다
- ☐ 70 °C에서  $K_w$ 는  $9.61 \times 10^{-14}$ 보다 크다.

ㄱ. 물의 온도가 낮아질수록  $K_w$ 가 작아지므로 순수한 물의 pH는 온도가 낮을수록 커진다. 따라서 순수한 물의 pH는 20 °C에서가 60 °C에서보다 크다.

ㄷ. 물의 온도가 높아질수록  $K_w$ 가 커지므로 70 °C에서  $K_w$ 는  $9.61 \times 10^{-14}$ 보다 크다.

▶▶▶ ㄴ.  $K_w$ 가 클수록  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는 커지므로  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는 25 °C에서가 40 °C에서보다 작다.

### 6 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , pH

#### |선택지 분석|

- ☐  $x = 1.0 \times 10^{-2}$ 이다.
- ☒ 수용액 속에 존재하는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은  $\frac{1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}}{1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}}$ 이다.
- ☐ 물을 더 넣어 수용액의 부피를 1000 mL로 만들면 수용액의 pH는 3이다.

ㄱ. pH=2이므로 수용액의  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이 된다. 따라서  $\text{HCl(aq)}$ 의 몰 농도  $x = 1.0 \times 10^{-2} \text{ (M)}$ 이다.

ㄷ. 물을 더 넣어 수용액의 부피를 1000 mL로 만들면 수용액은 10배 묽어지므로 수용액의 pH는 3이다.

▶▶▶ ㄴ. 수용액의 몰 농도가  $1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고 부피가 0.1 L이므로 수용액 속에 존재하는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.

### 7 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , $[\text{OH}^-]$

#### |자료 분석|

•  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol) =  $1.0 \times 10^{-2} \times 0.1 = 1.0 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$

구분	수용액	부피(L)	pH	$[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})$	$[\text{OH}^-](\text{M})$
(가)	$\text{HCl(aq)}$	0.1	2	$1.0 \times 10^{-2}$	$1.0 \times 10^{-12}$
(나)	$\text{NaOH(aq)}$	10	13	$1.0 \times 10^{-13}$	$1.0 \times 10^{-1}$

•  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol) =  $1.0 \times 10^{-13} \times 10 = 1.0 \times 10^{-12} \text{ (mol)}$

#### |선택지 분석|

- ☐ (가)에 들어 있는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다.
- ☒ (나)에 들어 있는  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도는  $\frac{1.0 \times 10^{-1} \text{ M}}{1.0 \times 10^{-1} \text{ M}}$ 이다.
- ☒ 수용액에 들어 있는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은 (가)가 (나)의  $\frac{10^8 \text{ 배}}{10^9 \text{ 배}}$ 이다.

ㄱ. (가)의 pH=2이므로 (가)에 들어 있는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다.

▶▶▶ ㄴ. (나)의 pH=13이므로 (나)에 들어 있는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이고,  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-1} \text{ M}$ 이다.

ㄷ. 수용액에 들어 있는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은 다음과 같다.

(가)  $1.0 \times 10^{-2} \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

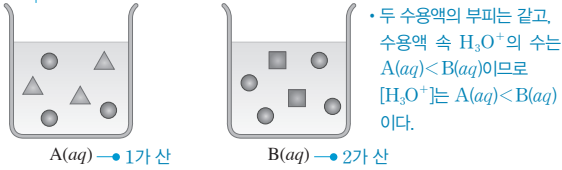
(나)  $1.0 \times 10^{-13} \text{ M} \times 10 \text{ L} = 1.0 \times 10^{-12} \text{ mol}$

따라서  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은 (가)가 (나)의  $10^9$ 배이다.

## 8 수용액의 pH, pOH

### [자료 분석]

두 수용액에 공통으로 들어 있는  $\bullet$ 이  $\text{H}_3\text{O}^+$ 이다.



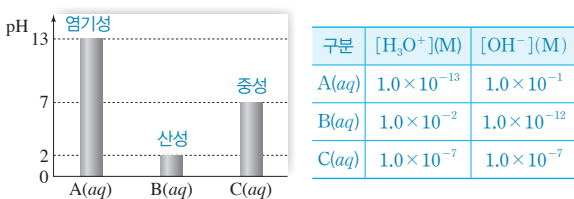
### [선택지 분석]

- ☐  $\bullet$ 은  $\text{H}_3\text{O}^+$ 이다.  
☐ 수용액의 pH는  $A(aq) > B(aq)$ 이다.  
☒ 수용액의 pH+pOH 값은  $A(aq) > B(aq)$ 이다.  
 $A(aq)=B(aq)$

- ㄱ. 공통으로 들어 있는 이온이  $\text{H}_3\text{O}^+$ 이므로  $\bullet$ 은  $\text{H}_3\text{O}^+$ 이다.  
 ㄴ.  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 클수록 pH가 작으므로 pH는  $A(aq) > B(aq)$ 이다.  
 [바로알기] ㄷ. 수용액의 온도가  $25^\circ\text{C}$ 로 일정하므로 수용액의 pH+pOH 값은  $A(aq)$ ,  $B(aq)$  모두 14로 같다.

## 9 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , $[\text{OH}^-]$

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ A(aq)에 BTB 용액을 1~2방울 떨어뜨리면 파란색으로 변한다.  
☒  $[\text{OH}^-]$ 는 B(aq)이 A(aq)의  $10^{11}$ 배이다.  $\frac{1}{10^{11}}$ 배  
☒ 수용액에 존재하는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은 B(aq)이 C(aq)의 5배이다.  $10^5$ 배

- ㄱ. A(aq)은 염기성이므로 이 수용액에 BTB 용액을 1~2방울 떨어뜨리면 파란색으로 변한다.  
 [바로알기] ㄴ. A(aq)의  $[\text{OH}^-]$ 는  $1.0 \times 10^{-1} \text{ M}$ 이고, B(aq)의  $[\text{OH}^-]$ 는  $1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. 따라서  $[\text{OH}^-]$ 는 B(aq)이 A(aq)의  $\frac{1}{10^{11}}$ 배이다.  
 ㄷ. B(aq)의  $[\text{H}_3\text{O}^+]=1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고, C(aq)의  $[\text{H}_3\text{O}^+]=1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. 두 수용액의 부피가 같으므로 수용액 속에 존재하는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은 B(aq)이 C(aq)의  $10^5$ 배이다.

## 10 수용액의 $[\text{OH}^-]$ , $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양

### [자료 분석]

구분	(가)	(나)	(다)
수용액	0.2 M HA(aq) 50 mL	0.2 M H <sub>2</sub> B(aq) 150 mL	0.5 M HC(aq) 20 mL
$[\text{H}_3\text{O}^+]$	0.2 M	0.4 M	0.5 M
$\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양	0.01 mol	0.06 mol	0.01 mol

### [선택지 분석]

- ☒ pH가 가장 큰 것은 (다)이다. (가)  
☐  $[\text{OH}^-]$ 는 (가)가 가장 크다.  
☒ 수용액에 존재하는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은 (가)가 (다)보다 크다.  
 (가)와 (다)가 같다

- ㄴ.  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (다) > (나) > (가)이고  $K_w$ 는 일정하므로  $[\text{OH}^-]$ 는 (가) > (나) > (다)이다.  
 [바로알기] ㄱ. (가)는  $[\text{H}_3\text{O}^+]=0.2 \text{ M}$ , (나)는  $[\text{H}_3\text{O}^+]=0.4 \text{ M}$ , (다)는  $[\text{H}_3\text{O}^+]=0.5 \text{ M}$ 이므로 pH는 (가) > (나) > (다)이다.  
 ㄷ. 수용액에 존재하는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은 (가)가  $0.2 \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ , (다)가  $0.5 \text{ M} \times 0.02 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 로 (가)와 (다)가 같다.

## 11 우리 주변 물질의 pH

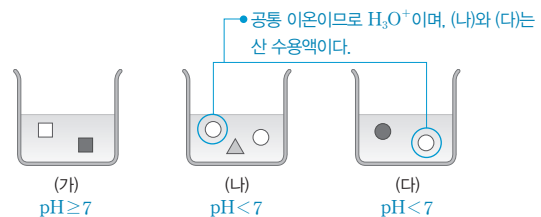
### [선택지 분석]

- ☐ 증류수에 들어 있는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.  
☒  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는 커피가 탄산음료의  $\frac{1}{100}$ 배이다.  
☒  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도는 제산제가 하수구 세정제의  $\frac{1}{1000}$ 배이다.  
 $\frac{1}{1000}$ 배

- ㄱ. 증류수의 pH는 7이므로 증류수에 들어 있는  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도와  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도는 모두  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.  
 [바로알기] ㄴ. 커피는 탄산음료보다 pH가 2만큼 크므로  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는 탄산음료의  $\frac{1}{100}$ 배이다.  
 ㄷ. 제산제는 하수구 세정제보다 pH가 3만큼 작으므로  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 몰 농도는 하수구 세정제의 1000배이고,  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도는 하수구 세정제의  $\frac{1}{1000}$ 배이다.

## 12 수용액의 pOH, $[\text{OH}^-]$

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☐ 수용액의 pOH는 (가)가 가장 작다.  
☒ (다)의  $[\text{OH}^-] \geq 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. <  
☐ 메틸 오렌지 용액을 떨어뜨렸을 때 노란색을 띠는 수용액은 1가지이다.

- 산 수용액이 2가지인데, 공통적인 이온( $\circ$ )을 가지고 있는 수용액은 (나)와 (다)이므로  $\circ$ 은  $\text{H}_3\text{O}^+$ 이고, (나)와 (다)가 산 수용액이다. 따라서 (가)는 중성이나 염기성 물질이 녹아 있는 수용액이다.  
 ㄱ. 수용액의 pH는 (가) > (다) > (나)이므로 pOH는 (나) > (다) > (가)이다.  
 ㄷ. 메틸 오렌지 용액을 떨어뜨렸을 때 노란색을 띠는 수용액은 중성이나 염기성 물질이 녹아 있는 수용액인 (가) 1가지이다.  
 [바로알기] ㄴ. (다)는 산 수용액이므로  $[\text{OH}^-] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

# 15 산 염기 중화 반응

## 개념 확인 문제

본책 155쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ 2 50 mL 3 (1) 중화 적정 (2) ㉠ 중화 점 ㉡ 지시약 4 (가) 염기성 (나) 염기성 (다) 중성 (라) 산성

- 1 (1) 중화 반응이 일어날 때  $H^+$ 과  $OH^-$ 은 항상 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성한다.  
(2) 산과 염기의 종류에 따라 중화 반응으로 생성되는 염의 종류가 다르다.  
(3) 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 항상  $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$ 이다.

- 2 0.1 M  $HCl(aq)$  100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.2 M  $NaOH(aq)$ 의 부피를  $x$ 라고 하면, 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$1 \times 0.1 M \times 100 mL = 1 \times 0.2 M \times x, x = 50 mL$$

- 3 (1) 중화 반응을 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 알아내는 과정을 중화 적정이라고 한다.  
(2) 산과 염기가 각각 내놓는  $H^+$ 과  $OH^-$ 의 양(mol)이 같아지면 산과 염기는 서로를 완전히 중화시키는데, 이 지점을 중화점이라고 한다. 중화점을 찾아낼 때는 중화점의 pH 범위에서 색이 변하는 지시약을 사용한다.

- 4 (가)와 (나)의 용액에는  $OH^-$ 이 있으므로 용액의 액성은 염기성이고, (다)의 용액에는  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 모두 중화 반응하여 남아 있지 않으므로 용액의 액성은 중성이며, (라)의 용액에는  $H^+$ 이 있으므로 용액의 액성은 산성이다.

## 수능 자료 마스터

본책 156쪽 ~ 157쪽

자료 ㉠ 1 ㉠

자료 ㉡ 2 ㉡

자료 ㉢ 3 ㉢

- 1 혼합 용액의 단위 부피 속에 존재하는 양이온 수는 (가)는 ▲ 2개, ○ 3개, ■ 3개이고, (나)는 ○ 6개, ■ 2개이다. 그런데 혼합 용액의 총 부피는 (나)가 (가)의 2배이므로 (가)에 존재하는 양이온 수를 ▲ 2N, ○ 3N, ■ 3N이라고 하면, (나)에 존재하는 양이온 수는 ○ 12N, ■ 4N이다.  
▲은 (가)에는 있고 (나)에는 없으므로 반응에 참여하는 이온인  $H^+$ 이다.  $NaOH(aq)$ 의 부피는 (나)가 (가)의 4배이므로 (나)의 개수가 (가)의 4배인 ○은  $Na^+$ 이고, 이에 따라 ■은  $K^+$ 이다.  
혼합 전  $NaOH(aq)$ 과  $KOH(aq)$ 에 들어 있는  $OH^-$ 의 수는 각각  $Na^+$  수와  $K^+$  수의 합과 같고,  $HCl(aq)$ 에 들어 있는  $H^+$ 의 수는 반응하여 소모된 개수와 혼합 용액에 존재하는 개수의 합과 같다. 따라서 혼합 전 각 용액에 들어 있는 이온 수와 혼합 후 생성된 물 분자 수는 다음과 같다.

구분		(가)	(나)
혼합 후 전체 양이온 수	$H^+$	2N	
	$Na^+$	3N	12N
	$K^+$	3N	4N
혼합 전 이온 수	$H^+$	2N + 6N = 8N	16N
	$Cl^-$	8N	16N
	$Na^+$ $K^+$ $OH^-$	3N 3N 6N	12N 4N 16N
생성된 물 분자 수		6N	16N

따라서  $\frac{(가)에서\ 생성된\ 물의\ 양(mol)}{(나)에서\ 생성된\ 물의\ 양(mol)} = \frac{6N}{16N} = \frac{3}{8}$ 이다.

- 2 (가)~(다)에서 2가지 염기 수용액을 사용했으므로 반응 후  $H^+$ 이 남아 있다면 혼합 용액 속에는 3종류의 양이온( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $H^+$ )이 들어 있고,  $H^+$ 이 모두 반응했다면 혼합 용액 속에는 2종류의 양이온( $Na^+$ ,  $K^+$ )이 들어 있다.

용액 (가)와 (나)에서 혼합 용액 내 양이온 수의 비가 각각 1 : 2와 1 : 9 중 하나이므로 (가)와 (나)에는 2종류의 양이온만 들어 있으며,  $HCl(aq)$ 에 들어 있는  $H^+$ 은 모두 반응하였다. 따라서 (가)와 (나)에서  $HCl(aq)$ 에 들어 있는  $H^+$  수는 생성된  $H_2O$  분자 수와 같으므로  $HCl(aq)$  10 mL에 들어 있는  $H^+$  수는 2N이다. 또한 (다)에서  $H^+$  수는 6N이고, 생성된 물 분자 수가 5N이므로 혼합 후  $H^+$  수는 N이다.

㉠과 ㉡은 각각 1 : 2와 1 : 9 중 하나이므로 용액 (가)에 들어 있는 양이온 수비를  $Na^+ : K^+ = 9 : 1$ 이라고 가정하면  $NaOH(aq)$  30 mL 속에 들어 있는  $Na^+$  수는 9N,  $KOH(aq)$  10 mL 속에 들어 있는  $K^+$  수는 N이라고 할 수 있다. 이를 (나)에 적용하면  $NaOH(aq)$  20 mL 속에 들어 있는  $Na^+$  수는 6N,  $KOH(aq)$  30 mL 속에 들어 있는  $K^+$  수는 3N이 되므로 (나)에 들어 있는 양이온 수비는  $Na^+ : K^+ = 2 : 1$ 이 되어 성립한다.

$NaOH(aq)$ 과  $KOH(aq)$ 에서는 각각 들어 있는 양이온 수와  $OH^-$  수가 같으므로 (가)에서는 물 분자 4N이 생성되고  $OH^-$  6N이 남는다. 따라서  $x = 4N$ 이다.

용액		혼합 전 용액의 부피(mL)			생성된 물 분자 수	혼합 용액 내 양이온 수의 비
		$HCl(aq)$	$NaOH(aq)$	$KOH(aq)$		
(가)	부피	20	30	10	$x = 4N$	$Na^+ : K^+ = 9 : 1$
	이온 수	$H^+$ 4N $Cl^-$ 4N	$Na^+$ 9N $OH^-$ 9N	$K^+$ N $OH^-$ N		
(나)	부피	10	20	30	2N	$Na^+ : K^+ = 2 : 1$
	이온 수	$H^+$ 2N $Cl^-$ 2N	$Na^+$ 6N $OH^-$ 6N	$K^+$ 3N $OH^-$ 3N		
(다)	부피	30	10	20	5N	
	이온 수	$H^+$ 6N $Cl^-$ 6N	$Na^+$ 3N $OH^-$ 3N	$K^+$ 2N $OH^-$ 2N		

(가)에서는  $OH^-$  6N이 남고, (나)에서는  $OH^-$  7N이 남고, (다)에서는  $H^+$  N이 남는다. 따라서 (가), (나), (다)를 모두 혼합한 용액에서는  $OH^-$  12N이 남으며,  $x = 4N$ 이므로 (가), (나), (다)를 모두 혼합한 용액에서  $OH^-$  수는  $3x$ 이다.

- 3 용액 I에 존재하는 이온은 A, B, C로 3가지이므로  $H^+$ 과  $OH^-$  중 하나는 모두 반응하여 존재하지 않는다. B는 용액 I에는 존재하였으나,  $NaOH(aq)$ 을 넣어 준 용액 II에서는 모두 반응하여 존재하지 않으므로 B는  $H^+$ 이다.

용액은 전기적으로 중성이므로 양이온의 총수와 음이온의 총수가 같아야 한다. 따라서 용액 I에서  $K^+$  수 +  $H^+$  수 =  $Cl^-$  수가 되어야 하므로 A가  $K^+$ , C가  $Cl^-$ 이다. 용액 II에서  $K^+$  수 +  $Na^+$  수 =  $Cl^-$  수 +  $OH^-$  수가 되어야 하므로 D가  $OH^-$ , E가  $Na^+$ 이다. 단위 부피당 이온 수  $\times$  혼합 용액의 부피 = 총 이온 수이므로 정리 하면 다음과 같다.

이온의 종류	A( $K^+$ )	B( $H^+$ )	C( $Cl^-$ )	D( $OH^-$ )	E( $Na^+$ )
I	단위 부피당 이온 수	4N	4N	8N	0
	총 이온 수 (15 mL)	60N	60N	120N	0
II	단위 부피당 이온 수	3N	0	6N	12N
	총 이온 수 (20 mL)	60N	0	120N	240N

$HCl(aq)$  5 mL에 들어 있는  $H^+$  수와  $Cl^-$  수는 각각 120N이고,  $NaOH(aq)$  5 mL에 들어 있는  $Na^+$  수와  $OH^-$  수는 각각 240N이다. 따라서  $HCl(aq)$  10 mL를 완전히 중화시킬 때 필요한  $NaOH(aq)$ 의 부피는 5 mL이며, 혼합 용액에 존재하는 단위 부피당 전체 양이온 수와 상댓값(n)은 다음과 같다.

$HCl(aq)$ 의 부피(mL)	10	10	10	10	10
$NaOH(aq)$ 의 부피(mL)	0	5	10	15	20
혼합 용액의 전체 부피(mL)	10	15	20	25	30
전체 양이온 수	240N	240N	480N	720N	960N
단위 부피당 전체 양이온 수	24N	16N	24N	28.8N	32N
n(상댓값)	1	$\frac{2}{3}$	1	1.2	$\frac{4}{3}$

이를 만족하는 그래프는 ②번이다.

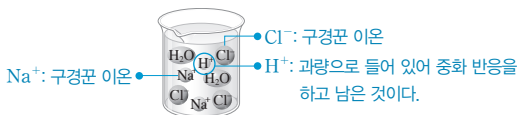
## 수능 2점 다지기

본책 158쪽 ~ 160쪽

- 1 ⑤    2 ①    3 ⑤    4 ①    5 ⑤    6 ③  
7 ⑤    8 ③    9 ①    10 ③    11 ⑤    12 ②

### 1 중화 반응의 이온 모형

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ㉠ 구경꾼 이온은 2종류이다. 구경꾼 이온:  $Na^+$ ,  $Cl^-$   
㉡ 반응시킨 수용액의 부피는 염산이 수산화 나트륨 수용액보다 크다.  
㉢ 혼합 전 염산에 들어 있는  $HCl$ 의 양(mol)은 수산화 나트륨 수용액에 들어 있는  $NaOH$ 의 양(mol)보다 크다.

농도가 같은  $HCl(aq)$ 과  $NaOH(aq)$ 을 반응시키면  $HCl(aq)$ 의  $H^+$ 과  $NaOH(aq)$ 의  $OH^-$ 이 중화 반응하여  $H_2O(l)$ 을 생성한다.

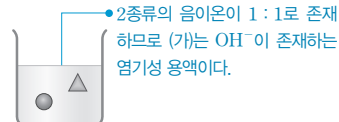
㉣. 구경꾼 이온은 반응에 참여하지 않는 이온으로  $Na^+$ ,  $Cl^-$  2종류이다.

㉤. 두 수용액의 농도가 같지만 중화 반응 후  $H^+$ 이 존재하므로 반응시킨 수용액의 부피는 염산이 수산화 나트륨 수용액보다 크다.

㉥. 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)에 용액의 부피(L)를 곱한 값이다. 농도가 같고 용액의 부피는 염산이 크므로 혼합 전 염산에 들어 있는  $HCl$ 의 양(mol)이 수산화 나트륨 수용액에 들어 있는  $NaOH$ 의 양(mol)보다 크다.

### 2 중화 반응의 양적 관계

#### [자료 분석]



구분	HX(aq)	
	x M 100 mL	0.1x M 200 mL
BOH(aq)	y M 100 mL (가) 염기성	(나) 산의 양(mol)이 (가)의 $\frac{1}{5}$ 이다. $\Rightarrow$ (나)는 염기성 용액이다.
	0.1y M 200 mL (다) $y=2x$ 이므로 염기의 양(mol)은 0.04x몰이다. $\Rightarrow$ (다)는 산성 용액이다.	(라)

#### [선택지 분석]

- ㉠  $x < y$ 이다.  
㉡ 혼합 용액의 pH는 (나) < (다)이다. (나) > (다)  
㉢ 혼합 용액 속 양이온의 양(mol)은 (가) < (다)이다. (가) > (다)

㉣. 모형을 통해 (가) 용액에는 서로 다른 음이온이 1 : 1의 비율로 존재함을 알 수 있다. 즉,  $H^+$ 과  $OH^-$ 은 1 : 1로 반응하여 물을 생성하였고, 과량의  $OH^-$ 이 남아 X-과 1 : 1로 존재하므로 혼합 용액은 염기성이며,  $y=2x$ 이다.

바로알기 ㉤. (나)에서 혼합 전 산의 양(mol)이 (가)의  $\frac{1}{5}$ 이므로 (나)는 염기성 용액이다. (다)에서 혼합 전 산의 양(mol)은 0.1x몰이고, 혼합 전 염기의 양(mol)은 0.02y몰 = 0.04x몰이므로 (다)는 산성 용액이다. 따라서 혼합 용액 (나)의 pH는 (다)의 pH보다 크다.

㉥. 혼합 용액 속 양이온의 양(mol)은 (가)에서  $B^+$  0.2x몰, (다)에서  $B^+$  0.04x몰과  $H^+$  0.06x몰이므로 (가) > (다)이다.

### 3 중화 반응의 양적 관계

#### [자료 분석]

• 물 농도가 같으므로 혼합 전 수용액 10 mL당 들어 있는  $H^+$  수,  $OH^-$  수를 각각 n이라고 가정하면, 생성되는 물 분자 수는 다음과 같다.

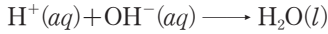
혼합 용액	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
$HCl(aq)$ (mL)	10 $H^+$ n	20 $H^+$ 2n	30 $H^+$ 3n	40 $H^+$ 4n	50 $H^+$ 5n
$NaOH(aq)$ (mL)	50 $OH^-$ 5n	40 $OH^-$ 4n	30 $OH^-$ 3n	20 $OH^-$ 2n	10 $OH^-$ n
생성되는 물 분자 수	n	2n	3n	2n	n



### [선택지 분석]

- ㉠ 생성된 물 분자 수는 (다)가 가장 크다.  
 ✕ 혼합 용액의 pH는 (라)가 (나)보다 크다. 작다  
 ㉡ 알짜 이온 반응식은 (가)~(마)가 모두 같다.

㉠. 생성된 물 분자 수는 (다) > (나) = (라) > (가) = (마)이다.  
 ㉡. 중화 반응에서 산의  $H^+$ 과 염기의  $OH^-$ 은 항상 알짜 이온이며, 알짜 이온 반응식은 다음과 같다.



▶ **바로알기** ㉢. 혼합 용액의 pH는 염기성 용액에서는  $OH^-$ 의 양(mol)이 클수록 크고, 산성 용액에서는  $H^+$ 의 양(mol)이 작을수록 크다. 따라서 pH는 (가) > (나) > (다) > (라) > (마)이다.

## 4 중화 반응의 양적 관계

### [자료 분석]

단위 부피를 1 mL로 가정한다. ▶

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			단위 부피당 생성된 물 분자 수	전체 생성된 물 분자 수
	HCl(aq)	NaOH(aq)	KOH(aq)		
(가)	10 120N	5 30N	0	2N	30N
(나)	5 60N	0	5 90N	6N	60N
(다)	15 180N	10 60N	5 90N	5N	150N

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 산성이다.  
 ✕ 총 이온 수는 (다)가 (나)의 2.5배이다. 2배  
 ✕ HCl(aq) 10 mL, NaOH(aq) 5 mL, KOH(aq) 5 mL를 혼합한 용액은 염기성이다. 중성

단위 부피를 1 mL로 가정하면 전체 생성된 물 분자 수는 (가) 30N, (나) 60N, (다) 150N이다.

(가)가 (나)보다 HCl(aq)의 부피가 큰데 생성되는 물 분자 수가 적은 것으로 보아, (가)에서 NaOH(aq) 5 mL에  $OH^-$  30N이 들어 있음을 알 수 있다. 따라서 (다)에서 NaOH(aq) 10 mL에는  $OH^-$  60N이 들어 있다.

(나)에서는 물 분자가 60N 생성되었으므로 KOH(aq) 5 mL에  $OH^-$  60N이 들어 있다고 가정하면, (다)에서 생성되는 물 분자 수는 120N이 되어 모순이 생긴다. 따라서 HCl(aq) 5 mL에  $H^+$  60N이 들어 있다.

(다)에서는 물 분자가 150N 생성되었는데, HCl(aq) 15 mL에  $H^+$  180N이 들어 있고, NaOH(aq) 10 mL에  $OH^-$  60N이 들어 있으므로 KOH(aq) 5 mL에  $OH^-$  90N이 들어 있다.

㉠. (가)에서는  $H^+$ 이 90N 남으므로 (가)는 산성이다.

▶ **바로알기** ㉢. (나)에서 중화 반응 후 혼합 용액에 들어 있는 이온 수는  $Cl^-$  60N,  $K^+$  90N,  $OH^-$  30N이다. (다)에서 중화 반응 후 혼합 용액에 들어 있는 이온 수는  $Cl^-$  180N,  $Na^+$  60N,  $K^+$  90N,  $H^+$  30N이다. 따라서 혼합 용액 속에 들어 있는 총 이온 수는 (다)가 (나)의 2배이다.

㉡. HCl(aq) 10 mL에는  $H^+$  120N이 들어 있고, NaOH(aq) 5 mL에는  $OH^-$  30N이 들어 있으며, KOH(aq) 5 mL에는  $OH^-$  90N이 들어 있다. 따라서 이 세 가지 용액을 혼합하면 완전히 중화되어 혼합 용액은 중성이 된다.

## 5 중화 반응의 양적 관계

### [자료 분석]

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HCl(aq)	10	20
	NaOH(aq)	5	30
	KOH(aq)	20	20
혼합 용액의 양이온 수비			

수용액은 전기적으로 중성이므로 용액에 존재하는  $Cl^-$ 의 수는  $Na^+$ 의 수와  $K^+$ 의 수,  $H^+$ 의 수의 합과 같아야 한다. 따라서 (가)에서 혼합 후 남아 있는  $H^+$ 의 수는 전체 양이온 수의  $\frac{1}{2}$ 보다 작아야 한다.

양이온의 종류가 2가지이므로  $H^+$ 은 존재하지 않는다.  $K^+$ 의 수는 (가)와 같고  $Na^+$ 의 수만 (가)보다 6배 증가하였으므로  $Na^+ : K^+ = 3 : 1$ 이다.

### [선택지 분석]

- ㉠  $Na^+$ 은 (가)와 (나)에 공통으로 존재한다.  
 ㉡ pH는 (가)가 (나)보다 작다.  
 ㉢ (나)에서 생성된 물 분자 수 =  $\frac{8}{3}$ 이다.  
 (가)에서 생성된 물 분자 수 =  $\frac{8}{3}$ 이다.

㉠. (가)에는  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ 이 존재하고, (나)에는  $H^+$ 이 모두 소모되어  $Na^+$ 과  $K^+$ 이 존재한다.

㉡. (가)에는  $H^+$ 이 존재하므로 용액의 액성은 산성이고, (나)에는  $H^+$ 이 존재하지 않으므로 용액의 액성은 중성 또는 염기성 용액이다. 따라서 pH는 (가) < (나)이다.

㉢. (나)에서  $K^+$  수는 (가)와 같고,  $Na^+$  수는 (가)의 6배이므로 (가)와 (나)에 들어 있는 이온 수는 다음과 같다.

용액	이온 수				
	$H^+$	$Na^+$	$K^+$	$OH^-$	$Cl^-$
(가)	N	N	2N	0	4N
(나)	0	6N	2N	0	8N

생성된 물 분자 수는 (가)에서 3N이고 (나)에서 8N이므로

(나)에서 생성된 물 분자 수 =  $\frac{8}{3}$ 이다.  
 (가)에서 생성된 물 분자 수 =  $\frac{8}{3}$ 이다.

## 6 중화 적정 실험 과정

### [자료 분석]

- 중화 적정 실험은 농도를 모르는 산이나 염기 용액의 농도를 적정하는 것이므로 가장 먼저 진행한다. ▶ 과정 ①
- (가) 농도를 모르는 HCl(aq) 10 mL를 삼각 플라스크에 넣고 BTB 용액 1~2방울을 떨어뜨린다.
  - 산성에서 노란색, 중성에서 초록색을 띠므로 혼합 용액이 노란색에서 초록색으로 변한 순간 적정을 멈춘다.
- 용액의 농도를 계산하여 구하는 과정이므로 가장 마지막에 진행한다. ▶ 과정 ⑤
- (나) 가수(n)와 수용액의 몰 농도(M) 및 부피(V)와 관련된 식  $n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$ 를 이용하여 HCl(aq)의 몰 농도를 구한다. ▶ 과정 ③
- (다) 삼각 플라스크 속 혼합 용액 전체가 초록색으로 변한 순간 뷰렛의 꼭지를 잠근다. ▶ 중화점 도달
- ▶ 과정 ②
- (라) 뷰렛에 0.1 M NaOH(aq)을 넣고, HCl(aq)이 들어 있는 삼각 플라스크에 조금씩 떨어뜨린다. ▶ 표준 용액
- ▶ 과정 ④
- (마) 뷰렛의 눈금을 이용하여 넣어 준 NaOH(aq)의 부피를 구한다.

### [선택지 분석]

- ① (가) → (나) → (다) → (라) → (마)  
 ② (가) → (다) → (나) → (라) → (마)  
 ③ (가) → (라) → (다) → (마) → (나)  
 ④ (가) → (라) → (마) → (다) → (나)  
 ⑤ (가) → (마) → (다) → (라) → (나)

(가) 농도를 모르는  $\text{HCl}(aq)$  10 mL를 삼각 플라스크에 넣고 BTB 용액 1~2방울을 떨어뜨린다. → (라) 뷰렛에 표준 용액인 0.1 M  $\text{NaOH}(aq)$ 을 넣고,  $\text{HCl}(aq)$ 이 들어 있는 삼각 플라스크에 뷰렛의 표준 용액을 넣어 주면서 삼각 플라스크를 바닥에 놓은 상태에서 살살 흔든다. → (다) 삼각 플라스크 속 혼합 용액 전체가 초록색으로 변한 순간 뷰렛의 꼭지를 잠근다. → (마) 뷰렛의 처음 눈금과 나중 눈금을 이용하여 넣어 준  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 구한다. → (나) 가수와 수용액의 몰 농도 및 부피와 관련된 식  $n_1M_1V_1=n_2M_2V_2$ 를 이용하여  $\text{HCl}(aq)$ 의 농도를 구한다.

## 7 중화 적정으로 염산의 농도 계산

### [자료 분석]

- 중화 적정 전  $\text{NaOH}(aq)$ 이 들어 있는 뷰렛의 눈금: 2 mL
- 중화 적정 후 중화점에서  $\text{NaOH}(aq)$ 이 들어 있는 뷰렛의 눈금: 12 mL
- 뷰렛의 눈금은 위쪽이 0 mL, 아래쪽이 50 mL 또는 100 mL로 표시된다. 따라서 중화 적정에 사용된 용액의 부피는 뷰렛의 나중 눈금에서 처음 눈금을 빼준 양이 된다.
- 적정에 사용된  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피:  $12 - 2 = 10(\text{mL})$

### [선택지 분석]

- ㉠  $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.05 M이다.  
 ㉡ 중화점에서 혼합 용액의 pH는 7이다.  
 ㉢ 중화점을 알아내기 위해서 BTB 용액을 사용할 수 있다.

㉠. 적정에 사용된  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는  $12 \text{ mL} - 2 \text{ mL} = 10 \text{ mL}$ 이다.  $n_1M_1V_1=n_2M_2V_2$ 에서  $1 \times \text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도  $\times 20 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 10 \text{ mL}$ 이므로  $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.05 M이다.

㉡. 중화점에서는 산과 염기가 완전히 중화되어 혼합 용액은 중성이 되므로 용액의 pH는 7이다.

㉢. 중화점을 알아내기 위해서 BTB 용액이나 페놀프탈레인 용액 등의 지시약을 사용할 수 있다.

## 8 중화 적정으로 식초 속 아세트산의 함량 계산

### [자료 분석]

식초 10 mL에 표준 용액인 0.1 M 수산화 나트륨 수용액을 완전히 중화될 때까지 넣었더니, 넣어 준 수산화 나트륨 수용액의 부피가 50 mL였다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 식초에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 몰 농도는 0.5 M이다.  
 ㉡ 식초에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 함량(%)은 3 %이다.  
 ㉢ 0.2 M 수산화 나트륨 수용액으로 실험하면 식초에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 함량(%)은 증가한다. 변함없다

㉠.  $n_1M_1V_1=n_2M_2V_2$ 에서  $1 \times \text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도  $\times 10 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL}$ 이므로  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도는 0.5 M이다.

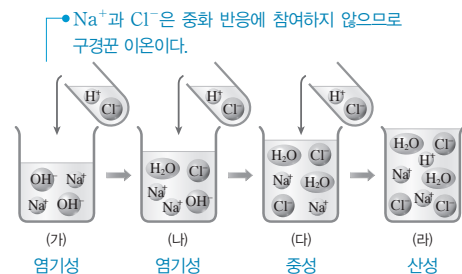
㉡. 사용한 식초에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 양(mol)은  $0.5 \text{ M} \times 0.01 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$ 이다.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 분자량이 60이므로  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.005 mol의 질량은  $0.005 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 0.3 \text{ g}$ 이며, 사용한 식초의 질량은  $1 \text{ g/mL} \times 10 \text{ mL} = 10 \text{ g}$ 이다. 따라서  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 함량(%)은 다음과 같다.

$$\frac{\text{CH}_3\text{COOH의 질량}}{\text{사용한 식초의 질량}} \times 100 = \frac{0.3 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100 = 3 \%$$

바로알기 ㉢. 0.2 M 수산화 나트륨 수용액으로 실험하면 완전히 중화될 때까지 넣어 준 수산화 나트륨 수용액의 부피만 감소할 뿐, 식초에 들어 있는  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 함량(%)은 변하지 않는다.

## 9 중화 적정 과정의 입자 모형

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠  $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.5 M이다.  
 ㉡ 구경꾼 이온의 종류는 (나)가 (다)보다 많다. 같다  
 ㉢ (라)에 위의  $\text{HCl}(aq)$  5 mL를 더 넣으면 (라)보다 pH가 더 커진다. 작아진다

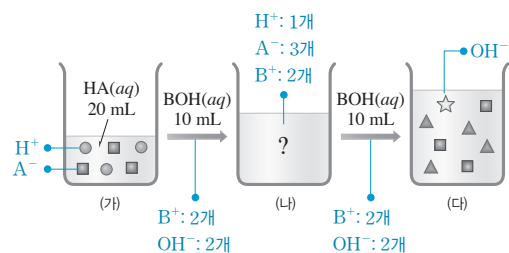
㉠. (다)가 중화점의 용액이며, 0.1 M  $\text{NaOH}(aq)$  50 mL를 완전히 중화시키는 데  $\text{HCl}(aq)$  10 mL가 사용되었으므로  $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.5 M이다.

바로알기 ㉡. 구경꾼 이온의 종류는 (나)와 (다) 모두  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  2종류이다.

㉢. (라)에  $\text{HCl}(aq)$  5 mL를 더 넣으면 수용액 속  $\text{H}^+$  농도가 커지므로 (라)보다 pH가 더 작아진다.

## 10 중화 적정 과정의 입자 모형

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ☆은  $\text{OH}^-$ 이다.  
 ㉡ 양이온 수는 (나)가 (가)보다 크다. (나)와 (다)가 같다  
 ㉢ (나)와 (다)까지 중화 반응으로 생성된 물 분자의 총수의 비는 (나) : (다) = 2 : 3이다.

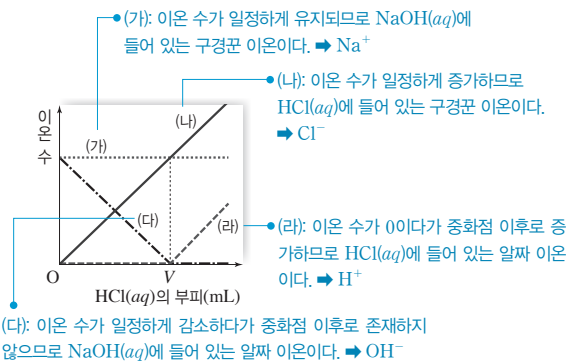
ㄱ. 일정량의 HA(aq)에 BOH(aq)을 가할 때 ■은 개수가 변하지 않는 구경꾼 이온이므로 A<sup>-</sup>이고, ●은 H<sup>+</sup>이다. 또, (다)에서 ☆과 ▲ 중 개수가 더 많은 것은 구경꾼 이온이므로 ▲은 B<sup>+</sup>이고, ☆은 OH<sup>-</sup>이다.

ㄷ. (다)에서는 (가)에 들어 있는 H<sup>+</sup> 3개가 모두 반응하고 OH<sup>-</sup> 1개가 남아 있으므로 BOH(aq) 20 mL에는 OH<sup>-</sup> 4개가 들어 있다. 따라서 (나)는 H<sup>+</sup> 2개와 OH<sup>-</sup> 2개가 반응하고 H<sup>+</sup> 1개가 남아 있는 상태이고, (다)는 H<sup>+</sup> 3개와 OH<sup>-</sup> 3개가 반응한 상태이며, (나)와 (다)까지 중화 반응으로 생성된 물 분자의 총수의 비는 (나) : (다) = 2 : 3이다.

**바로알기** ㄴ. 일정량의 HA(aq)에 BOH(aq)을 가할 때 반응하여 소모된 H<sup>+</sup>의 수만큼 B<sup>+</sup>의 수가 증가하므로 중화점까지 양이온 수는 일정하다. (나)는 중화 반응이 완결되기 전이므로 양이온 수는 (가)와 (나)가 같다.

## 11 중화 적정에서 이온 수 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ (나)는 구경꾼 이온이다.
- ㉡ (다)와 (라)가 반응하여 물이 생성된다.
- ㉢ 넣어 준 HCl(aq)의 부피가 V mL일 때가 중화점이다.

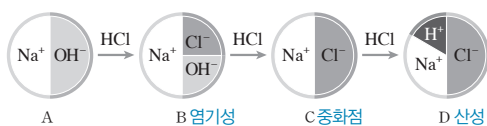
ㄱ. (가)는 Na<sup>+</sup>, (나)는 Cl<sup>-</sup>, (다)는 OH<sup>-</sup>, (라)는 H<sup>+</sup>이므로 (나)는 구경꾼 이온이다.

ㄴ. (다)는 OH<sup>-</sup>이고 (라)는 H<sup>+</sup>이므로 (다)와 (라)가 1 : 1의 몰비로 반응하여 물이 생성된다.

ㄷ. 넣어 준 HCl(aq)의 부피가 V mL일 때 혼합 수용액에 H<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>이 존재하지 않으므로 이때가 중화 반응이 완결된 중화점이다.

## 12 중화 적정에서 이온 수 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 전체 이온 수는 C가 A보다 크다. **같다**
- ㉡ Na<sup>+</sup>의 수는 C가 D보다 **크다**. **같다**
- ㉢ 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 C와 D가 같다.

ㄷ. C에는 OH<sup>-</sup>이 존재하지 않으므로 중화 반응이 완결되어 HCl(aq)을 더 가해도 물 분자가 더 이상 생성되지 않는다. 따라서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 C와 D가 같다.

**바로알기** ㄱ. 일정량의 NaOH(aq)에 HCl(aq)을 가하면 반응하는 OH<sup>-</sup>의 수만큼 Cl<sup>-</sup>의 수가 증가하므로 중화 반응이 완결될 때까지 전체 이온 수는 일정하다.

ㄴ. Na<sup>+</sup>은 구경꾼 이온이므로 이온 수가 일정하게 유지된다. 따라서 Na<sup>+</sup>의 수는 C와 D가 같다.

## 수능 3점 공부하기

본책 161~163쪽

- |     |     |     |      |      |     |
|-----|-----|-----|------|------|-----|
| 1 ㉠ | 2 ㉡ | 3 ㉠ | 4 ㉡  | 5 ㉡  | 6 ㉠ |
| 7 ㉡ | 8 ㉡ | 9 ㉢ | 10 ㉡ | 11 ㉠ |     |

## 1 중화 반응의 양적 관계

### [자료 분석]

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HCl(aq)	30 H <sup>+</sup> 12N Cl <sup>-</sup> 12N	10 H <sup>+</sup> 4N Cl <sup>-</sup> 4N
	NaOH(aq)	x=90 Na <sup>+</sup> 18N OH <sup>-</sup> 18N	y=10 Na <sup>+</sup> 2N OH <sup>-</sup> 2N
단위 부피당 이온 모형 (▲: Na <sup>+</sup> , ●: Cl <sup>-</sup> )			

### [선택지 분석]

- ㉠  $x+y=20$ 이다.  $x=90, y=10, x+y=100$
- ㉡ 같은 부피의 HCl(aq)과 NaOH(aq)을 혼합한 용액은 산성이다.
- ㉢ 중화 반응에서 생성된 물의 분자 수는 (가)가 (나)의 6배이다. (가) 12N, (나) 2N

HCl(aq)의 부피는 (가)가 (나)의 3배이고, 혼합 용액의 단위 부피당 Cl<sup>-</sup>의 수는 (나)가 (가)의 2배이므로 혼합 용액의 부피는 (가)가 (나)의 6배이다. 따라서  $30+x=6 \times (10+y)$  (㉠)이다.

(나)의 NaOH(aq) y mL에 들어 있는 Na<sup>+</sup>의 수가 2N일 때 (가)의 NaOH(aq) x mL에 들어 있는 Na<sup>+</sup>의 수는 18N이므로 NaOH(aq)의 부피는 (가)가 (나)의 9배이다. 따라서  $x=9y$  (㉡)이다.

㉠과 ㉡을 연립해서 풀면  $x=90, y=10$ 이다.

ㄴ. (나)에서 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>의 수가 각각 4N일 때, NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>의 수는 각각 2N이다. 따라서 같은 부피의 HCl(aq)과 NaOH(aq)을 혼합한 용액 속에는 H<sup>+</sup>이 존재하므로 혼합 용액은 산성이다.

ㄷ. (가)에서 HCl(aq) 30 mL에 들어 있는 H<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>의 수는 각각 12N이고 NaOH(aq) 90 mL에 들어 있는 Na<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>의 수는 각각 18N이므로 생성되는 물 분자 수는 12N이다. 또 (나)에서 HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 H<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>의 수는 각각 4N이고, NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>의 수는 각각 2N이므로 생성되는 물 분자 수는 2N이다. 따라서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 (가)가 (나)의 6배이다.

**바로알기** ㄱ.  $x+y=90+10=100$ 이다.

## 2 중화 반응의 양적 관계

### [자료 분석]

- $\text{HCl(aq)}$ 과  $\text{NaOH(aq)}$ 을 혼합한 용액이 산성이면 혼합 용액 속의  $\text{Cl}^-$  수는  $\text{Na}^+$  수와  $\text{H}^+$  수를 더한 값과 같고, 혼합한 용액이 염기성이면 혼합 용액 속의  $\text{Na}^+$  수는  $\text{Cl}^-$  수와  $\text{OH}^-$  수를 더한 값과 같다.

- $1.0 \times 10^{-2}(\text{mol})$ 의 이온 수를  $5N$ 으로,  $1.2 \times 10^{-2}(\text{mol})$ 의 이온 수를  $6N$ 으로 가정하면 이온 수는 다음과 같다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		전체 양이온의 양 (mol)	액성
	$\text{HCl(aq)}$	$\text{NaOH(aq)}$		
I	20 $\text{H}^+ 5N$ $\text{Cl}^- 5N$	30 $\text{Na}^+ 4.5N$ $\text{OH}^- 4.5N$	$1.0 \times 10^{-2}$ $5N = \text{Na}^+ 4.5N + \text{H}^+ 0.5N$	산성
II	20 $\text{H}^+ 5N$ $\text{Cl}^- 5N$	40 $\text{Na}^+ 6N$ $\text{OH}^- 6N$	$1.2 \times 10^{-2}$ $6N = \text{Na}^+ 6N$	염기성
III	30 $\text{H}^+ 7.5N$ $\text{Cl}^- 7.5N$	40 $\text{Na}^+ 6N$ $\text{OH}^- 6N$	$x \times 10^{-2}$ $7.5N = \text{Na}^+ 6N + \text{H}^+ 1.5N$	산성

- $1.0 \times 10^{-2}(\text{mol})$ 이  $5N$ 이므로  $7.5N$ 은  $1.5 \times 10^{-2}$ 이다.  
→  $x = 1.5$ 이다.

### [선택지 분석]

- ㉠  $x = 1.5$ 이다.

- ㉡ III에서 단위 부피당  $\text{H}^+$  수 = 3이다.  $\frac{15}{7}$

- ㉢ II 10 mL와 III 8 mL를 혼합한 용액의 액성은 산성이다.

$1.0 \times 10^{-2}(\text{mol})$ 의 이온 수를  $5N$ 으로,  $1.2 \times 10^{-2}(\text{mol})$ 의 이온 수를  $6N$ 으로 가정하면, 실험 II에서 혼합 용액이 염기성으로 혼합 용액에 들어 있는 양이온은 모두  $\text{Na}^+$ 이다. 전체 양이온의 수가  $6N$ 이므로  $\text{NaOH(aq)}$  40 mL에는  $\text{Na}^+$ 이  $6N$ 씩 들어 있다. 즉,  $\text{NaOH(aq)}$ 은 10 mL당  $\text{Na}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 이 각각  $1.5N$  들어 있다.

I에서  $\text{NaOH(aq)}$  30 mL에  $\text{Na}^+$ 이  $4.5N$  들어 있고 혼합 용액이 산성이므로 전체 양이온의 수인  $5N = \text{Na}^+ 4.5N + \text{H}^+ 0.5N$ 이다. 따라서  $\text{HCl(aq)}$  20 mL에는  $\text{H}^+$ 이  $5N$  들어 있다. 즉,  $\text{HCl(aq)}$ 은 10 mL당  $\text{H}^+$ 과  $\text{Cl}^-$ 이 각각  $2.5N$  들어 있다.

㉠. III에서  $\text{HCl(aq)}$  30 mL에  $\text{H}^+$ 과  $\text{Cl}^-$ 이 각각  $7.5N$  들어 있고,  $\text{NaOH(aq)}$  40 mL에  $\text{Na}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 이 각각  $6N$  들어 있다. 따라서 혼합 용액의 전체 양이온 수는  $7.5N$ 이고, 이는  $1.5 \times 10^{-2}(\text{mol})$ 이므로  $x = 1.5$ 이다.

㉢. 혼합 용액 II 60 mL에 들어 있는  $\text{OH}^-$ 의 수는  $N$ 이므로 10 mL에 들어 있는  $\text{OH}^-$ 의 수는  $\frac{N}{6}$ 이다. 혼합 용액 III 70 mL에 들어 있는  $\text{H}^+$ 의 수는  $1.5N$ 이므로 8 mL에 들어 있는  $\text{H}^+$ 의 수는  $\frac{8 \times 1.5N}{70}$ 이다. II의 혼합 용액 10 mL에 들어 있는  $\text{OH}^-$ 의 수보다 III의 혼합 용액 8 mL에 들어 있는  $\text{H}^+$ 의 수가 더 크므로 이 혼합 용액의 액성은 산성이다.

㉡. 혼합 용액 I에서 단위 부피당  $\text{H}^+$  수는  $\frac{0.5N}{50}$ , 즉  $\frac{0.1 \times 10^{-2}}{50}(\text{mol})$ 이고, 혼합 용액 III에서 단위 부피당  $\text{H}^+$  수는  $\frac{1.5N}{70}$ , 즉  $\frac{0.3 \times 10^{-2}}{70}(\text{mol})$ 이므로 III에서 단위 부피당  $\text{H}^+$  수 I에서 단위 부피당  $\text{H}^+$  수 =  $\frac{15}{7}$ 이다.

## 3 중화 적정 실험에서 이온 수 변화

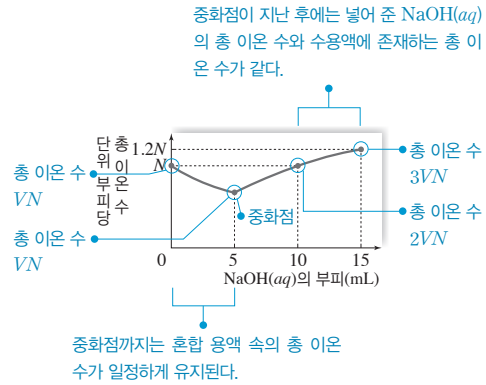
### [자료 분석]

#### [실험 과정]

- (가)  $\text{HCl(aq)}$ ,  $\text{NaOH(aq)}$ 을 준비한다.  
(나)  $\text{HCl(aq)}$   $V$  mL를 비커에 넣는다.  
(다) (나)의 비커에  $\text{NaOH(aq)}$  15 mL를 조금씩 넣는다.

#### [실험 결과]

- (다) 과정에서  $\text{NaOH(aq)}$ 의 부피에 따른 혼합 용액의 단위 부피당 총 이온 수



- (다) 과정에서  $\text{NaOH(aq)}$ 의 부피가 각각  $a$  mL,  $b$  mL일 때의 결과

- 중화점 전:  $\frac{3}{4}N(10+a) = 10N$ 에서  $a = \frac{10}{3}$ 이다.

$\text{NaOH(aq)}$ 의 부피(mL)	혼합 용액의 단위 부피당 총 이온 수	혼합 용액의 액성
$a$	$\frac{3}{4}N$	산성
$b$	$\frac{3}{4}N$	염기성

- 중화점 후:  $\frac{3}{4}N(10+b) = 2Nb$ 에서  $b = 6$ 이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 12

- ㉡ 20

- ㉢ 15

- ㉣ 24

- ㉤ 18

$\text{NaOH(aq)}$  5 mL를 가했을 때 단위 부피당 총 이온 수가 최소이므로 이때가 중화점이다. 중화점까지는 혼합 용액 속의 총 이온 수가 일정하게 유지되며,  $\text{HCl(aq)}$   $V$  mL에 들어 있는 총 이온 수는  $VN$ 이므로 넣어 준  $\text{NaOH(aq)}$  5 mL에 들어 있는 총 이온 수도  $VN$ 이다. 중화점을 지난 후에는 용액이 염기성 용액이므로 용액 속의 총 이온 수는 가해 준  $\text{NaOH(aq)}$ 에 들어 있는 총 이온 수와 같다. 따라서  $\text{NaOH(aq)}$  10 mL, 15 mL를 각각 가했을 때 혼합 용액 속 총 이온 수는 각각  $2VN$ ,  $3VN$ 이며, 단위 부피당 총 이온 수비는  $\frac{2VN}{V+10} : \frac{3VN}{V+15} = 1 : 1.2$ 이므로  $V = 10$ 이다.  $\text{NaOH(aq)}$   $a$  mL를 넣어 주었을 때에는 중화점 전이므로 총 이온 수가  $VN (= 10N)$ 이다. 따라서  $\frac{3}{4}N(10+a) = 10N$ 에서  $a = \frac{10}{3}$ 이다.  $\text{NaOH(aq)}$   $b$  mL를 넣어 주었을 때에는 중화점 후이므로 총 이온 수는 가해 준  $\text{NaOH(aq)}$ 에 들어 있는 총 이온 수와 같으며,  $\frac{VN}{5}b (= 2Nb)$ 이다. 따라서  $\frac{3}{4}N(10+b) = 2Nb$ 에서  $b = 6$ 이다.  $a = \frac{10}{3}$ ,  $b = 6$ 이므로  $a \times b = \frac{10}{3} \times 6 = 20$ 이다.



#### 4 중화 반응의 양적 관계

##### |자료 분석|

단위 부피를 1 mL로 가정하면 이온 수는 다음과 같다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			단위 부피당 이온 수	혼합 용액의 부피(mL)	총 이온 수
	HCl (aq)	NaOH (aq)	KOH (aq)			
(가)	10 $H^+ 30N$ $Cl^- 30N$	0	10 $K^+ 10N$ $OH^- 10N$	$3N$	$20$	$60N$
(나)	10 $H^+ 30N$ $Cl^- 30N$	10 $Na^+ 50N$ $OH^- 50N$	0	$5N$	$20$	$100N$
(다)	10 $H^+ 30N$ $Cl^- 30N$	10 $Na^+ 50N$ $OH^- 50N$	10 $K^+ 10N$ $OH^- 10N$	$4N$	$30$	$120N$

##### |선택지 분석|

- ㉠ 단위 부피당 이온 수는 HCl(aq)이 KOH(aq)보다 크다.  
 ㉡ (가)에 NaOH(aq) 4 mL를 혼합한 용액은 중성이다.  
 ㉢ (가)와 (나)를 혼합한 용액은 중성이다.

(가)~(다)에서 HCl(aq)의 부피는 모두 같은데 혼합 용액의 전체 이온 수가 다르므로 (다)는 염기성이다. 따라서 단위 부피를 1 mL로 하면 NaOH(aq) 10 mL와 KOH(aq) 10 mL에 존재하는 총 이온 수는 120N이다.

만약 (가)가 염기성이라면 NaOH(aq) 10 mL와 KOH(aq) 10 mL에 존재하는 총 이온 수가 각각 60N으로 같게 되므로 (가)와 (나)의 총 이온 수도 같아야 한다. 따라서 (가)는 산성이고, HCl(aq) 10 mL에 존재하는 총 이온 수는 60N이다. (나)에서 총 이온 수가 100N이므로 (나)는 염기성이고, NaOH(aq) 10 mL에 존재하는 총 이온 수는 100N이다. 따라서 KOH(aq) 10 mL에 존재하는 총 이온 수는 20N이다.

㉠. 단위 부피당 이온 수는 HCl(aq)이  $\frac{60N}{10}$ 이고, KOH(aq)이  $\frac{20N}{10}$ 이므로 HCl(aq)이 KOH(aq)보다 크다.

㉡. (가)의 경우 혼합 용액에  $H^+$ 이 20N 남아 있다. NaOH(aq) 10 mL에는  $OH^-$  50N이 포함되어 있으므로 NaOH(aq) 4 mL에는 20N의  $OH^-$ 을 포함하게 된다. 따라서 (가)에 NaOH(aq) 4 mL를 혼합하면 혼합 용액은 중성이다.

㉢. (가)에는  $H^+$ 이 20N 남아 있고 (나)에는  $OH^-$ 이 20N 남아 있으므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액은 중성이다.

#### 5 중화 적정에서 이온 수 변화

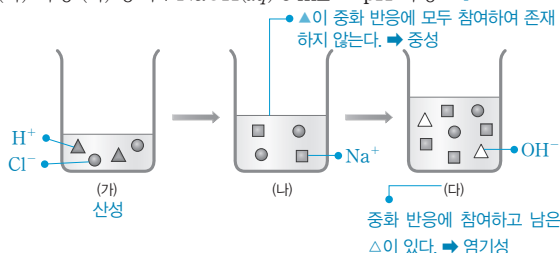
##### |자료 분석|

##### |실험|

(가) HCl(aq) 10 mL → pH 측정 →  $pH < 7$

(나) 과정 (가) 용액 + NaOH(aq) 5 mL → pH 측정 →  $pH = 7$

(다) 과정 (나) 용액 + NaOH(aq) 5 mL → pH 측정 →  $pH > 7$



##### |선택지 분석|

- ㉠ ▲은 구경꾼 이온이다. 반응에 참여하는 이온인  $H^+$   
 ㉡ pH는 과정 (나) 용액이 과정 (다) 용액보다 작다.  
 ㉢ 물 농도는 HCl(aq)이 NaOH(aq)보다 크다. 작다

(가)에는 ▲과 ●만 존재하다가 (나)에서 NaOH(aq)을 넣어 주면 ▲이 존재하지 않는다. 따라서 ▲은  $H^+$ , ●은  $Cl^-$ 이고, (가) 용액의 액성은 산성이다. ■은 (가)에는 존재하지 않다가 (나)에서 NaOH(aq)을 넣어 주었을 때 존재하므로  $Na^+$ 이다. △은 (나)에서 존재하지 않다가 (다)에서 나타나므로  $OH^-$ 이고, (다) 용액의 액성은 염기성이다. (나)에서  $OH^-$ 은 모두 중화 반응에 참여하여 존재하지 않으므로 (나) 용액의 액성은 중성이다.

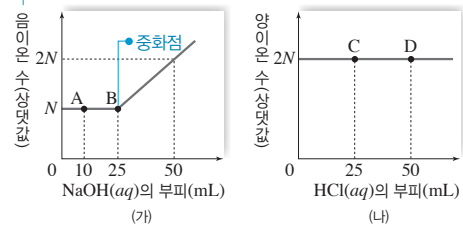
㉠. (가)는 산성, (나)는 중성, (다)는 염기성이므로 pH는 (다) > (나) > (가)이다.

바로알기 ㉠. ▲은  $H^+$ , ●은  $Cl^-$ , ■은  $Na^+$ , △은  $OH^-$ 이다. 따라서 ●, ■은 구경꾼 이온이고, ▲, △은 반응에 참여하는 이온이다. ㉡. 중화점까지 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 HCl(aq)의 부피보다 작으므로 물 농도는 HCl(aq)이 NaOH(aq)보다 작다.

#### 6 중화 적정에서 이온 수 변화

##### |자료 분석|

NaOH(aq)을 가할 때 넣어 준  $OH^-$ 은  $H^+$ 과 중화 반응하여 없어지므로 중화점까지 음이온 수는 일정하다.



##### |선택지 분석|

- ㉠ A에서 혼합 용액은 산성이다.  
 ㉡ C에서  $Na^+$ 과  $Cl^-$ 의 개수비는 2 : 1이다. 4 : 1  
 ㉢ B와 D까지 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 같다.

㉠. (가)에서 NaOH(aq)을 가할 때 넣어 준  $OH^-$ 은  $H^+$ 과 중화 반응하여 없어지므로 중화점까지 음이온 수는 일정하다. 따라서 B가 중화점이고, A는 HCl(aq)이 완전히 중화되기 전이므로 A에서 혼합 용액은 산성이다.

㉡. 중화점인 B에서 생성된 물의 양은 HCl(aq) 50 mL와 NaOH(aq) 25 mL가 중화 반응하여 생성된 것이다. 이때 반응 부피비가 HCl(aq) : NaOH(aq) = 2 : 1이므로 농도비는 1 : 2이다. D는 NaOH(aq) 50 mL에 HCl(aq) 50 mL를 가한 점이므로 D에서 생성된 물의 양은 NaOH(aq) 25 mL와 HCl(aq) 50 mL가 중화 반응하여 생성된 것이다. 따라서 B와 D까지 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 같다.

바로알기 ㉠. (나)에서 HCl(aq)을 넣기 전 양이온 수가 2N이므로 NaOH(aq) 50 mL에 들어 있는  $Na^+$ 과  $OH^-$ 의 수는 각각 2N이다. 농도비가 HCl(aq) : NaOH(aq) = 1 : 2이므로 HCl(aq) 25 mL에 들어 있는  $H^+$ 과  $Cl^-$ 의 수는 각각  $\frac{N}{2}$ 이다. 따라서 C에서 구경꾼 이온인  $Na^+$ 과  $Cl^-$ 의 개수비는  $2N : \frac{N}{2} = 4 : 1$ 이다.

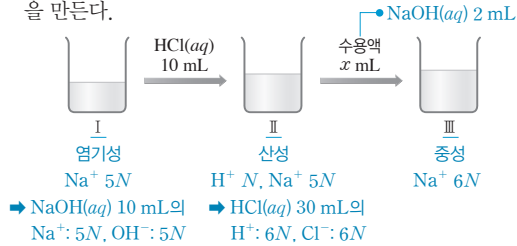


## 7 중화 적정에서 이온 수 변화

### [자료 분석]

#### [실험 과정]

- (가)  $\text{HCl(aq)}$ 과  $\text{NaOH(aq)}$ 을 준비한다.  
 (나)  $\text{HCl(aq)}$  20 mL와  $\text{NaOH(aq)}$  10 mL를 혼합하여 용액 I을 만든다.  
 (다) I에  $\text{HCl(aq)}$  10 mL를 넣어 용액 II를 만든다.  
 (라) II에  $\text{HCl(aq)}$  또는  $\text{NaOH(aq)}$   $x$  mL를 넣어 중성 용액 III을 만든다.



#### [실험 결과]

용액 I, II, III에 들어 있는 양이온 수는 각각 5N, 6N, 6N이다.

### [선택지 분석]

- ☒ 1      ☒ 2      ☒ 4  
☒ 6      ☒ 8

만약 용액 I이 산성이라면, 추가로  $\text{HCl(aq)}$  10 mL를 넣었을 때 넣어 준  $\text{H}^+$  수만큼 양이온 수가 증가해야 하므로 양이온 수가 7.5N이 되어야 한다.

만약 용액 I이 염기성이고 용액 II가 염기성 또는 중성 용액이라면, 용액 I에 추가로  $\text{HCl(aq)}$  10 mL를 넣었을 때  $\text{H}^+$ 은 모두 중화 반응하므로 혼합 용액 속 양이온 수는 변하지 않아야 한다.

만약 용액 I이 염기성이고 용액 II가 산성 용액이라면 용액 속 양이온 수는  $\text{Na}^+$  수와 남은  $\text{H}^+$  수의 합과 같고, 음이온 수는  $\text{Cl}^-$  수와 같게 된다. 용액 I에  $\text{HCl(aq)}$  10 mL를 추가로 넣었을 때 양이온 수가 5N에서 6N으로 증가했으므로 용액 I을 염기성 용액, 용액 II를 산성 용액이라고 할 수 있다.

용액 I이 염기성 용액이므로 양이온 수는  $\text{Na}^+$  수와 같아 용액 I에 들어 있는  $\text{Na}^+$  수는 5N이다. 따라서  $\text{NaOH(aq)}$  10 mL에 들어 있는  $\text{Na}^+$ 과  $\text{OH}^-$  수는 각각 5N이다.

용액 II는 산성 용액이므로 양이온 수는  $\text{Na}^+$  수와 남은  $\text{H}^+$  수의 합과 같으며, 음이온 수는  $\text{Cl}^-$  수와 같다. 따라서 용액 II에 들어 있는  $\text{Na}^+$  수는 5N,  $\text{H}^+$  수는 N,  $\text{Cl}^-$  수는 6N이며,  $\text{HCl(aq)}$  30 mL에 들어 있는  $\text{H}^+$  수는 6N이다.

용액 II와 용액 III의 양이온 수가 같고, 용액 III은 중성 용액이므로 추가로 넣은 수용액은  $\text{NaOH(aq)}$ 이며, 용액 II에 들어 있는  $\text{H}^+$  N개를 모두 중화시키기 위해 넣어 준  $\text{OH}^-$ 의 수는 N이다. 즉,  $\text{NaOH(aq)}$  10 mL에 들어 있는  $\text{Na}^+$ 과  $\text{OH}^-$  수는 각각 5N이므로 (라)에서 넣어 준  $\text{NaOH(aq)}$ 의 부피( $x$ )는 2 mL이다.

## 8 중화 적정에서 이온 수 변화

### [선택지 분석]

- ☒  $\frac{1}{4}$       ☒  $\frac{3}{8}$       ☒  $\frac{1}{2}$   
☒  $\frac{2}{3}$       ☒  $\frac{3}{4}$

X 이온은 (나)에서  $\text{NaOH(aq)}$ 을 가하기 전부터 존재하고,  $\text{NaOH(aq)}$ 을 가할 때 단위 부피당 이온 수가 감소하므로 X 이온은  $\text{H}^+$  또는  $\text{Cl}^-$ 이다.

만약 X 이온이  $\text{Cl}^-$ 이라면  $\text{NaOH(aq)}$  10 mL를 넣었을 때와 20 mL를 넣었을 때의 이온 수가 같아야 하므로  $2(x+10)=x+20$ 이다. 이 식을 풀면  $x=0$ 이 되어 모순이다. 따라서 X 이온은  $\text{H}^+$ 이다.

$\text{HCl(aq)}$   $x$  mL 속에 들어 있는  $\text{H}^+$  수를  $4x$ 라고 하면, (나)에서 혼합 용액에 존재하는  $\text{H}^+$  수는 다음과 같다.

$\text{HCl(aq)}$ 의 부피(mL)	$x$	$x$	$x$
첨가한 $\text{NaOH(aq)}$ 의 부피(mL)	0	10	20
혼합 용액의 부피(mL)	$x$	$x+10$	$x+20$
혼합 용액에 존재하는 $\text{H}^+$ 수 ( $n \times$ 혼합 용액의 부피)	$4x$	$2(x+10)$	$x+20$

(나)에서  $\text{NaOH(aq)}$  10 mL가 첨가될 때마다  $\text{H}^+$  수의 변화량이 같아야 하므로  $4x-2(x+10)=2(x+10)-(x+20)$ ,  $x=20$ 이다.

(나)에서  $\text{HCl(aq)}$  20 mL에  $\text{NaOH(aq)}$  20 mL를 넣었을 때 혼합 용액 속  $\text{H}^+$  수를 40N이라고 하면, (나)의 혼합 용액에서 15 mL를 취하면 혼합 용액 속  $\text{H}^+$  수는 15N이다. 따라서 (다)에서 혼합 용액에 존재하는  $\text{H}^+$  수는 다음과 같다.

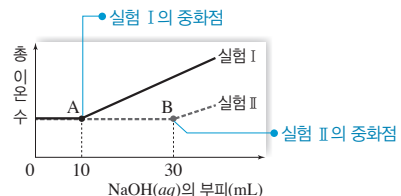
첨가한 $\text{KOH(aq)}$ 의 부피(mL)	0	5	10
혼합 용액의 부피(mL)	15	20	25
혼합 용액에 존재하는 $\text{H}^+$ 수 ( $n \times$ 혼합 용액의 부피)	15N	10N	5N

$\text{KOH(aq)}$  5 mL를 첨가할 때마다 혼합 용액에 존재하는  $\text{H}^+$  수가 5N씩 감소하므로  $\text{KOH(aq)}$  5 mL에 들어 있는  $\text{OH}^-$  수는 5N이다.

$\text{NaOH(aq)}$ 을 혼합하기 전  $\text{HCl(aq)}$   $x(=20)$  mL에 들어 있는  $\text{Cl}^-$  수는  $4 \times 20N=80N$ 이고,  $\text{KOH(aq)}$  30 mL에 들어 있는  $\text{K}^+$  수는 30N이다. 따라서 혼합 용액에서  $\frac{\text{K}^+ \text{ 수}}{\text{Cl}^- \text{ 수}} = \frac{30N}{80N} = \frac{3}{8}$ 이다.

## 9 중화 적정에서 이온 수 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒  $\text{NaOH(aq)}$ 의 몰 농도는 실험 I이 실험 II보다 크다.  
☒ 단위 부피당  $\text{Na}^+$  수는 실험 I의 A가 실험 II의 B보다 크다.  
☒ 혼합 용액의 pH는 실험 I의 A가 실험 II의 B보다 크다.  
 pH가 7로 같다

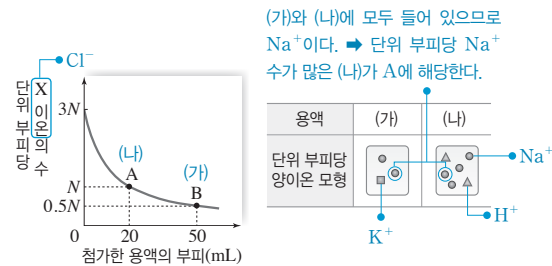
ㄱ. 중화점까지 넣어 준  $\text{NaOH(aq)}$ 의 부피가 실험 I : 실험 II = 1 : 3이다. 따라서  $\text{NaOH(aq)}$ 의 몰 농도는 실험 I : 실험 II = 3 : 1이다. 즉,  $\text{NaOH(aq)}$ 의 몰 농도는 실험 I이 실험 II의 3배이다.

ㄴ. 실험 I과 II에서 중화점까지 넣어 준 NaOH의 양(mol)은 같으므로 실험 I의 A와 실험 II의 B에 들어 있는  $\text{Na}^+$ 의 수는 같다. 실험 I의 A의 부피는  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$  5 mL +  $\text{NaOH}(aq)$  10 mL = 15 mL이고, 실험 II의 B의 부피는  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$  5 mL +  $\text{NaOH}(aq)$  30 mL = 35 mL이다. 실험 I의 A와 실험 II의 B에 들어 있는  $\text{Na}^+$ 의 수를  $N$ 이라고 가정하면, 단위 부피당  $\text{Na}^+$  수는 A가  $\frac{N}{15}$ , B가  $\frac{N}{35}$ 이므로 A가 B보다 크다.

**바로알기** ㄷ. 실험 I의 A와 실험 II의 B는 모두 중화 반응이 완결된 중화점이므로 혼합 용액의 pH는 같다.

## 10 중화 적정에서 이온 수 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ A에 가장 많이 존재하는 이온은  $\text{Na}^+$ 이다.  $\text{Cl}^-$
- ☒ B는 중성 용액이다.
- ☒ 단위 부피당 이온 수는  $\text{HCl}(aq)$ 이  $\text{KOH}(aq)$ 의 6배이다. 9배

그래프에서 염기 용액을 첨가하지 않았을 때 단위 부피당 X 이온의 수가 3N이므로 X 이온은  $\text{H}^+$ 이나  $\text{Cl}^-$ 인데, 첨가한 염기 용액에 따라 단위 부피당 입자 수가 일정하게 감소하므로 X 이온은  $\text{Cl}^-$ 이다.

단위 부피당 양이온 모형에서  $\bullet$ 은 (가)와 (나)에 모두 포함되어 있으므로  $\text{Na}^+$ 이며, 전체 용액의 부피가 증가하면 단위 부피당 이온 수가 감소하므로 단위 부피당  $\text{Na}^+$  수가 많은 (나)가 A에 해당한다. 따라서  $\blacktriangle$ 은  $\text{H}^+$ ,  $\blacksquare$ 은  $\text{K}^+$ 이다.

단위 부피를 1 mL라고 가정하면, 혼합 전  $\text{HCl}(aq)$  10 mL 속에 들어 있는  $\text{H}^+$ 과  $\text{Cl}^-$  수는 각각 30N이다. A에서 혼합 용액 속에 들어 있는  $\bullet(\text{Na}^+)$ 과  $\blacktriangle(\text{H}^+)$ 의 이온 수비는 2 : 1이므로 A에서는  $\text{H}^+$  30N 중 20N이 반응하고 10N이 남아 있으며  $\bullet(\text{Na}^+)$  20N이 들어 있다.

ㄴ. (가)에서  $\bullet(\text{Na}^+)$ 과  $\blacksquare(\text{K}^+)$  수비가 2 : 1이므로 혼합 용액 B 속에 들어 있는  $\blacksquare(\text{K}^+)$  수는 10N이다. 따라서 A에 첨가한  $\text{KOH}(aq)$  30 mL 속에 들어 있는  $\text{K}^+$ 과  $\text{OH}^-$  수는 각각 10N이었고, 이  $\text{OH}^-$ 이 A에 있던  $\text{H}^+$  10N을 모두 중화시켰다. 따라서 B는 중성 용액이다.

**바로알기** ㄱ. A에는  $\text{Cl}^-$ 이 30N,  $\text{Na}^+$ 이 20N,  $\text{H}^+$ 이 10N 존재하므로 가장 많이 존재하는 이온은  $\text{Cl}^-$ 이다.

ㄷ.  $\text{HCl}(aq)$  10 mL에  $\text{H}^+$ 과  $\text{Cl}^-$ 이 각각 30N 들어 있고,  $\text{KOH}(aq)$  30 mL에  $\text{K}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 이 각각 10N 들어 있다. 따라서 단위 부피당 이온 수는  $\text{HCl}(aq)$ 이  $\frac{60N}{10} = 6N$ ,  $\text{KOH}(aq)$ 이  $\frac{20N}{30} = \frac{2N}{3}$ 이므로  $\text{HCl}(aq)$ 이  $\text{KOH}(aq)$ 의 9배이다.

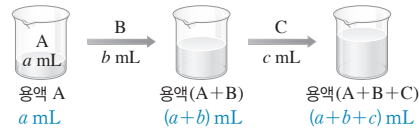
## 11 중화 적정에서 이온 수 변화

### [자료 분석]

#### [실험 과정]

(가) 수용액 A, B, C를 준비한다.

(나) (가)의 A a mL를 비커에 넣고, B b mL와 C c mL를 차례로 혼합한다.



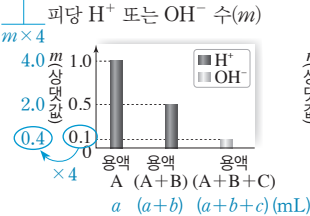
(다) (가)의 B b mL를 비커에 넣고, C c mL와 A a mL를 차례로 혼합한다.  $\bullet \text{B} \rightarrow \text{B} + \text{C} \rightarrow \text{B} + \text{C} + \text{A}$   
b mL (b+c) mL (b+c+a) mL

(라) (가)의 C c mL를 비커에 넣고, A a mL를 혼합한다.

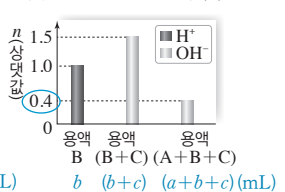
[실험 결과]  $\bullet \text{C} \rightarrow \text{C} + \text{A}$   
c mL (c+a) mL

(나)와 (다)에서 용액 (A+B+C)의 단위 부피당  $\text{H}^+$  또는  $\text{OH}^-$  수를 같게 맞춘다.

(나)에서 각 용액의 단위 부피당  $\text{H}^+$  또는  $\text{OH}^-$  수(m)



(다)에서 각 용액의 단위 부피당  $\text{H}^+$  또는  $\text{OH}^-$  수(n)



(라)의 결과

구분	용액 C	용액 (A+C)
단위 부피당 $\text{H}^+$ 또는 $\text{OH}^-$ 수(상댓값)	1	x

### [선택지 분석]

- ☒ ①  $\frac{3}{4}$
- ☒ ②  $\frac{2}{3}$
- ☒ ③  $\frac{1}{2}$
- ☒ ④  $\frac{1}{3}$
- ☒ ⑤  $\frac{1}{4}$

(나)와 (다)에서 용액 (A+B+C)의 단위 부피당  $\text{OH}^-$  수가 같아야 하므로 (나)의 m에 4를 곱해서  $\text{OH}^-$  수를 같게 맞추면 혼합 전 용액 A와 B에 들어 있는 단위 부피당  $\text{H}^+$  수비는 4 : 1이다. 용액 A와 B에 들어 있는 단위 부피당  $\text{H}^+$  수를 각각 4, 1이라고 가정하면, 용액 A a mL와 B b mL에 각각 들어 있는  $\text{H}^+$  수는 4a, b이다. 따라서 (나)에서 용액 (A+B)의 단위 부피당  $\text{H}^+$  수는  $\frac{4a+b}{(a+b)} = 2$ 에서  $b = 2a$ 이다.

용액 C c mL에 들어 있는  $\text{OH}^-$  수를 N이라고 하면 (다)에서 용액 (B+C)의 단위 부피당  $\text{OH}^-$  수는  $\frac{N-b}{(b+c)} = 1.5$ 이므로  $b = 2a$ 를 대입하면  $N = 5a + 1.5c$ 이다. 또, (다)에서 용액 (A+B+C)의 단위 부피당  $\text{OH}^-$  수는  $\frac{N-(4a+b)}{(a+b+c)} = 0.4$ 이므로  $b = 2a$ 를 대입하면  $N = 7.2a + 0.4c$ 이다. 따라서  $5a + 1.5c = 7.2a + 0.4c$ 에서  $c = 2a$ 이고,  $N = 8a$ 이다.

(라)에서 용액 C의 단위 부피당  $\text{OH}^-$  수는  $\frac{8a}{c} = \frac{8a}{2a} = 4$ 이고,

용액 (A+C)의 단위 부피당  $\text{OH}^-$  수는  $\frac{N-4a}{a+c} = \frac{4a}{3a} = \frac{4}{3}$ 이다.

용액 C와 용액 (A+C)의 단위 부피당  $\text{OH}^-$  수비는  $4 : \frac{4}{3} = 1 : x$ 에서  $x = \frac{1}{3}$ 이다.

# 16 산화 환원 반응

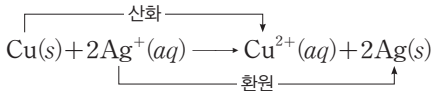
## 개념 확인 문제

본책 165쪽, 167쪽

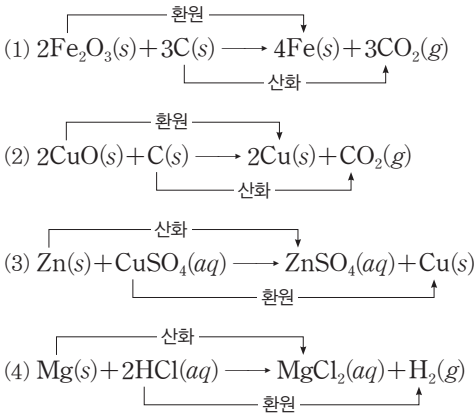
1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 2 ㉠ 산화 ㉡ 환원 3 (1) ㉠ 환원 ㉡ 산화 (2) ㉠ 환원 ㉡ 산화 (3) ㉠ 산화 ㉡ 환원 (4) ㉠ 산화 ㉡ 환원 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ 5 (1) -4 (2) +4 (3) -1 (4) -1 (5) +6 (6) +7 6 (1) (가) 산화 (나) 환원 (2) 산화제:  $\text{Cu}^{2+}$ , 환원제:  $\text{Zn}$  7  $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

- 1 (1) 물질이 산소를 얻는 반응은 산화이고, 산소를 잃는 반응은 환원이다.  
(2), (4) 전자를 잃어 산화된 물질이 있으면 반드시 전자를 얻어 환원된 물질도 있다. 즉, 산화와 환원은 동시에 일어난다.  
(3) 물질이 전자를 잃는 반응은 산화, 전자를 얻는 반응은 환원이다.

2  $\text{Cu}$ 와  $\text{AgNO}_3$  수용액의 반응을 알짜 이온 반응식으로 나타내면 다음과 같이  $\text{Cu}$ 는 전자를 잃어  $\text{Cu}^{2+}$ 로 산화되고, 수용액에 녹아 있던  $\text{Ag}^+$ 은 전자를 얻어  $\text{Ag}$ 으로 환원된다.



3

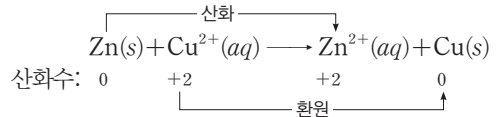


- 4 (1) 산화수가 증가하는 반응은 산화이고, 산화수가 감소하는 반응은 환원이다.  
(2) 산화수는 0을 포함한 정수를 사용한다.  
(3) 원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이므로  $\text{H}_2$ 에서 H의 산화수는 0이다.  
(4) F는 전기 음성도가 가장 크므로 화합물에서 F의 산화수는 항상 -1이다.  
(5) 산화제는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질이며, 환원제는 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질이다.

5 (1)  $\text{CH}_4$ : H의 산화수는 +1이고, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. C의 산화수를  $w$ 라고 하면  $w + (+1) \times 4 = 0$ ,  $w = -4$ 이다.

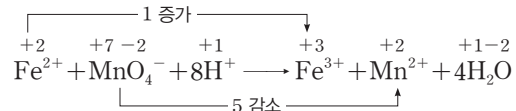
- (2)  $\text{CO}_2$ : O의 산화수는 -2이므로 C의 산화수를  $x$ 라고 하면  $x + (-2) \times 2 = 0$ ,  $x = +4$ 이다.  
(3)  $\text{H}_2\text{O}_2$ : 과산화물에서 O의 산화수는 -1이다.  
(4)  $\text{NaH}$ : 금속 수소 화합물에서 H의 산화수는 -1이다.  
(5)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : H의 산화수는 +1, O의 산화수는 -2이므로 S의 산화수를  $y$ 라고 하면  $(+1) \times 2 + y + (-2) \times 4 = 0$ ,  $y = +6$ 이다.  
(6)  $\text{KMnO}_4$ : K는 1족 금속 원소이므로 산화수가 +1이고, O의 산화수는 -2이다. Mn의 산화수를  $z$ 라고 하면  $(+1) + z + (-2) \times 4 = 0$ ,  $z = +7$ 이다.

6 (1) Zn은 산화수가 0에서 +2로 증가하였으므로 산화되었고,  $\text{Cu}^{2+}$ 은 산화수가 +2에서 0으로 감소하였으므로 환원되었다.

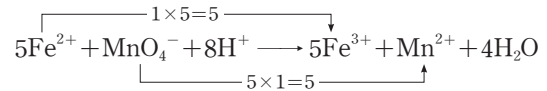


- (2) 산화제는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질이므로  $\text{Cu}^{2+}$ 이고, 환원제는 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질이므로 Zn이다.

7 화학 반응식에서 반응 전후의 산화수 변화는 다음과 같다.



Fe의 산화수는 +2에서 +3으로 1 증가하고, Mn의 산화수는 +7에서 +2로 5 감소한다. 이를 바탕으로 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



## 수능 자료 마스터

본책 168쪽 ~ 169쪽

자료 ㉠ 1 ㉠

자료 ㉡ 2 ㉡

자료 ㉢ 3 ㉢

1 X는 C, Y는 O, Z는 Cl이다.

ㄱ. (나)에서 X는 H로부터 전자 2개를 얻고 Y에게 전자 2개를 잃으므로 X의 산화수는 0이다.

바로알기 ㄴ. (다)에서 Y의 산화수는 -2이고 Z의 산화수는 +1이므로 전기 음성도는 Y가 Z보다 크다.

ㄷ.  $\text{H}_2\text{Y}_2$ 에서 H의 산화수가 +1이므로 Y의 산화수는 -1이다. (나)에서 Y는 X로부터 전자 2개를 얻으므로 Y의 산화수는 -2이다. 따라서 Y의 산화수는  $\text{H}_2\text{Y}_2$ 에서와 (나)에서 다르다.

2 ㄱ. (가)에서 Cu의 산화수가 +2에서 0으로 감소하므로 CuO는 환원된다.

ㄴ. (나)에서 Cu의 산화수는 +1에서 0으로, O의 산화수는 0에서 -2로 모두 감소한다.

ㄷ. (다)에서 Cu의 산화수가 0에서 +2로 증가하고 N의 산화수가 +5에서 +2로 감소하므로, Cu는 산화되고 HNO<sub>3</sub>은 환원된다. 따라서 HNO<sub>3</sub>은 산화제이다.

**3** (나)와 (다)에서 각각 생성된 C<sup>n+</sup>의 양(mol)을 a몰이라고 할 때, (나)에서 혼합 용액에 들어 있는 C<sup>n+</sup>의 양(mol)이 a몰이고 B<sup>3+</sup>:C<sup>n+</sup>=2:1이므로 (나)에 들어 있는 B<sup>3+</sup>의 양(mol)은 2a몰이다.

(다)에서 혼합 용액에 들어 있는 C<sup>n+</sup>의 양(mol)이 2a몰이고, B<sup>3+</sup>:C<sup>n+</sup>=2:3이므로 남아 있는 B<sup>3+</sup>의 양(mol)은  $\frac{4}{3}a$ 몰이다. 따라서 (다)에서 반응한 B<sup>3+</sup>의 양(mol)은  $\frac{2}{3}a$ 몰이다.

(가)에서 A<sup>2+</sup>과 B<sup>3+</sup>이 총 9몰 있고, B<sup>3+</sup>의 양(mol)은 (나)에서와 같이 2a몰이므로 A<sup>2+</sup>의 양(mol)은 (9-2a)몰이다.

ㄴ. (다)에서 B<sup>3+</sup>  $\frac{2}{3}a$ 몰이 반응하여 생성된 C<sup>n+</sup>의 양(mol)이 a몰이므로 C<sup>n+</sup>의 전하는 +2이다. 따라서 n=2이다.

ㄷ. C<sup>n+</sup>의 전하가 +2이므로 (나)에서 C와 반응한 A<sup>2+</sup>의 양(mol)은 a몰이다. 즉, (가)에 들어 있는 A<sup>2+</sup>의 양(mol)은 a몰이므로 9-2a=a, a=3이다. 따라서 (다) 과정 후 B<sup>3+</sup>의 양(mol)은  $\frac{4}{3}a=4$ 몰이다.

**바로알기** ㄱ. (가)에 들어 있는 A<sup>2+</sup>의 양(mol)은 3몰, B<sup>3+</sup>의 양(mol)은 6몰이므로 양이온 수비는 x:y=1:2이다.

따라서  $\frac{x}{y}=\frac{1}{2}$ 이다.

## 수능 2점 다지기

본책 170쪽~172쪽

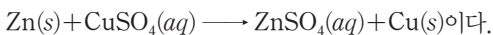
- 1 ①    2 ③    3 ②    4 ②    5 ⑤    6 ②  
7 ①    8 ⑤    9 ②    10 ⑤    11 ①    12 ①  
13 ⑤    14 ③

## 1 금속과 금속염 수용액의 산화 환원 반응

### |선택지 분석|

- ☒ Cu<sup>2+</sup>은 산화된다. 환원  
☒ 전자는 Zn에서 Cu<sup>2+</sup>으로 이동한다.  
☒ Zn이 잃은 전자 수가 Cu<sup>2+</sup>이 얻은 전자 수보다 많다.  
Zn이 잃은 전자 수=Cu<sup>2+</sup>이 얻은 전자 수

이 반응의 화학 반응식은



ㄴ. Zn은 전자를 잃고 Zn<sup>2+</sup>이 되고, Cu<sup>2+</sup>은 전자를 얻어 Cu가 된다. 즉, 전자는 Zn에서 Cu<sup>2+</sup>으로 이동한다.

**바로알기** ㄱ. Zn은 전자를 잃고 Zn<sup>2+</sup>으로 산화되고, Cu<sup>2+</sup>은 전자를 얻어 Cu로 환원된다.

ㄷ. 산화 환원 반응에서 산화된 물질이 잃은 전자 수와 환원된 물질이 얻은 전자 수는 항상 같다. 따라서 Zn이 잃은 전자 수와 Cu<sup>2+</sup>이 얻은 전자 수는 같다.

## 2 금속과 금속염 수용액의 산화 환원 반응

### |선택지 분석|

- ☒ 전자가 관여하는 화학 반응이다.  
☒ Ag<sup>+</sup>이 전자를 얻어서 Ag으로 환원된다.  
☒ Fe 1몰이 산화되는 데 필요한 전자는 1몰이다. 2몰

ㄱ. Fe은 전자를 잃고, Ag<sup>+</sup>은 전자를 얻는 산화 환원 반응이다.

ㄴ. Fe은 전자를 잃고 Fe<sup>2+</sup>으로 산화되고, Ag<sup>+</sup>은 전자를 얻어 Ag으로 환원된다.

**바로알기** ㄷ. Fe이 산화되는 반응은  $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ 이므로 Fe 1몰이 산화되는 데 필요한 전자는 2몰이다.

## 3 금속과 금속염 수용액의 산화 환원 반응에서 양적 관계

### |자료 분석|

#### |실험 과정|

- (가) A<sup>a+</sup>과 B<sup>b+</sup>이 들어 있는 수용액을 준비한다.  
(나) (가)의 수용액에 3몰의 C를 넣어 반응시킨다.  
(다) (나)의 수용액에서 석출된 금속을 제거하고 3몰의 C를 넣어 반응시킨다.

#### |실험 결과|

- (나)와 (다) 각각에서 C는 모두 반응하였다.
- (나)에서 A만 석출되었다.
- (다)에서 석출된 A와 B의 몰비는 1:1이다.
- 각 과정 후 수용액에 존재하는 양이온 종류와 수

과정	(가)	(나)	(다)
양이온의 종류	A <sup>a+</sup> 8몰 B <sup>b+</sup> 5몰	A <sup>a+</sup> 2몰 B <sup>b+</sup> 5몰 C <sup>c+</sup> 3몰	B <sup>b+</sup> 3몰 C <sup>c+</sup> 6몰
전체 양이온의 양(mol)	13	10	9

### |선택지 분석|

- ☒  $\frac{15}{2}$     ☒ 5    ☒ 4  
☒  $\frac{8}{3}$     ☒  $\frac{5}{2}$

(나)와 (다) 각각에서 C 3몰씩이 모두 반응하므로 (나)에서 C<sup>c+</sup>은 3몰이고, (다)에서 C<sup>c+</sup>은 6몰이다. 이때 (다)에서 전체 양이온의 양(mol)이 9몰이므로 B<sup>b+</sup>은 3몰이다.

(다)에서 석출된 A와 B의 몰비가 1:1이고, A<sup>a+</sup>은 모두 반응하므로 (나)의 A<sup>a+</sup>의 양(mol)을 n몰이라고 하면, B<sup>b+</sup>의 양(mol)은 (n+3)몰이다. 전체 양이온의 양(mol)이 10몰이므로 A<sup>a+</sup> n몰+B<sup>b+</sup> (n+3)몰+C<sup>c+</sup> 3몰=10몰, n=2(몰)이다. 즉, (나)에서 A<sup>a+</sup>은 2몰, B<sup>b+</sup>은 5몰, C<sup>c+</sup>은 3몰이다.

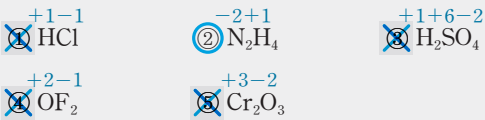
(가)에 C를 넣었을 때 A만 석출되었으므로 B<sup>b+</sup>은 반응에 참여하지 않았다. 따라서 (가)와 (나)에서 B<sup>b+</sup>의 양(mol)이 같으므로 (가)의 B<sup>b+</sup>은 5몰이고, 전체 양이온의 양(mol)이 13몰이므로 A<sup>a+</sup>은 8몰이다.

(나)의 A<sup>a+</sup>과 C의 반응에서 A<sup>a+</sup> 6몰이 소모될 때 C<sup>c+</sup> 3몰이 생성되므로 a:c=1:2이다. 또, (다)의 A<sup>a+</sup>, B<sup>b+</sup>과 C의 반응에서 A<sup>a+</sup>과 B<sup>b+</sup>이 각각 2몰 소모될 때 C<sup>c+</sup> 3몰이 생성되므로 b:c=1:1이다. 따라서 a:b:c=1:2:2이고, (나)에서 반응이 완결된 후,  $\frac{\text{B}^{b+} \text{의 양(mol)}}{\text{A}^{a+} \text{의 양(mol)}} \times b = \frac{5}{2} \times 2 = 5$ 이다.



#### 4 산화수

##### [선택지 분석]



공유 결합을 이루고 있는 두 원자 중 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 가져간다고 가정하여 산화수를 계산한다. 일반적으로 공유 결합 화합물에서 H의 산화수는 +1, O의 산화수는 -2이며, 화합물을 구성하는 원자의 산화수의 합은 0이다. 각 물질에서 산화수를 계산하면 표와 같다.

화합물	① HCl	② N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	③ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	④ OF <sub>2</sub>	⑤ Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
원자의 산화수	H: +1 Cl: -1	H: +1 N: -2	H: +1 S: +6 O: -2	O: +2 F: -1	Cr: +3 O: -2
X(x의 최댓값)	1	1	6	2	3
Y(y의 최댓값)	1	2	2	1	2

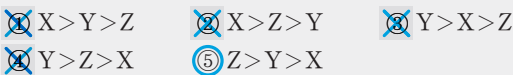
따라서 Y > X인 것은 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>이다.

#### 5 산화수

##### [자료 분석]

화합물	Y의 산화수	X나 Z의 산화수
XY <sub>2</sub>	-2	+4
Y <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	+1	-1

##### [선택지 분석]



화합물 XY<sub>2</sub>에서 Y의 산화수가 -2이므로 X의 산화수는 +4이다. 화합물 Y<sub>2</sub>Z<sub>2</sub>에서 Y의 산화수가 +1이므로 Z의 산화수는 -1이다. 공유 결합에서 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기므로 상대적으로 (-)의 산화수를 갖는다. 따라서 전기 음성도는 Z > Y > X이다.

#### 6 산화수 변화와 산화 환원 반응

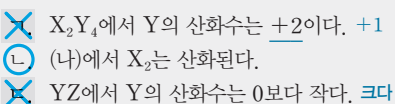
##### [자료 분석]

(가)  $\overset{0}{\text{X}_2} + \overset{0}{2\text{Y}_2} \longrightarrow \overset{-2+1}{\text{X}_2\text{Y}_4}$   
 산화수 감소: 환원    산화수 증가: 산화

(나)  $\overset{0}{\text{X}_2} + \overset{0}{3\text{Z}_2} \longrightarrow \overset{+3-1}{2\text{XZ}_3}$   
 산화수 증가: 산화    산화수 감소: 환원

생성물	X의 산화수	Y나 Z의 산화수
X <sub>2</sub> Y <sub>4</sub>	-2	+1
XZ <sub>3</sub>	+3	-1

##### [선택지 분석]



원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이므로 (가)의 X<sub>2</sub>에서 X의 산화수와 Y<sub>2</sub>에서 Y의 산화수는 각각 0이다. 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이므로 X<sub>2</sub>Y<sub>4</sub>에서 X의 산화수가 -2이면 Y의 산화수는 +1이다.

(나)의 X<sub>2</sub>에서 X의 산화수와 Z<sub>2</sub>에서 Z의 산화수는 각각 0이고, XZ<sub>3</sub>에서 X의 산화수는 +3, Z의 산화수는 -1이다.

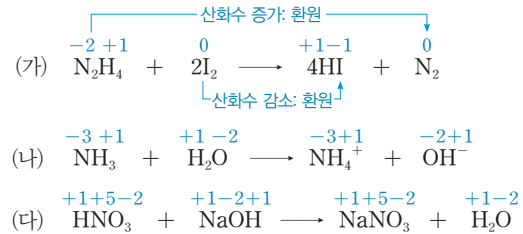
ㄴ. (나)의 X<sub>2</sub>에서 X의 산화수는 0이고, XZ<sub>3</sub>에서 X의 산화수는 +3이므로 X의 산화수가 증가한다. 즉, X<sub>2</sub>는 산화된다.

바로알기 ㄱ. X<sub>2</sub>Y<sub>4</sub>에서 X의 산화수가 -2이므로 Y의 산화수는 +1이다.

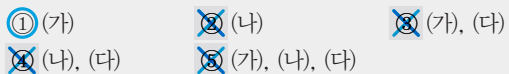
ㄷ. X<sub>2</sub>Y<sub>4</sub>와 XZ<sub>3</sub>에서 원소의 산화수로 보아 전기 음성도는 Z > X > Y이다. 따라서 YZ에서 전기 음성도가 작은 Y의 산화수는 0보다 크고, 전기 음성도가 큰 Z의 산화수는 0보다 작다.

#### 7 산화수 변화와 산화 환원 반응

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

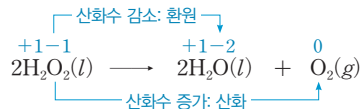


산화 환원 반응은 반응 전후에 원자의 산화수가 변하는 반응이다. (가)에서는 N의 산화수가 -2에서 0으로 증가하고, I의 산화수가 0에서 -1로 감소하므로 (가)는 산화 환원 반응이다.

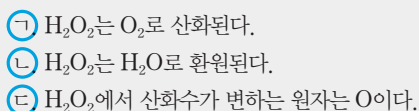
(나)는 암모니아(NH<sub>3</sub>)의 용해 반응이고, (다)는 산과 염기의 중화 반응으로 (나)와 (다)는 모든 원소의 산화수가 변하지 않으므로 산화 환원 반응이 아니다.

#### 8 산화수 변화와 산화 환원 반응

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]



ㄱ. O의 산화수는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>에서 -1이고, O<sub>2</sub>에서 0으로 산화수가 증가한다. 따라서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>는 O<sub>2</sub>로 산화된다.

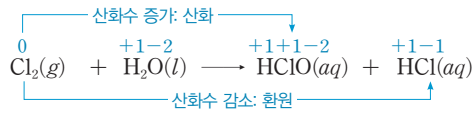
ㄴ. O의 산화수는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>에서 -1이고, H<sub>2</sub>O에서 -2로 산화수가 감소한다. 따라서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>는 H<sub>2</sub>O로 환원된다.

ㄷ. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>에서 산화수가 변하는 원자는 O이고, H는 +1의 산화수가 변하지 않는다.



## 9 산화수 변화와 산화 환원 반응

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ Cl<sub>2</sub>는 산화되거나 환원되지 않는다.  
 → 산화되면서 동시에 환원된다.  
☒ HClO에서 Cl의 산화수는 +1이다.  
☒ H<sub>2</sub>O에서 산화수가 변하는 원자는 O이다.  
 → 산화수가 변하는 원자는 없다.

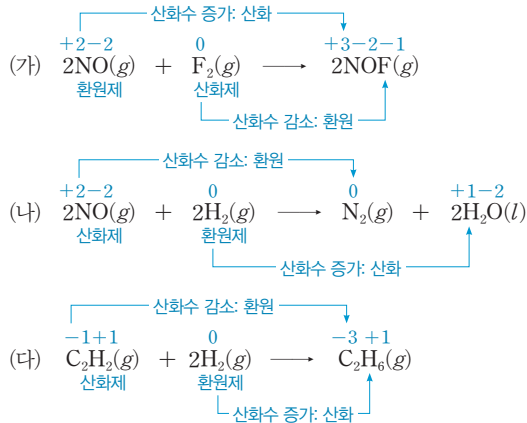
ㄴ. Cl의 산화수는 Cl<sub>2</sub>에서 0이고, HClO에서 +1이며, HCl에서 -1이다.

**바로알기** ㄱ. Cl<sub>2</sub>는 HClO으로 산화되면서 동시에 HCl으로 환원된다.

ㄷ. H<sub>2</sub>O에서 산화수가 변하는 원자는 없다.

## 10 산화제와 환원제

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

(가)	(나)	(다)	(가)	(나)	(다)
<input checked="" type="checkbox"/> NO	NO	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	<input checked="" type="checkbox"/> NO	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
<input checked="" type="checkbox"/> F <sub>2</sub>	NO	H <sub>2</sub>	<input checked="" type="checkbox"/> F <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
<input checked="" type="checkbox"/> F <sub>2</sub>	NO	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>			

산화제는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질이고, 환원제는 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질이다. 화학 반응 전후에 산화수가 증가한 물질이 환원제이고, 산화수가 감소한 물질은 산화제이다.

(가)에서 NO는 자신은 산화되면서 F<sub>2</sub>를 환원시키므로 환원제로 작용하고, F<sub>2</sub>는 자신은 환원되면서 NO를 산화시키므로 산화제로 작용한다.

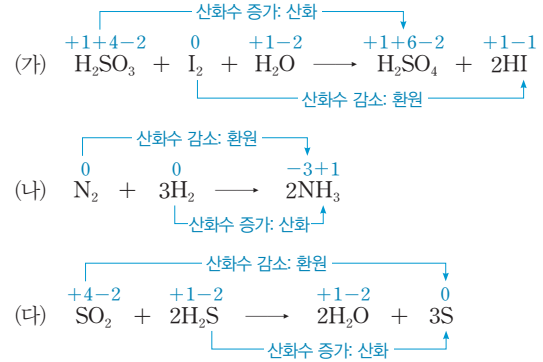
(나)에서 H<sub>2</sub>는 자신은 산화되면서 NO를 환원시키므로 환원제로 작용하고, NO는 자신은 환원되면서 H<sub>2</sub>를 산화시키므로 산화제로 작용한다.

(다)에서 H<sub>2</sub>는 자신은 산화되면서 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>를 환원시키므로 환원제로 작용하고, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>는 자신은 환원되면서 H<sub>2</sub>를 산화시키므로 산화제로 작용한다.

따라서 산화제로 작용한 물질은 (가)에서 F<sub>2</sub>, (나)에서 NO, (다) C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>이다.

## 11 여러 가지 산화 환원 반응

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ (가)에서 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>은 환원제이다.  
☒ (나)에서 N는 산화수가 증가한다. 감소  
☒ (다)에서 SO<sub>2</sub>과 H<sub>2</sub>S에 포함된 S의 산화수는 같다. 다르다

화학 반응 전후에 산화수가 증가하는 물질은 산화되고, 산화수가 감소하는 물질은 환원된다.

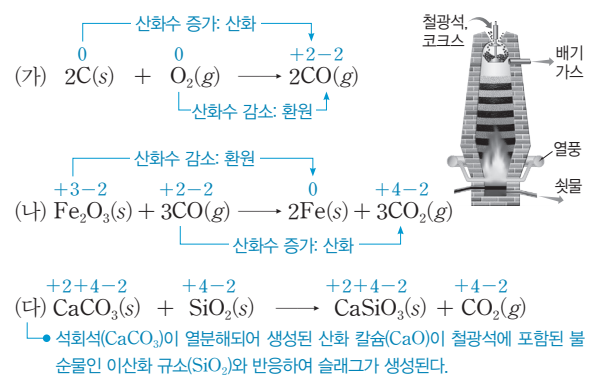
ㄱ. (가)에서 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>은 I<sub>2</sub>를 환원시키고 자신은 산화되므로 환원제이다.

**바로알기** ㄴ. (나)에서 N는 산화수가 0에서 -3으로 감소한다.

ㄷ. (다)에서 S의 산화수는 SO<sub>2</sub>에서 +4이고, H<sub>2</sub>S에서 -2이다.

## 12 철의 제련 과정에서의 산화 환원 반응

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ (가)에서 C는 산화된다.  
☒ (나)에서 CO는 산화제이다. 환원제  
☒ (가)~(다)는 모두 산화 환원 반응이다.

산화 철(III)(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이 주성분인 철광석을 코크스(C), 석회석(CaCO<sub>3</sub>)과 함께 용광로에 넣고 가열하면 (가)~(다)의 반응이 일어나 순수한 철(Fe)을 얻을 수 있다.

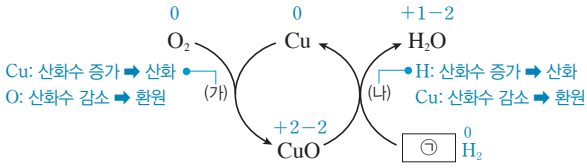
ㄱ. (가)에서 C의 산화수는 코크스(C)에서 0, CO에서 +2로 2 증가하므로 C는 산화된다.

**바로알기** ㄴ. (나)에서 C의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 CO는 자신은 산화되면서 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>을 환원시키는 환원제이다.

ㄷ. (다)에서는 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 (다)는 산화 환원 반응이 아니다.

### 13 구리의 산화 환원 반응

#### [자료 분석]



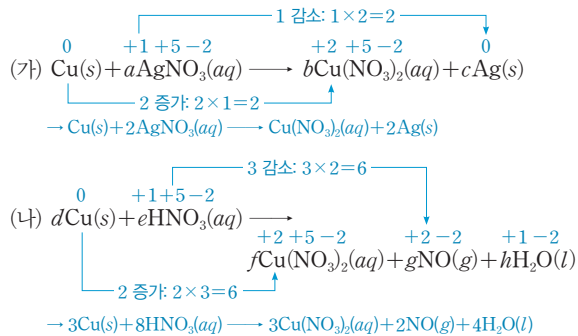
#### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서  $\text{O}_2$ 는 환원된다.  
 ㉡ CuO에서 Cu의 산화수는 +2이다.  
 ㉢ (나)에서 ㉠은 환원제로 작용한다.

㉠. (가)에서 Cu는 산화수가 0에서 +2로 증가하므로 산화되고, O는 산화수가 0에서 -2로 감소하므로 환원된다.  
 ㉡. CuO에서 Cu의 산화수는 +2이고, O의 산화수는 -2이다.  
 ㉢. (나)는 CuO와 ㉠이 반응하여 Cu와  $\text{H}_2$ O를 생성하는 반응이므로 ㉠은  $\text{H}_2$ 이다. (나)에서 Cu는 산화수가 +2에서 0으로 감소하므로 환원되고, H는 산화수가 0에서 +1로 증가하여 산화된다. 따라서 CuO는 산화제로,  $\text{H}_2$ 는 환원제로 작용한다.

### 14 산화 환원 반응식

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서  $a+b+c=5$ 이다.  
 ㉡ (나)에서  $d+e>f+g+h$ 이다.  
 ㉢ (나)에서 Cu 1몰이 반응하면 NO  $\frac{2}{3}$ 몰이 생성된다.

㉠. (가)  $\text{Cu}(s) + 2\text{AgNO}_3(aq) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq) + 2\text{Ag}(s)$ 이므로  $a(2)+b(1)+c(2)=5$ 이다.  
 ㉡. (나)  $3\text{Cu}(s) + 8\text{HNO}_3(aq) \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq) + 2\text{NO}(g) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$ 이므로  $d(3)+e(8)>f(3)+g(2)+h(4)$ 이다.  
 ㉢. (나)에서 Cu와 NO의 계수비는 3:2이므로 Cu 1몰이 반응하면 NO  $\frac{2}{3}$ 몰이 생성된다.

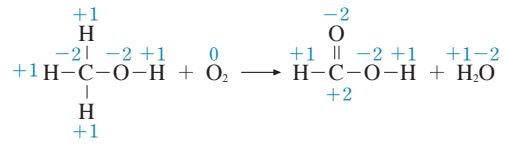
#### 수능 3점 공부하기

본책 173쪽 ~ 175쪽

- 1 ⑤    2 ①    3 ⑤    4 ②    5 ①    6 ①  
 7 ③    8 ②    9 ①    10 ①    11 ②    12 ④

### 1 산화수

#### [자료 분석]



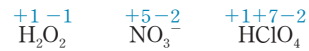
#### [선택지 분석]

- ㉠ 4 감소    ㉡ 2 감소    ㉢ 변화 없음  
 ㉣ 2 증가    ㉤ 4 증가

전기 음성도는  $\text{O} > \text{C} > \text{H}$ 이므로  $\text{CH}_3\text{OH}$ 에서 C는 H로부터 전자 3개를 가져오고, O에게 전자 1개를 주므로 -2의 산화수를 갖는다.  $\text{HCOOH}$ 에서 C는 H로부터 전자 1개를 가져오고 O에게 전자 3개를 주므로 +2의 산화수를 갖는다. 따라서 제시된 반응에서 C의 산화수는 -2에서 +2로 4 증가한다.

### 2 산화수

#### [자료 분석]



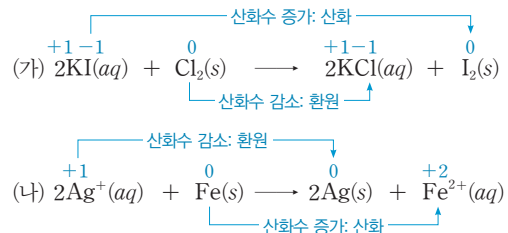
#### [선택지 분석]

- ㉠ Cl의 산화수는 N보다 크다.  
 ㉡  $\text{H}_2\text{O}_2$ 와  $\text{NO}_3^-$ 에서 O의 산화수는 같다.  
 ㉢ H의 산화수는  $\text{HClO}_4$ 보다  $\text{H}_2\text{O}_2$ 에서 더 크다.

㉠.  $\text{HClO}_4$ 에서 Cl의 산화수는 +7이고,  $\text{NO}_3^-$ 에서 N의 산화수는 +5이다.  
 ㉡.  $\text{H}_2\text{O}_2$ 에서 O의 산화수는 -1,  $\text{NO}_3^-$ 에서 O의 산화수는 -2이므로  $\text{H}_2\text{O}_2$ 와  $\text{NO}_3^-$ 에서 O의 산화수는 다르다.  
 ㉢. H의 산화수는  $\text{H}_2\text{O}_2$ 와  $\text{HClO}_4$ 에서 모두 +1로 같다.

### 3 산화수 변화와 산화 환원 반응

#### [자료 분석]



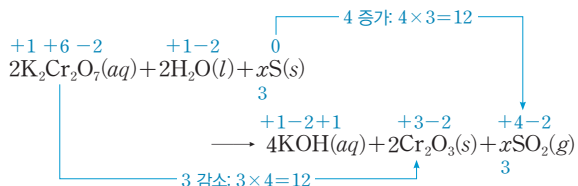
#### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서  $\text{Cl}_2$ 는 산화된다. 환원  
 ㉡ (나)에서 Fe은  $\text{Ag}^+$ 을 환원시킨다.  
 ㉢ (나)에서 Ag 1몰이 생성될 때 이동한 전자의 양(mol)은 1몰이다.

㉡. (나)에서 Fe은 산화수가 0에서 +2로 증가하면서  $\text{Ag}^+$ 을 환원시킨다.  
 ㉢. (나)에서  $\text{Ag}^+$ 의 환원을 식으로 나타내면  $\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$ 이므로 Ag 1몰이 생성될 때 이동한 전자의 양(mol)은 1몰이다.  
 ㉠. (가)에서  $\text{Cl}_2$ 의 Cl는 산화수가 0에서 -1로 감소하므로 환원된다.

#### 4 산화수 변화와 산화 환원 반응

##### [자료 분석]



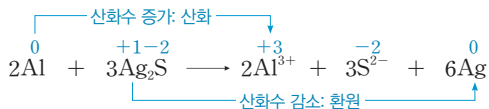
##### [선택지 분석]

- ☒ x=1이다. 3
- ☐ Cr의 산화수는 +6에서 +3으로 감소한다.
- ☒ S의 산화수는 0에서 +2로 증가한다. +4

ㄴ. Cr의 산화수는  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 에서 +6이고,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 에서 +3이다.  
**바로알기** ㄱ. 반응에서 환원된 Cr의 산화수 변화가 12이므로, 산화된 S의 산화수 변화도 12가 되어야 한다. 따라서  $x=3$ 이다.  
 ㄷ. S의 산화수는 0에서 +4로 증가한다.

#### 5 산화수 변화와 산화 환원 반응

##### [자료 분석]



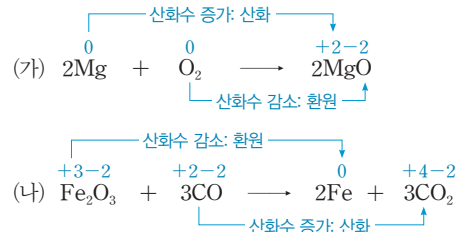
##### [선택지 분석]

- ☒  $\text{Ag}_2\text{S}$ 에 포함된 S이 전자를 얻는다.  
 ↳ S은 전자를 얻거나 잃지 않는다.
- ☐ Al은 산화된다.
- ☒  $\text{Ag}_2\text{S}$ 은 환원제이다. 산화제

ㄴ. Al은 산화수가 0에서 +3으로 증가하므로 산화된다.  
**바로알기** ㄱ.  $\text{Ag}_2\text{S}$ 에 포함된 S의 산화수는 -2이며, 반응 후 산화수의 변화가 없다.  
 ㄷ.  $\text{Ag}_2\text{S}$ 은 자신은 환원되면서 Al을 산화시키므로 산화제이다.

#### 6 금속의 산화 환원 반응

##### [자료 분석]



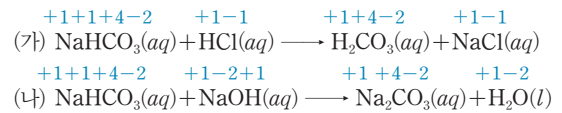
##### [선택지 분석]

- ☐ (가)에서 Mg은 산화된다.
- ☒ (나)에서 CO는 산화제이다. 환원제
- ☒ (나)에서 Fe의 산화수는 증가한다. 감소

ㄱ. (가)에서 Mg은 산화수가 0에서 +2로 증가하여 산화된다.  
**바로알기** ㄴ. (나)에서 CO는 자신은 산화되면서  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 을 환원시키므로 환원제이다.  
 ㄷ. (나)에서 Fe의 산화수는 +3에서 0으로 감소한다.

#### 7 탄산수소 나트륨 수용액의 반응

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ☒ (가)에서  $\text{NaHCO}_3$ 의 C는 산화수가 증가한다. 변하지 않는다
- ☒ (가)에서  $\text{NaHCO}_3$ 은 브뢴스테드·로리 산이다.
- ☐ (나)는 산화 환원 반응이 아니다.

ㄷ. (나)는 산과 염기의 중화 반응으로, 물질을 이루는 원자들의 산화수 변화가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.  
**바로알기** ㄱ. (가)에서  $\text{NaHCO}_3$ 과  $\text{H}_2\text{CO}_3$ 의 C는 산화수가 +4로 서로 같다.  
 ㄴ. 브뢴스테드·로리 산과 염기에서 산은 다른 물질에게  $\text{H}^+$ 을 내놓는 물질을, 염기는 다른 물질로부터  $\text{H}^+$ 을 얻는 물질을 말한다.

#### 8 금속의 산화 환원 반응

##### [자료 분석]

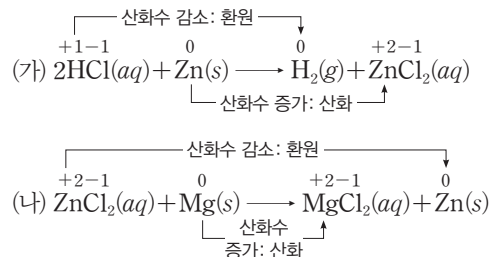
##### [실험 과정 및 결과]

- (가) 염산( $\text{HCl}(aq)$ ) 200 mL에 충분한 양의 아연(Zn)을 반응시켰더니 수소( $\text{H}_2$ ) 기체가 발생하였다.  
 $\text{2HCl}(aq) + \text{Zn}(s) \longrightarrow \text{H}_2(g) + \text{ZnCl}_2(aq)$
- (나) (가)의 수용액에 마그네슘(Mg) 막대를 넣었더니 Mg 막대의 표면에 금속이 석출되었다.  
 $\text{ZnCl}_2(aq) + \text{Mg}(s) \longrightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{Zn}(s)$

##### [선택지 분석]

- ☒ (가)에서 Zn은 산화제이다. 환원제
- ☐ (나)에서 수용액 속 이온의 총수는 일정하다.
- ☒ (나)에서 금속 막대의 질량은 반응 전후가 같다. 반응 후 증가한다

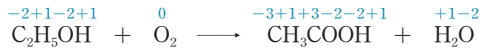
(가)와 (나)에서 일어나는 반응과 반응에서 각 원소의 산화수 변화는 다음과 같다.



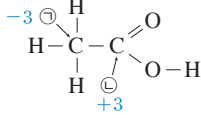
ㄴ. (나)에서  $\text{Zn}^{2+}$  1몰이 반응할 때  $\text{Mg}^{2+}$  1몰이 생성되므로 수용액 속 이온의 총수는 일정하다.  
**바로알기** ㄱ. (가)에서 Zn의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 Zn은 산화되고, H의 산화수는 +1에서 0으로 감소하므로 H는 환원된다. 환원제는 자신은 산화되고 다른 물질을 환원시키는 물질이므로 Zn은 환원제이다.  
 ㄷ. (나)에서 수용액 속에 존재하던  $\text{Zn}^{2+}$ 이 Zn으로 환원되면서 Mg 막대에 석출된다. 이때 Zn이 Mg보다 원자량이 더 크므로 금속 막대의 질량은 반응 후 증가한다.

## 9 아세트산 생성 반응에서 산화수 변화

### [자료 분석]



전기 음성도:  $\text{O} > \text{C} > \text{H}$



### [선택지 분석]

㉠  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 은 환원제이다.

㉡ ㉠과 ㉢의 산화수는 같다. 다르다(㉠  $-3$ , ㉢  $+3$ )

㉢  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 에서 O의 산화수는 반응 후 증가한다. 변함없다

ㄱ.  $\text{O}_2$ 에서 O의 산화수는 0이지만  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 이나  $\text{H}_2\text{O}$ 에서 O의 산화수는 모두  $-2$ 이다. 그러므로  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 은  $\text{O}_2$ 를 환원시키는 환원제이다.

바로알기 ㄴ. ㉠은 H로부터 전자 3개를 가져오므로 ㉠의 산화수는  $-3$ 이고, ㉢은 O에게 전자 3개를 내주므로 ㉢의 산화수는  $+3$ 이다.

ㄷ. O의 산화수는  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 과  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 에서 모두  $-2$ 이므로 산화수의 변화가 없다.

## 10 금속과 금속염 수용액의 산화 환원 반응에서 양적 관계

### [자료 분석]

수용액	넣어 준 금속		수용액에 존재하는 양이온	$q$ (상댓값)
	종류	원자 수		
I	—	—	$\text{A}^{2+}$ $7N$	1
II	B	$4N$	$\text{A}^{2+}$ $5N$ , $\text{B}^{b+}$ $4N$	$\frac{7}{9}$
III	C	$x$ $6N$	$\text{B}^{b+}$ $2N$ , $\text{C}^{c+}$ $6N$	$\frac{7}{8}$

### [선택지 분석]

㉠  $c > b$ 이다.  $c=2, b=1$

㉡  $x=2N$ 이다.  $6N$

㉢ III에 존재하는 이온 수비는  $\text{B}^{b+} : \text{C}^{c+} = 1 : 1$ 이다.  $2N : 6N = 1 : 3$

금속과 금속 이온의 반응에서 양이온의 전하량의 총합은 일정하므로  $q$ 는 양이온 수에 반비례한다. 따라서 수용액 I에서  $\text{A}^{a+}$ 의 수를  $m$ 이라고 하면  $\frac{\text{전체 양이온의 전하량 총합}}{\text{전체 양이온 수}} = \frac{1}{m}$ 이다.

만일  $\text{B}^{b+}$ 의 전하가  $+1$ 이면 전하량의 총합은 일정한데 수용액 속 이온 수가 증가하므로  $q$ 는 1보다 작아지고,  $+3$ 이면 수용액 속 이온 수가 감소하므로  $q$ 는 1보다 커진다. 수용액 II의  $q$ 가 1보다 작으므로  $\text{B}^{b+}$ 의 전하는  $+1$ 이다. 따라서  $b=1$ 이다.

수용액 I에 B  $4N$ 을 넣은 수용액 II에서 일어나는 반응의 양적 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 수용액 II에  $\text{A}^{2+}$ 과  $\text{B}^{+}$ 이 모두 존재하므로 넣어 준 B는 모두 반응하였다.

	$\text{A}^{2+}$	$+ 2\text{B}$	$\longrightarrow$	$\text{A}$	$+ 2\text{B}^{+}$
반응 전	$m$	$4N$			
반응	$-2N$	$-2N$			$+4N$
반응 후	$m-2N$	$0$			$4N$

수용액 III에 존재하는 양이온 수는  $\text{A}^{2+}$   $m-2N$ 과  $\text{B}^{+}$   $4N$ 이다.

따라서 수용액 II에서  $\frac{\text{전체 양이온의 전하량 총합}}{\text{전체 양이온 수}} = \frac{1}{(m+2N)}$

이다. 수용액 I과 II의  $q$ 는  $1 : \frac{7}{9}$ 이므로  $\frac{1}{m} : \frac{1}{(m+2N)} = 1 : \frac{7}{9}$

이며,  $m=7N$ 이고 수용액 II에 들어 있는  $\text{A}^{2+}$ 은  $5N$ 이다.

ㄱ. 수용액 II의  $q$ 는 수용액 I보다 작고, 수용액 III의  $q$ 는 수용액 II보다 크므로 이온의 전하는 C 이온이 B 이온보다 크다. 따라서  $c > b$ 이다.

바로알기 ㄴ. 수용액 II에 C를 넣으면 수용액 속에 존재하는  $\text{A}^{2+}$ 은 C와 모두 반응한다. 만일 C 이온의 전하가  $+2$ 라고 한다면  $\text{A}^{2+}$ 과 C가 반응할 때 생성되는  $\text{C}^{2+}$ 은  $5N$ 이다. 또한  $4N$ 의  $\text{B}^{+}$ 과 반응한  $\text{C}^{2+}$ 의 수를  $n$ 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전	$4N$	
반응	$-2n$	$+n$
반응 후	$4N-2n$	$n$

수용액 III에서  $\frac{\text{전체 양이온의 전하량 총합}}{\text{전체 양이온 수}} = \frac{1}{(5N+4N-n)}$

이다. 따라서  $\frac{1}{7N} : \frac{1}{(9N-n)} = 1 : \frac{7}{8}$ 이므로  $n=N, x=5N$

$+N=6N$ 이다.

C 이온의 전하가  $+3$ 인 경우에는  $n$ 이 음의 값을 가지므로 성립하지 않는다.

ㄷ. 수용액 III에 존재하는  $\text{B}^{+}$ 은  $2N$ ,  $\text{C}^{2+}$ 은  $6N$ 이다.

## 11 금속과 금속염 수용액의 산화 환원 반응에서 양적 관계

### [자료 분석]

#### [실험 과정]

(가)  $\text{A}^{a+}$ 과  $\text{B}^{b+}$ 이 함께 들어 있는 수용액을 준비한다.

(나) (가)의 수용액에 C(s)  $w$  g을 넣어 반응을 완결시킨다.

(다) (나)의 수용액에 C(s)  $w$  g을 넣어 반응을 완결시킨다.

#### [실험 결과]

• 각 과정 후 수용액에 들어 있는 양이온의 종류와 수

과정	(가)	(나)	(다)
양이온의 종류	$\text{A}^{a+}, \text{B}^{b+}$	$\text{A}^{a+}, \text{B}^{b+}, \text{C}^{2+}$	$\text{A}^{a+}, \text{C}^{2+}$
양이온의 수	$7.2N$ $4.8N$	$7.2N$ $0.8N$ $2N$	$7.2N$ $2.4N$
전체 양이온의 수	$12N$	$10N$	$9.6N$

↳ (가)보다 (나)에서 전체 양이온의 수가 줄었으므로  $\text{A}^{a+}$ 이나  $\text{B}^{b+}$  중 C와 반응한 이온의 전하는  $+1$ 이다.

• (가)에서 수용액 속 이온 수는  $\text{A}^{a+} > \text{B}^{b+}$ 이다.

• (나)에서 넣어 준 C(s)는 모두 반응하였고, (다) 과정 후 남아 있는 C(s)의 질량은  $x$  g이다.

### [선택지 분석]

㉠  $\frac{1}{4}w$

㉡  $\frac{4}{15}w$

㉢  $\frac{2}{5}w$

㉣  $\frac{9}{4}w$

㉤  $\frac{12}{5}w$

(나)에서  $\text{C}^{2+}$ 이 생성되면서 전체 양이온 수가 감소했으므로,  $\text{A}^{a+}$ 과  $\text{B}^{b+}$  중 C와 반응한 이온의 전하가  $+1$ 임을 알 수 있다. 또한 (다) 과정에서 (나)의 수용액에 C  $w$  g을 넣어 반응을 완결시킨 후에 C가 남아 있으므로  $\text{A}^{a+}$ 과  $\text{B}^{b+}$  중 C와 반응한 이온이 모두 반응하고 더 이상 반응이 진행되지 않음을 알 수 있다.

(가)에서  $A^{a+}$ 의 수가  $B^{b+}$ 의 수보다 크므로 C와 반응한 양이온은  $B^{b+}$ 이고,  $b=1$ 이다. (나)와 (다)에서 C를 넣어 주면 수용액에서 다음과 같은 산화 환원 반응이 일어난다.



(나)에서 C  $w$  g을 넣으면 전체 양이온 수가  $12N$ 에서  $10N$ 으로  $2N$ 만큼 감소하므로  $C^{2+}$ 이  $2N$  생성되고  $B^{+}$ 이  $4N$  반응한다. (다)에서 C  $w$  g을 넣으면 전체 양이온 수가  $10N$ 에서  $9.6N$ 으로  $0.4N$ 만큼 감소하므로  $C^{2+}$ 이  $0.4N$  생성되고  $B^{+}$ 이  $0.8N$  반응한다. (다) 과정 후 수용액 안에는  $B^{+}$ 이 남아있지 않으므로 (가)에 들어 있는  $B^{+}$ 의 수는 (나)와 (다)에서 반응한  $4.8N$ 이고, (가), (나), (다)에 들어 있는  $A^{a+}$ 의 수는  $12N - 4.8N = 7.2N$ 이다. (나) 과정에서  $C^{2+}$ 이  $2N$  생성되고 (다) 과정에서  $C^{2+}$ 이  $0.4N$  생성되므로 (다) 과정 후  $C^{2+}$ 의 수는  $2N + 0.4N = 2.4N$ 이다. 한편, (나) 과정에서 C  $w$  g이 모두 반응할 때  $C^{2+}$ 이  $2N$  생성되었고, (다) 과정에서  $C^{2+}$ 이  $0.4N$  생성되고 C가  $x$  g 남았으므로  $w g : 2N = x g : 1.6N$ 에서  $x = \frac{1.6}{2}w(g)$ 이다.

따라서  $\frac{(\text{다}) \text{ 과정 후 } C^{2+} \text{ 수}}{(\text{나}) \text{ 과정 후 } A^{a+} \text{ 수}} \times x = \frac{2.4N}{7.2N} \times \frac{1.6}{2}w = \frac{4}{15}w$ 이다.

## 12 금속과 금속염 수용액의 산화 환원 반응에서 양적 관계

### [자료 분석]

#### [실험 과정]

- (가) 비커에  $A^{a+}(aq)$  100 mL를 넣는다.  
 (나) (가)의 비커에 금속 B(s)  $w$  g을 넣어 반응을 완결시킨다.  
 (다) (나)에서 반응이 끝난 비커에  $C^{+}(aq)$  100 mL를 넣어 반응을 완결시킨다.

● 반응하지 않은 B 원자 수를  $x$ 라고 하면 (나)에는 A 원자  $6N$ , B 원자  $x$ ,  $B^{3+}$   $4N$ 이 있다.

●  $C^{+}(aq)$  100 mL에 들어 있는  $C^{+}$  수를  $y$ 라고 하면  $(4N+x)+(y-3x-12N)+6N=15N$ 이다.

#### [실험 결과]

각 과정 후 수용액에 들어 있는 양이온의 종류와 수

과정	(가)	(나)	(다)
양이온의 종류	$A^{a+}$	$B^{b+}$	$A^{a+}$ $6N$ $B^{b+}$ $4N+x$ $C^{+}$ $y-3x-12N$
양이온의 수	$6N$	$4N$	$15N$

- (다) 과정 후 비커에 들어 있는 금속은 1가지이다.
- $C^{+}(aq)$  100 mL에 들어 있는  $C^{+}$  수는 (다) 과정 후 수용액에 들어 있는  $C^{+}$  수의 4배이다.

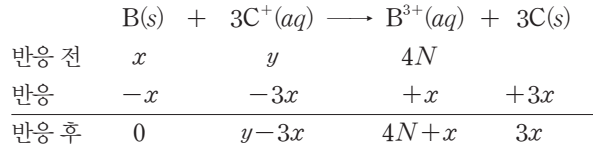
### [선택지 분석]

- ☒ 14N      ☒ 15N      ☒ 17N  
☒ 18N      ☒ 20N

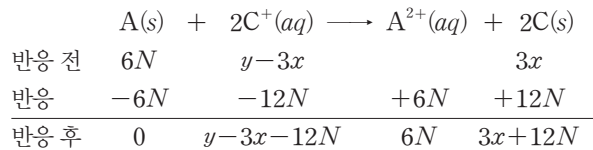
$A^{a+}(aq)$  100 mL에 들어 있는  $A^{a+}$  수는  $6N$ 이고, 이 수용액에 금속 B(s)  $w$  g을 넣어 반응이 완결되었을 때 수용액에 들어 있는

양이온은  $B^{b+}$ 뿐이므로  $A^{a+}$ 과  $B^{b+}$ 은 3:2의 개수비로 반응하고 생성되므로 각 이온의 산화수비는  $A^{a+} : B^{b+} = 2 : 3$ 이고,  $a, b$ 는 3 이하의 자연수이므로  $a=2, b=3$ 이다.

(나) 이후 반응하지 않은 금속 B의 원자 수를  $x$ 라고 하면 비커 속에는 석출된 금속 A 원자  $6N$ , B 원자  $x$ ,  $B^{3+}$   $4N$ 이 있다. 여기에  $C^{+}$ 을 넣었을 때 존재하는 금속은 1가지이고, 반응성은  $B > A$ 이므로 넣어 준  $C^{+}$ 은 금속 B와 먼저 반응하고, 이후 금속 A와 반응한다. 이때  $C^{+}(aq)$  100 mL에 들어 있는  $C^{+}$  수를  $y$ 라고 하면 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.



또, 금속 A와  $C^{+}$ 의 양적 관계는 다음과 같다.



(다) 이후 수용액에 들어 있는  $C^{+}$  수는  $y-3x-12N$ 이고, 전체 양이온 수는  $(4N+x)+(y-3x-12N)+6N$ 이며, 이 값이  $15N$ 이므로  $y-2x=17N$ 이다. 또,  $C^{+}$  수는  $y-3x-12N$ 이고,  $C^{+}(aq)$  100 mL에 들어 있는  $C^{+}$  수는 (다) 과정 후 수용액에 들어 있는  $C^{+}$  수의 4배이므로  $4(y-3x-12N)=y$ 이고, 이 식을 정리하면  $y-4x=16N$ 이다. 따라서 두 식을 풀면  $y=18N$ 이다.



# 17 화학 반응에서의 열의 출입

## 개념 확인 문제

본책 177쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) × 2 (1) 흡열 반응 (2) 발열 반응 (3) 흡열 반응 (4) 발열 반응 3 (1) 비열 (2) 열량 (3) ㉠ 통열량계 ㉡ 간이 열량계 4 1285.2 J

1 (1) 발열 반응은 열을 방출하는 반응이고, 흡열 반응은 열을 흡수하는 반응이다.  
(2) 흡열 반응이 일어날 때 주위에서 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다.  
(3) 발열 반응에서 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 작다.

2 (1) 질산 암모늄을 물에 녹이면 주위에서 열을 흡수하여 용액의 온도가 낮아진다. → 흡열 반응  
(2) 염산과 수산화 나트륨을 혼합하면 중화 반응이 일어나면서 열을 방출한다. → 발열 반응  
(3) 탄산수소 나트륨을 가열하면 탄산수소 나트륨이 열을 흡수하여 분해가 일어난다. → 흡열 반응  
(4) 염산에 아연 조각을 넣으면 수소 기체가 발생하면서 용액의 온도가 높아진다. → 발열 반응

3 (1) 비열은 어떤 물질 1g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량으로, 단위는 J/(g·°C)이다.  
(2) 어떤 물질이 방출하거나 흡수하는 열량(Q)=비열(c)×질량(m)×온도 변화(Δt)=열용량(C)×온도 변화(Δt)이다.  
(3) 통열량계는 열 손실이 거의 없어 열량을 비교적 정확하게 측정할 수 있으나, 간이 열량계는 열 손실이 있어 정밀한 열량 측정 실험에는 사용할 수 없다. 따라서 통열량계는 주로 연소 반응에서 출입하는 열량을, 간이 열량계는 주로 용해 과정이나 중화 반응에서 출입하는 열량을 측정하는 데 사용한다.

4 용액의 질량은 102(=100+2)g이고, 온도 변화는 3(=28-25)°C이며, 비열은 4.2 J/(g·°C)이므로 CaCl<sub>2</sub>이 물에 녹을 때 방출한 열량 Q=4.2 J/(g·°C)×102 g×3 °C= 1285.2 J이다.

## 수능 자료 마스터

본책 178쪽

자료 ㉠ 1 ㉢ 자료 ㉡ 2 ㉡

1  $Q = c \times m \times \Delta t = 4.0 \text{ J/(g} \cdot ^\circ\text{C)} \times 20 \text{ g} \times (t_{\text{반응 후}} - 25) ^\circ\text{C}$   
= 56 J  
 $t_{\text{반응 후}} = 25.7 ^\circ\text{C}$

2  $Q = (c_{\text{물}} \times m_{\text{물}} \times \Delta t) + (C_{\text{통열량계}} \times \Delta t)$   
= (4.2 kJ/(kg·°C)×1 kg×10 °C)+(C<sub>통열량계</sub>×10 °C)  
= 1200 kJ/mol ×  $\frac{6.4 \text{ g}}{128 \text{ g/mol}}$   
C<sub>통열량계</sub>=1.8 kJ/°C

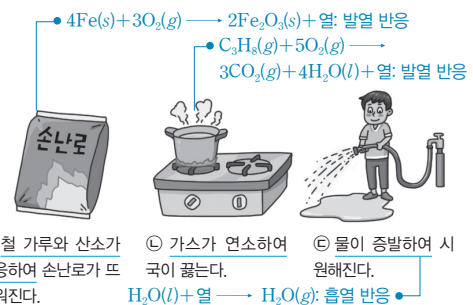
## 수능 2점 다지기

본책 179쪽~180쪽

- 1 ㉢ 2 ㉡ 3 ㉢ 4 ㉤ 5 ㉢ 6 ㉠  
7 ㉣ 8 ㉣

## 1 발열 반응과 흡열 반응의 예

### [자료 분석]



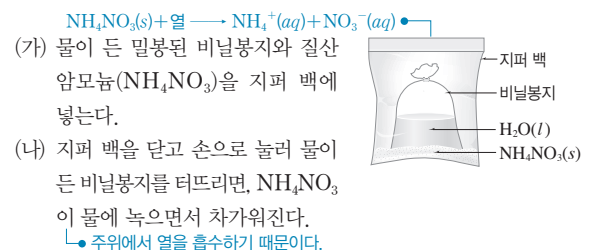
### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠    ㉡ ㉡    ㉢ ㉠, ㉡  
 ㉣ ㉠, ㉡    ㉤ ㉡, ㉢

㉠ 철 가루와 산소의 반응은 발열 반응으로 반응이 일어날 때 열을 주위로 방출하므로 이를 이용하여 손난로에 이용한다.  
㉡ 가스의 연소 반응은 발열 반응으로 가스가 연소될 때 열을 주위로 방출하므로 이를 이용하여 난방이나 조리를 할 수 있다.  
바로알기 ㉢ 더운 여름날 마당에 물을 뿌리면 물이 증발한다. 물의 증발은 흡열 과정으로 이때 주위로부터 증발열을 흡수하므로 시원해진다.

## 2 질산 암모늄의 용해 과정에서 열의 출입

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✕ (나)에서 일어나는 반응은 발열 반응이다. **흡열**  
 ✕ (나)의 반응에서 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크다. **작다**  
 ㉢ 냉각 팩은 반응이 일어날 때 주위의 온도가 낮아지는 것을 이용한다.

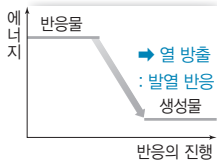
ㄷ. 냉각 팩은 반응이 일어날 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아지는 것을 이용한다.

**바로알기** ㄱ. 질산 암모늄의 용해는 흡열 반응이다.

ㄴ. 흡열 반응은 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 작다.

### 3 염화 칼슘의 용해 과정에서 에너지 변화

#### |자료 분석|



반응이 일어날 때 반응물의 에너지 합과 생성물의 에너지 합의 차만큼의 에너지가 열로 방출된다.

#### |선택지 분석|

- ☒ ㄱ.  $\text{CaCl}_2$ 의 용해는 발열 반응이다.
- ☒ ㄴ.  $\text{CaCl}_2$ 이 용해될 때 주위의 온도가 낮아진다. 높아진다
- ☒ ㄷ. 눈이 내린 도로에  $\text{CaCl}_2$ 을 뿌리면 눈이 녹는다.

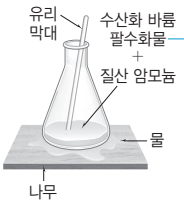
ㄱ. 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크므로 발열 반응이다. 발열 반응이 일어날 때 반응물의 에너지 합과 생성물의 에너지 합의 차만큼의 에너지가 열로 방출된다.

ㄷ. 눈이 내린 도로에  $\text{CaCl}_2$ 을 뿌리면  $\text{CaCl}_2$ 이 눈에 녹아 열을 방출하므로 주위의 눈이 녹는다.

**바로알기** ㄴ.  $\text{CaCl}_2$ 의 용해는 발열 반응이므로 주위로 열을 방출하여 주위의 온도가 높아진다.

### 4 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응에서 열의 출입

#### |자료 분석|



수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응은 흡열 반응이므로 주위에서 열을 흡수한다. 삼각 플라스크 아래의 물이 얼을 빼앗기고 얼면서 삼각 플라스크가 나무판에 달라붙는다.

화학 반응식	$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \longrightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2\text{NH}_3(\text{g}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
반응 결과	나무판 위의 물이 얼음으로 변해 삼각 플라스크가 나무판에 달라붙는다. <u>열을 빼앗겼다.</u>

#### |선택지 분석|

- ☒ ㄱ. 이 반응은 흡열 반응이다.
- ☒ ㄴ. 이 반응을 이용하여 냉각 장치를 만들 수 있다.
- ☒ ㄷ. 이 반응과 열의 출입이 같은 반응으로 염화 암모늄의 용해가 있다.

ㄱ. 반응 결과 주위의 온도가 낮아져 물이 언 것이므로 삼각 플라스크 안에서 일어나는 반응은 흡열 반응이다.

ㄴ. 삼각 플라스크 안에서 일어나는 반응으로 주위의 온도가 낮아지는 것을 이용하여 냉각 장치를 만들 수 있다.

ㄷ. 염화 암모늄의 용해는 이 반응과 열의 출입이 같은 흡열 반응이다.

### 5 수산화 나트륨의 용해 과정에서 출입하는 열의 측정

#### |자료 분석|

$\text{NaOH}$ 이 용해하면서 출입하는 열량( $Q$ ) = 용액의 비열( $c$ ) × 용액의 질량( $m$ ) × 용액의 온도 변화( $\Delta t$ )이다.

(가) 간이 열량계에 물을 채운다.

(나)  $\text{NaOH}$  10 g을 간이 열량계에 넣는다.

→ 용질의 질량

(다) 젓개로 저어 주면서 용액의 최고 온도를 측정한다.

→ 용액의 온도 변화는 최고 온도에서 처음 온도를 빼서 구한다.



#### |선택지 분석|

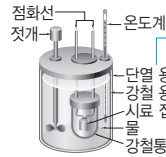
- ☒ ㄱ. 반응 전 물의 온도
- ☒ ㄴ. 물의 질량
- ☒ ㄷ. 젓개의 질량
- ☒ ㄹ. 스타이로폼 컵의 부피
- ☒ ㄲ. 용액의 비열

$\text{NaOH}$ 이 용해하면서 출입하는 열량( $Q$ ) = 용액의 비열( $c$ ) × 용액의 질량( $m$ ) × 용액의 온도 변화( $\Delta t$ )이므로 용액의 비열( $c$ ), 질량( $m$ ), 온도 변화( $\Delta t$ )를 알아야 한다.

용액의 질량( $m$ )은 (나)에 용질의 질량이 주어졌으므로 용매인 물의 질량을 알면 되고, 용액의 온도 변화( $\Delta t$ )는 (다)에 용액의 최고 온도가 주어졌으므로 반응 전 물의 온도를 알면 된다.

### 6 통열량계의 특징

#### |자료 분석|



단열이 잘되도록 만들어져 있어 열 손실이 거의 없다. 따라서 화학 반응에서 출입하는 열은 모두 통열량계 속 물과 통열량계의 온도 변화에 이용된다고 가정한다.

#### |선택지 분석|

- ☒ ㄱ. 통열량계를 이용하여 연소 반응 시 출입하는 열량을 구할 수 있다.
- ☒ ㄴ. 시료가 연소하면서 방출하는 열량은 통열량계 속 물이 흡수하는 열량과 같다. 다르다
- ☒ ㄷ. 반응 전 물의 온도와 시료의 양이 같으면 종류에 관계없이 반응 후 최고 온도는 같다. 다르다

ㄱ. 통열량계의 열용량, 물의 비열을 알면 통열량계를 이용하여 열량계 속 물의 질량 및 반응 전후 온도 변화를 측정하여 연소 반응 시 출입하는 열량을 구할 수 있다.

**바로알기** ㄴ. 시료가 연소하면서 방출하는 열량은 통열량계 속 물이 흡수하는 열량과 통열량계가 흡수하는 열량의 합과 같다.

ㄷ. 시료의 종류와 양에 따라 연소 반응 후 최고 온도는 다르다.

### 7 중화 반응에서 출입하는 열량 계산

#### |선택지 분석|

- ☒ ㄱ. 3.6
- ☒ ㄴ. 4.0
- ☒ ㄷ. 4.4
- ☒ ㄹ. 4.8
- ☒ ㄲ. 5.2

용액이 얻은 열량( $Q$ ) = 용액의 비열( $c$ ) × 용액의 질량( $m$ ) × 용액의 온도 변화( $\Delta t$ )이므로  $Q = 4 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 300 \text{ g} \times (29 - 25) ^\circ\text{C} = 4800 \text{ J} = 4.8 \text{ kJ}$ 이다.

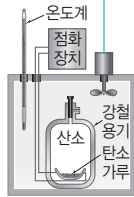
## 8 연소 반응에서 출입하는 열량 계산

### [자료 분석]

열량계 속에 물이 들어 있지 않으므로 탄소가 연소될 때 방출하는 열량을 열량계가 모두 얻었다고 가정한다.

### [실험 과정]

- (가) 0.6 g의 탄소 가루와 0.1몰의 산소 기체를 강철 용기에 넣는다.  
 (나) 열량계의 온도( $t_1$ )를 측정한다.  
 (다) 점화 장치로 0.6 g의 탄소 가루를 완전 연소시킨 후 열량계의 온도( $t_2$ )를 측정한다.  
 $\text{C(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ 의 반응이 일어난다.



### [실험 결과]

$t_1$	$t_2$	$\Delta t$	열량계의 열용량
23.2 °C	23.7 °C	0.5 °C	40 kJ/°C

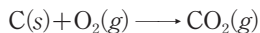
### [선택지 분석]

- ☒ 강철 용기 내부 기체의 전체 양(mol)은 반응 전이 반응 후보다 크다. **반응 전과 후가 같다**  
☒ 탄소 가루가 완전 연소될 때 20 kJ의 열이 발생한다.  
☒ (다)에서 탄소 가루가 불완전 연소되면,  $t_2$ 는 23.7 °C보다 낮게 측정된다.

ㄴ. 탄소가 연소될 때 방출하는 열량은 열량계가 얻은 열량과 같다. 열량계의 열용량이 40 kJ/°C이고, 열량계의 온도 변화가 0.5 °C이므로 열량계가 얻은 열량은 20 kJ이다.

ㄷ. 탄소가 불완전 연소되면 방출하는 열량이 작아지므로 (다)에서 나중 온도는 완전 연소된 경우보다 낮게 측정된다.

**바로알기** ㄱ. 탄소의 연소 반응을 화학 반응식은 다음과 같다.



반응하는 산소와 생성되는 이산화 탄소의 반응 몰비가 1 : 1이므로 반응한 산소의 양(mol)만큼 이산화 탄소가 생성된다. 따라서 용기 내부 기체의 전체 양(mol)은 반응 전과 반응 후가 같다.

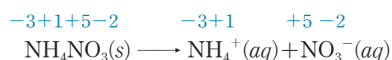
## 수능 3점 공부하기

본책 181쪽~183쪽

- 1 ③    2 ⑤    3 ⑤    4 ③    5 ④    6 ②  
 7 ①    8 ⑤    9 ④    10 ①    11 ①    12 ②

## 1 질산 암모늄의 용해 과정에서 열의 출입과 산화수 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다.  
☒  $\text{NH}_4^+$ 에서 N의 산화수는 -3이다.  
☒ O의 산화수는 감소한다. **변화없다**

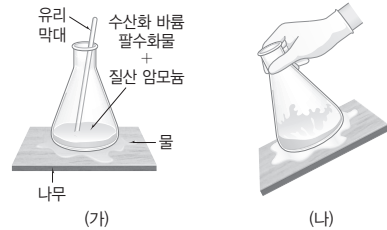
ㄱ.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 이 용해되면서 팩이 차가워지므로  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 의 용해 반응은 주위로부터 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

ㄴ.  $\text{NH}_4^+$ 에서 H의 산화수는 +1, N의 산화수는 -3이다.

**바로알기** ㄷ. O의 산화수는 반응 전후 -2로 같으므로 산화수의 변화가 없다.

## 2 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응에서 열의 출입과 산화수 변화

### [자료 분석]



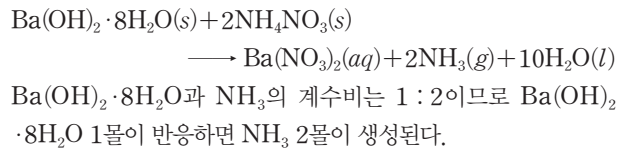
(나)에서 나무판의 물이 얼어서 나무판이 삼각 플라스크에 달라붙었으므로 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄이 반응하면 주위로부터 열을 흡수한다.

### [선택지 분석]

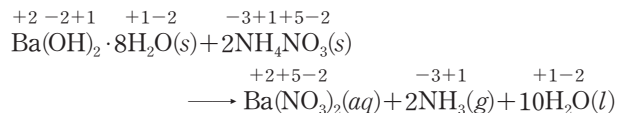
- ☒  $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 과  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 이 반응하면서 나무판 위에 뿌려진 물의 열을 흡수한다.  
☒ Ba는 산화수가 증가한다. **변화없다**  
☒  $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  1몰이 반응하면  $\text{NH}_3$  2몰이 생성된다.

ㄱ. (나)에서 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄이 반응할 때 주위에서 열을 흡수하므로 삼각 플라스크 바닥의 물이 얼었다. 따라서 이 반응은 흡열 반응이다.

ㄷ. 전체 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



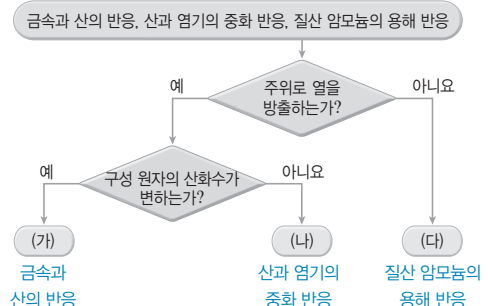
**바로알기** ㄴ. 전체 반응의 화학 반응식과 물질을 이루는 원소의 산화수는 다음과 같다.



$\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 에서 Ba의 산화수는 +2,  $\text{Ba(NO}_3)_2$ 에서 Ba의 산화수는 +2이므로 산화수의 변화가 없다.

## 3 발열 반응과 흡열 반응의 구분

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ (가) '금속과 산의 반응'이다.  
☒ (나)의 예로 '염산과 수산화 나트륨 수용액'의 반응이 적절하다.  
☒ (다)는 흡열 반응의 예이다.

ㄱ. 금속과 산의 반응은 발열 반응이고, 금속과 산이 반응할 때 금속의 산화수는 0에서 (+)값으로 증가하고 산의 수소 이온의 산화수는 +1에서 0으로 감소한다.

ㄴ. (나)는 '산과 염기의 중화 반응'이므로 중화 반응의 예로 '염산과 수산화 나트륨 수용액'의 반응은 적절하다.

ㄷ. 화학 반응이 일어날 때 주위로 열을 방출하거나 주위에서 열을 흡수하는데, 질산 암모늄의 용해 반응은 주위에서 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

#### 4 수산화 나트륨의 용해에서 발생하는 열량 계산

##### [자료 분석]

(가) 간이 열량계에 증류수  $a$  mL를 넣고 온도를 측정하였더니  $t_1$  °C였다.

물:  $a$  mL  $\times$  1 g/mL =  $a$  g

(나) (가)의 열량계에 NaOH(s) 4 g을 넣어 모두 녹인 다음, NaOH(aq)의 최고 온도를 측정하였더니  $t_2$  °C였다.

용액의 질량:  $(a+4)$  g, 온도 변화:  $(t_2-t_1)$  °C

(다) 참고 자료에서 NaOH(aq)의 비열  $b$  J/(g·°C)를 찾고 NaOH(s) 4 g이 용해될 때 방출한 열량을 이용하여 NaOH(s) 1몰당 열량  $Q$  (J/mol)을 구한다.

NaOH의 화학식량은 40이므로 NaOH 4 g의 양(mol)은 0.1몰이다.

$$Q = c \times m \times \Delta t = b \text{ J/(g} \cdot \text{°C)} \times (a+4) \text{ g} \times (t_2-t_1) \text{ °C}$$

$$= b(a+4)(t_2-t_1) \text{ J}$$

$$\text{1몰당 열량 } Q = \frac{b(a+4)(t_2-t_1) \text{ J}}{0.1 \text{ mol}} = 10b(a+4)(t_2-t_1) \text{ J/mol}$$

##### [선택지 분석]

☒ 10ab(t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>)

☒ 40ab(t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>)

☒ 10b(a+4)(t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>)

☒  $\frac{ab(t_2-t_1)}{40}$

☒  $\frac{b(a+4)(t_2-t_1)}{40}$

NaOH이 용해될 때 방출하는 열량을 간이 열량계 속 용액이 모두 얻는다고 가정하면 '용액이 얻은 열량 = 용액의 비열  $\times$  용액의 질량  $\times$  용액의 온도 변화'이다. 따라서 NaOH 4 g이 용해될 때 용액이 얻은 열량  $Q = b(a+4)(t_2-t_1)$  J이고, NaOH 4 g은 0.1 몰이므로 1몰당 열량  $Q = 10b(a+4)(t_2-t_1)$  J/mol이다.

#### 5 중화 반응에서 발생하는 열량 계산

##### [자료 분석]

###### [실험 과정]

(가) 1 M 염산(HCl(aq))과 1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 각각 100 mL의 질량( $w_1$ ,  $w_2$ )을 측정 후 실온에 두어 두 수용액의 온도를 같게 맞춘다.

1 M HCl(aq) 100 mL: 1 M  $\times$  0.1 L = H<sup>+</sup> 0.1 mol

1 M NaOH(aq) 100 mL: 1 M  $\times$  0.1 L = OH<sup>-</sup> 0.1 mol

(나) 과정 (가)의 HCl(aq)을 간이 열량계에 넣고 처음 온도( $t_1$ )를 측정한다.

(다) 과정 (나)의 간이 열량계에 과정 (가)의 NaOH(aq)을 넣자마자 뚜껑을 덮고 젓개로 저어 주면서 1분마다 온도를 측정한다.

H<sup>+</sup> 0.1몰과 OH<sup>-</sup> 0.1몰이 반응하므로 물 0.1몰이 생성된다.

(라) 온도 변화가 더 이상 없을 때, 최고 온도( $t_2$ )를 기록한다.

###### [실험 결과]

$w_1$	$w_2$	$t_1$	$t_2$
100 g	100 g	23 °C	30 °C

용액의 질량:

$$(100+100) \text{ g} = 200 \text{ g}$$

용액의 온도 변화:

$$(30-23) \text{ °C} = 7 \text{ °C}$$

##### [선택지 분석]

☒ 5.88

☒ 11.76

☒ 29.4

☒ 58.8

☒ 117.6

중화 반응에 사용된 H<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>의 양(mol)이 각각 0.1몰이므로 물 0.1몰이 생성되고, 이때 용액이 얻은 열량  $Q = c \times m \times \Delta t = 4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{°C)} \times 200 \text{ g} \times (30-23) \text{ °C} = 5880 \text{ J}$ 이다. 따라서 물 1몰이 생성될 때 출입하는 열량  $Q = 58800 \text{ J/mol} = 58.8 \text{ kJ/mol}$ 이다.

#### 6 염화 칼슘의 용해에서 발생하는 열량 계산

##### [선택지 분석]

☒ CaCl<sub>2</sub>의 용해는 흡열 반응이다. 발열

☒ 출입한 열량은 705.6 J/g이다.

☒ (나)에서 추가로 CaCl<sub>2</sub> 2 g을 더 넣어 녹이면 용액의 최고 온도는 33 °C보다 낮아진다. 높아진다

ㄴ. CaCl<sub>2</sub> 5 g이 물에 용해될 때 출입한 열량  $Q = c \times m \times \Delta t = 4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{°C)} \times (100+5) \text{ g} \times (33-25) \text{ °C} = 3528 \text{ J}$ 이다.

따라서 CaCl<sub>2</sub> 1 g당 출입한 열량은  $\frac{3528 \text{ J}}{5 \text{ g}} = 705.6 \text{ J/g}$ 이다.

바로알기 ㄱ. CaCl<sub>2</sub>이 용해된 후 용액의 온도가 높아졌으므로 CaCl<sub>2</sub>의 용해는 발열 반응이다.

ㄷ. (나)에서 추가로 CaCl<sub>2</sub> 2 g을 더 넣어 녹이면 용해 반응이 더 일어나서 열이 방출되므로 용액의 최고 온도는 33 °C보다 높아진다.

#### 7 중화 반응에서 발생하는 열량 비교

##### [자료 분석]

구분	(가)	(나)
반응	온도계 젓개 0.2 M 염산 100 mL 4 g 수산화 나트륨	온도계 젓개 0.1 M 황산 100 mL 4 g 수산화 나트륨
반응 전 H <sup>+</sup> 의 양(mol)	0.2 M $\times$ 0.1 L = 0.02 mol	2 $\times$ 0.1 M $\times$ 0.1 L = 0.02 mol
반응 전 OH <sup>-</sup> 의 양(mol)	$\frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$	$\frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$
반응 후 생성된 물의 양(mol)	0.02 mol	0.02 mol
열의 출입	발열 반응	발열 반응

##### [선택지 분석]

☒ 혼합 용액의 최고 온도는 (가)에서가 (나)에서보다 낮다.

(가)와 (나)가 같다

☒ 출입한 열량은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

☒ (가)는 발열 반응, (나)는 흡열 반응이다. 발열

ㄴ. (가)와 (나)에서 반응하는 H<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>의 양(mol)이 같으므로 방출하는 열량이 같다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)에서 방출하는 열량이 같으므로 혼합 용액의 최고 온도도 (가)와 (나)가 같다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 중화 반응이므로 발열 반응이다.



## 8 포도당의 연소에서 발생하는 열량 계산

### [자료 분석]

체내에서 연소한  $C_6H_{12}O_6$ 은 45 g으로  $\frac{45 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$ 이다.

체중 70 kg인 사람의 열용량(kJ/°C)	286
체내에서 $C_6H_{12}O_6$ 1몰이 연소할 때 발생한 열량(kJ/mol)	2860
체내에서 $C_6H_{12}O_6$ 0.25몰이 연소할 때 발생한 열량(kJ)	715
$C_6H_{12}O_6$ 의 분자량	180

### [선택지 분석]

- ☒ 생성된 이산화 탄소( $CO_2$ )는 3몰이다. 1.5몰  
☐  $C_6H_{12}O_6$ 의 연소로 발생한 열량은 715 kJ이다.  
☐  $C_6H_{12}O_6$ 의 연소로 체온은  $0.5^\circ\text{C}$  높아진다.

$C_6H_{12}O_6$  연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄴ.  $C_6H_{12}O_6$  45 g은 0.25몰이므로  $C_6H_{12}O_6$ 의 연소로 발생한 열량은  $2860 \text{ kJ/mol} \times 0.25 \text{ mol} = 715 \text{ kJ}$ 이다.

ㄷ. 715 kJ 중 20 %인 143 kJ만 체온을 높이는 데 쓰이므로  $143 \text{ kJ} = 286 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \times \Delta t$ 에서  $\Delta t = 0.5(^\circ\text{C})$ 이다.

바로알기 ㄱ.  $C_6H_{12}O_6$ 과  $CO_2$ 의 계수비는 1 : 6이므로  $C_6H_{12}O_6$  45 g(0.25 몰)이 연소할 때  $CO_2$  1.5몰이 발생한다.

## 9 연소 반응에서 발생하는 열량 계산

### [자료 분석]

물질 X의 화학식량	60.0	물질 X의 양(mol): $\frac{6.0 \text{ g}}{60.0 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$
연소된 물질 X의 질량(g)	6.0	
처음 물의 온도(°C)	12.0	물의 온도 변화: $(16.0 - 12.0)^\circ\text{C} = 4^\circ\text{C}$
나중 물의 온도(°C)	16.0	
물의 질량(kg)	2.0	물이 흡수한 열량: $4.2 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2.0 \text{ kg} \times 4^\circ\text{C} = 33.6 \text{ kJ}$
물의 비열(kJ/(kg·°C))	4.2	
물을 제외한 통열량계의 열용량(kJ/°C)	11.6	통열량계가 얻은 열량: $11.6 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \times 4^\circ\text{C} = 46.4 \text{ kJ}$

### [선택지 분석]

- ☐ 80                      ☐ 336                      ☐ 464  
☒ 800                      ☐ 1600

물이 흡수한 열량 =  $c_{\text{물}} \times m_{\text{물}} \times \Delta t = 4.2 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2.0 \text{ kg} \times (16.0 - 12.0)^\circ\text{C} = 33.6 \text{ kJ}$ 이고, 통열량계가 얻은 열량 =  $C_{\text{통열량계}} \times \Delta t = 11.6 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \times (16.0 - 12.0)^\circ\text{C} = 46.4 \text{ kJ}$ 이므로 X 1몰을 연소시킬 때 발생하는 열량  $Q = \frac{(33.6 + 46.4) \text{ kJ}}{0.1 \text{ mol}} = 800 \text{ kJ/mol}$ 이다.

## 10 에탄올의 연소에서 발생하는 열량 계산

### [선택지 분석]

- ☐ 에탄올을 연소시킬 때 발생하는 열량은 1400 kJ/mol이다.  
☐  $t_2$ 가 실제보다 낮게 측정되면 에탄올을 연소시킬 때 발생하는 열량은 크게 계산된다. 작게  
☐ (가)에서 500 g의 물로 실험하면 에탄올을 연소시킬 때 발생하는 열량(kJ/mol)은 2배가 된다. 변함없다

ㄱ.  $Q = (4.2 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \times 1000 \text{ g} \times 2^\circ\text{C}) + (2.8 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \times 2^\circ\text{C}) = 14 \text{ kJ}$ 이고, 에탄올 0.46 g은 0.01몰이므로 에탄올 1몰당 열량  $Q = \frac{14 \text{ kJ}}{0.01 \text{ mol}} = 1400 \text{ kJ/mol}$ 이다.

바로알기 ㄴ.  $t_2$ 가 실제보다 낮게 측정되면 온도 변화가 작게 측정되어 발생하는 열량이 작게 계산된다.

ㄷ. (가)에서 500 g의 물로 실험하면  $t_2$ 가 높게 측정되지만, 에탄올이 연소하면서 발생하는 열량(kJ/mol)은 변하지 않는다.

## 11 용해 반응에서 발생하는 열량 비교

### [자료 분석]

#### [실험 과정]

- (가) 간이 열량계에 물 100 g을 넣고 온도( $t_1$ )를 측정한다.  
 (나) (가)의 열량계에 X 0.01몰을 넣어 물에 완전히 용해시킨 후 온도 변화가 없을 때 용액의 온도( $t_2$ )를 측정한다.  
 (다) Y, Z 0.01몰에 대해서도 각각 과정 (가)와 (나)를 반복한다.

#### [실험 결과]

물질	용액의 온도(°C)		온도 변화(°C)	열의 출입
	$t_1$	$t_2$	$t_2 - t_1$	
X	23	27	4	발열 반응
Y	23	21	-2	흡열 반응
Z	23	25	2	발열 반응

• X~Z의 용해 시 출입하는 열량은 모두 같다.

### [선택지 분석]

- ☐ 화학식량은  $X < Z$ 이다.  
☐ Y의 용해 반응은 발열 반응이다. 흡열  
☐ 물질 1 g이 용해될 때 출입하는 열량은 Y가 Z보다 크다. Y와 Z가 같다

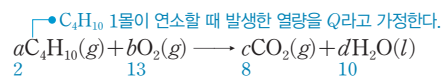
ㄱ.  $Q = c \times m \times \Delta t$ 에서 Q와 c가 같으므로 온도 변화가 작을수록 용액의 질량이 크다. 용매인 물의 질량은 100 g으로 일정하므로 용질의 질량은  $X < Z$ 인데, X와 Z의 양(mol)이 0.01몰로 같으므로 화학식량은  $X < Z$ 이다.

바로알기 ㄴ. Y는  $t_1$ 보다  $t_2$ 가 낮으므로 흡열 반응이다.

ㄷ. Y와 Z가 용해될 때 용액의 온도 변화가 같으므로 1 g당 연소할 때 출입하는 열량은 Y와 Z가 같다.

## 12 뷰테인의 연소에서 발생하는 열량 비교

### [자료 분석]



- $O_2$  1몰이 소모될 때 발생한 열량:  $Q_1 = \frac{2}{13}Q$   
 •  $CO_2$  4몰이 생성될 때 발생한 열량:  $Q_2 = Q$

### [선택지 분석]

- ☐ 1 : 4                      ☒ 2 : 13                      ☐ 8 : 13  
☐ 13 : 2                      ☐ 13 : 8

$C_4H_{10}$  1몰이 연소할 때 발생한 열량을 Q라고 하면  $O_2$  1몰이 소모될 때  $C_4H_{10}$   $\frac{2}{13}$  몰이 완전 연소하므로  $Q_1 = \frac{2}{13}Q$ 이다.

또,  $CO_2$  4몰이 생성될 때  $C_4H_{10}$  1몰이 완전 연소하므로  $Q_2 = Q$ 이다. 따라서  $Q_1 : Q_2 = \frac{2}{13}Q : Q = 2 : 13$ 이다.