

수능  
특강

과학탐구영역 **화학I**

# 이 책의 차례 Contents

## I 화학의 첫걸음

01	우리 생활 속의 화학	6
02	화학식량과 몰	20
03	화학 반응식과 용액의 농도	37

## II 원자의 세계

04	원자의 구조	57
05	현대적 원자 모형과 전자 배치	70
06	원소의 주기적 성질	88

## III 화학 결합과 분자의 세계

07	이온 결합	108
08	공유 결합과 결합의 극성	121
09	분자의 구조와 성질	141

## IV 역동적인 화학 반응

10	동적 평형	161
11	산 염기와 중화 반응	177
12	산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열	195

**학생 EBS 교재 문제 검색**  
EBS 단추에서 문항코드나 사진으로 문제를 검색하면 푸러봇이 해설 영상을 제공합니다.

**[22024-0001]**  
1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

22024-0001

▶ **찰칵!**

※ EBSi 사이트 및 모바일에서 이용이 가능합니다.  
※ 사진 검색은 EBSi 고교강의 앱에서만 이용하실 수 있습니다.

**교사 교사지원센터 교재 자료실**  
교재 문항 한글 문서(HWP)와 교재의 이미지 파일을 무료로 제공합니다.

**교재 자료실**

- 한글다운로드
- 교재이미지 활용
- 강의활용자료

※ 교사지원센터(<http://teacher.ebsi.co.kr>) 접속 후 '교사인증'을 통해 이용 가능

# 이 책의 구성과 특징 Structure

## 교육과정의 핵심 개념 학습과 문제 해결 능력 신장

[EBS 수능특강]은 고등학교 교육과정과 교과서를 분석·종합하여 개발한 교재입니다.

본 교재를 활용하여 대학수학능력시험이 요구하는 교육과정의 핵심 개념과 다양한 난이도의 수능형 문항을 학습함으로써 문제 해결 능력을 기를 수 있습니다. EBS가 심혈을 기울여 개발한 [EBS 수능특강]을 통해 다양한 출제 유형을 연습함으로써, 대학수학능력시험 준비에 도움이 되기를 바랍니다.



### 총실한 개념 설명과 보충 자료 제공

#### 1. 핵심 개념 정리

- 주요 개념을 요약·정리하고 탐구 상황에 적용하였으며, 보다 깊이 있는 이해를 돕기 위해 보충 설명과 관련 자료를 풍부하게 제공하였습니다.

##### 탐구자료 살펴보기

주요 개념의 이해를 돕고 적용 능력을 기를 수 있도록 시험 문제에 자주 등장하는 탐구 상황을 소개하였습니다.

##### 과학 돋보기

개념의 통합적인 이해를 돕는 보충 설명 자료나 배경 지식, 과학사, 자료 해석 방법 등을 제시하였습니다.

#### 2. 개념 체크 및 날개 평가

- 본문에 소개된 주요 개념을 요약·정리하고 간단한 퀴즈를 제시하여 학습한 내용을 갈무리하고 점검할 수 있도록 구성하였습니다.



### 단계별 평가를 통한 실력 향상

[EBS 수능특강]은 문제를 수능 시험과 유사하게 **2점 수능 테스트**와 **3점 수능 테스트**로 구분하여 제시하였습니다. 2점 수능 테스트는 필수적인 개념을 간략한 문제 상황으로 다루고 있으며, 3점 수능 테스트는 다양한 개념을 복잡한 문제 상황이나 탐구 활동에 적용하였습니다.

# I

## 화학의 첫걸음

### 2022학년도 9월 모의평가 18번

18. 표는 원소 X와 Y로 이루어진 분자 (가)~(다)에서 구성 원소의 질량비를 나타낸 것이다.  $t^{\circ}\text{C}$ , 1 atm에서 기체 1g의 부피비는 (가) : (나) = 15 : 22이고, (가)~(다)의 분자당 구성 원자 수는 각각 5 이하이다. 원자량은 Y가 X보다 크다.

분자	(가)	(나)	(다)
$\frac{Y\text{의 질량}}{X\text{의 질량}}$ (상댓값)	1	2	3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

<보기>

- ㄱ.  $\frac{Y\text{의 원자량}}{X\text{의 원자량}} = \frac{4}{3}$ 이다.
- ㄴ. (나)의 분자식은 XY이다.
- ㄷ.  $\frac{\text{(다)의 분자량}}{\text{(가)의 분자량}} = \frac{38}{11}$ 이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

### 2022학년도 EBS 수능특강 36쪽 12번

12. 표는 원소 X와 Y로 이루어진 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

분자	(가)	(나)
분자당 원자 수	5	7
1g당 분자 수	$5n$	$2n$
$\frac{Y\text{의 질량}}{X\text{의 질량}}$ (상댓값)	3	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X, Y는 임의의 원소 기호이다.)

- ㄱ. (가)의 분자식은 XY<sub>2</sub>이다.  
 ㄴ. 원자량 비는 X : Y = 12 : 1이다.  
 ㄷ. 1g에 들어 있는 X 원자의 몰 비는 (가) : (나) = 5 : 6이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### 연계 분석

9월 모의평가 18번 문항은 수능특강 36쪽 12번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 원소 X, Y로 이루어진 분자에서 X의 질량에 대한 Y의 질량의 상댓값과 분자당 원자 수에 대한 자료를 제공하고 있다. 모의평가에서는 특정 온도와 압력 조건에서 기체 1g의 부피비를 제시하고, 수능특강에서는 1g당 분자 수를 제시하는 점에서 차이를 보인다. <보기> 구성에서 원자량비, 분자식, 그리고 분자량비 또는 1g에 들어 있는 원자의 몰비를 묻는 등 같은 요소를 평가하고 있다. 따라서 이 문항은 연계 문항과 유사성이 높은 문항이다.

#### 학습 대책

이러한 문제를 해결하기 위해서는 원자량과 몰에 대한 기본 개념과 원리를 바탕으로, 분자를 이루는 원자의 상대적 질량비 자료를 면밀하게 분석하여 가능한 분자식을 도출하고, 기체에서 아보가드로 법칙을 응용하여 주어진 정보로부터 분자량비를 파악하는 능력이 필수적이다. 분자를 이루는 원자의 상대적 질량비 자료를 이용하여 분자식을 유추하는 과정의 논리를 파악하고 유사한 문항을 접하며 충분한 연습을 통해 응용된 문제를 해결할 수 있도록 한다.

## 수능 \_ EBS 교재 연계 사례

## 2022학년도 9월 모의평가 15번

15. 다음은  $A(aq)$ 을 만드는 실험이다.  $A$ 의 화학식량은  $a$ 이다.

- (가)  $A(s)$   $x$  g을 모두 물에 녹여  $A(aq)$  500 mL를 만든다.  
 (나) (가)에서 만든  $A(aq)$  100 mL에  $A(s)$   $\frac{x}{2}$  g을 모두 녹이고 물을 넣어  $A(aq)$  500 mL를 만든다.  
 (다) (가)에서 만든  $A(aq)$  50 mL와 (나)에서 만든  $A(aq)$  200 mL를 혼합하고 물을 넣어 0.2 M  $A(aq)$  500 mL를 만든다.

$x$ 는? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

- ①  $\frac{1}{19}a$     ②  $\frac{2}{19}a$     ③  $\frac{3}{19}a$     ④  $\frac{4}{19}a$     ⑤  $\frac{5}{19}a$

## 2022학년도 EBS 수능특강 53쪽 10번

10. [21024-0060]  
 다음은  $a$  M  $KHCO_3(aq)$ 을 만드는 실험 과정이다.

## [실험 과정]

- (가)  $KHCO_3(s)$  2 g을 비커에 담고 ㉠ 100 mL 증류수를 부어 모두 녹인다.  
 (나) (가)의 용액을 250 mL 부피 플라스크에 넣는다. 이때 ㉡ 증류수로 비커를 씻어 물이 있는 용액까지 부피 플라스크에 넣는다.  
 (다) 부피 플라스크에 증류수를 넣고 혼합하여 수용액의 부피를 표시선에 맞춘다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $KHCO_3$ 의 화학식량은 100이고, 온도는 일정하다.)

## [ 보기 ]

- ㉠.  $a=0.08$ 이다.  
 ㉡. ㉠ 대신 150 mL 증류수를 사용하면  $a$  M  $KHCO_3(aq)$ 을 만들 수 없다.  
 ㉢. ㉡을 생략하고 만든 용액의 몰 농도는  $a$  M보다 작다.

- ① ㉠    ② ㉡    ③ ㉠, ㉡    ④ ㉠, ㉢    ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

연계  
분석

9월 모의평가 15번 문항은 수능특강 53쪽 10번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 특정 몰 농도의 수용액을 만드는 실험 과정을 제시하는 점에서 유사하다. 수능특강에서는 용질을 녹여 특정 몰 농도의 수용액을 만드는 과정을 문제로 구성하였고, 모의평가에서는 용질을 녹여 만든 수용액의 일부를 취하고 추가로 용질을 녹여 만든 최종 수용액의 몰 농도를 제시하는 점에서 차이점을 보이고 있다. 따라서 이 문항은 연계 문항과 유사성이 다소 높은 문항이다.

학습  
대책

몰 농도의 정의와 특정 몰 농도의 용액을 제조하는 과정을 이해하고 용질의 양(mol)과 몰 농도의 관계를 파악하는 문제는 출제 빈도가 높은 편이다. 용액의 혼합이나 용질의 추가와 같은 문제 상황에서 용질의 양(mol)을 정확하게 계산하는 훈련이 필요하다. 몰 농도의 개념을 정확하게 알고 용질의 질량을 양(mol)으로 환산하는 연습을 충분히 하여 응용된 문제를 해결할 수 있도록 한다.

## 개념 체크

● **암모니아의 합성과 식량 문제 해결**

공기 중 질소를 수소와 반응시켜 대량으로 암모니아를 합성함으로써 식량 문제 해결에 기여하였다.

1. 공기 중 가장 많은 양을 차지하는 기체의 성분 원소이며, 단백질을 구성하는 원소는 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

2. 암모니아를 원료로 하여 만든 질소 비료는 식량 문제 해결에 크게 기여하였다. ( )

3. 암모니아는 공기 중 질소와 산소를 반응시켜 합성한다. ( )

4. 대부분의 생명체는 공기 중의 질소를 직접 이용하지 못한다. ( )

## 1 화학의 유용성

### (1) 화학의 발전 과정

- ① 불의 발견과 이용 : 금속의 제련이 가능해졌다.
- ② 중세와 근대 연금술의 발전 : 화학적 조작 및 새로운 화학 물질을 발견하는 계기가 되었다.
- ③ 18세기 말 라부아지에의 화학 혁명 : 물질이 산소와 반응하여 연소된다는 사실이 밝혀져 화학이 크게 발전하는 원동력이 되었다.



### (2) 화학과 식량 문제의 해결

- ① 식량 문제 : 산업 혁명 이후 인구의 급격한 증가로 인해 식물의 퇴비나 동물의 분뇨와 같은 천연 비료에 의존하던 농업이 한계에 이르게 되었다.
- ② 질소 비료의 필요성 : 급격한 인구 증가에 따른 식량 부족으로 농업 생산량을 높이기 위해 질소 비료가 필요하였다.
- ③ 암모니아 합성과 식량 문제의 해결
  - 생명체와 질소 : 질소(N)는 생명체 내에서 단백질, 핵산 등을 구성하는 원소이지만 대부분의 생명체는 공기 중의 질소(N<sub>2</sub>)를 직접 이용하지 못한다.
  - 하버와 보슈는 공기 중의 질소(N<sub>2</sub>)를 수소(H<sub>2</sub>)와 반응시켜 암모니아(NH<sub>3</sub>)를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.
  - 암모니아 대량 생산의 의의 : 암모니아를 원료로 하여 만든 질소 비료는 식량 문제 해결에 크게 기여하였다.

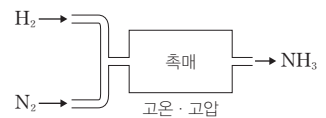
### 과학 돋보기 하버·보슈 법

19세기 말 인구의 폭발적인 증가로 인한 식량 부족 문제는 인류가 해결해야 할 시급한 과제 중 하나였다.

대기 중의 질소는 매우 안정한 물질이기 때문에 암모니아 합성 반응은 실온에서는 잘 일어나지 않고 고온, 고압 조건에서 일어난다.

하버와 보슈는 암모니아 합성에 필요한 최적의 온도와 압력, 촉매 등의 조건을 알아내기 위한 연구 끝에 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 암모니아를 대량 생산하는 공정을 만들었는데, 이를 하버·보슈 법이라고 한다.

이렇게 생성된 암모니아를 질산, 황산과 반응시켜 질산 암모늄이나 황산 암모늄으로 만들어 비료로 사용한다. 하버·보슈 법에 의한 암모니아의 대량 생산은 식량 부족 문제를 해결하는 데 크게 기여하였고, 이 업적으로 하버는 1918년에 노벨 화학상을 수상하였다.



정답

1. 질소
2. ○
3. ×
4. ○

### (3) 화학과 의류 문제의 해결

- ① 의류 문제 : 식물에서 얻는 면이나 마, 동물에서 얻는 비단과 같은 천연 섬유는 강도가 약하며, 생산 과정에 많은 시간과 노력이 들어 합성 섬유보다 값이 비싸고 대량 생산이 어렵다.
- ② 합성 섬유의 개발과 의류 문제의 해결
  - 합성 섬유 : 간단한 분자를 이용하여 합성한 섬유로, 원료에 따라 다양한 특징을 갖는 섬유를 합성할 수 있다. 합성 섬유의 원료는 석유로부터 얻는다.
  - 천연 섬유와 합성 섬유의 특징

구분	천연 섬유	합성 섬유
종류	면, 마, 모, 견 등	나일론, 폴리에스터 등
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흡습성과 촉감이 좋다.</li> <li>• 질기지 않아 쉽게 닳는다.</li> <li>• 생산량이 일정하지 않다.</li> <li>• 생산 과정에 많은 시간과 노력이 필요하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흡습성이 좋지 않다.</li> <li>• 질기고 쉽게 닳지 않는다.</li> <li>• 대량 생산이 가능하다.</li> <li>• 세탁이 간편하고 해충과 곰팡이의 피해가 없다.</li> <li>• 다양한 기능의 섬유를 제작할 수 있다.</li> </ul>

- 합성 섬유 개발의 의의 : 화학의 발달과 함께 개발된 여러 가지 합성 섬유로 인해 값싸고 다양한 기능이 있는 의복을 제작하고 이용할 수 있게 되었다.

#### 과학 돋보기 최초의 합성 섬유인 나일론

캐러더스(Carothers, W. H., 1896~1937)가 개발한 나일론은 최초의 합성 섬유로, '공기, 석탄, 그리고 물로부터만 들며, 강철보다 강하다.'라는 주목을 받았다. 나일론은 질기고 물을 흡수해도 팽창하지 않으며 오랫동안 변하지 않는 장점이 있어 여러 가지 의류뿐만 아니라 밧줄, 전선, 그물 등 산업용으로 다양하게 이용된다. 그러나 고온에 비교적 민감하여 변형되며, 섬유가 누렇게 되는 황변 현상이 일어나기도 한다.

### (4) 화학과 주거 문제의 해결

- ① 주거 문제 : 산업 혁명 이후 인구의 급격한 증가로 인해 대규모 주거 공간이 필요해졌다.
- ② 건축 재료의 특징

건축 재료	특징
철	단단하고 내구성이 뛰어나 건축물의 골조, 배관 및 가전제품이나 생활용품 등에 이용한다.
스타이로폼	건물 내부의 열이 밖으로 빠져나가지 않도록 하는 단열재로 사용되며, 가볍고 거의 부식되지 않지만 열에 약하다.
시멘트	석회석(CaCO <sub>3</sub> )을 가열하여 생석회(CaO)로 만든 후 점토와 섞은 건축 재료이다.
콘크리트	시멘트에 물, 모래, 자갈 등을 섞은 건축 재료이며, 압축에는 강하지만 잡아당기는 힘에는 약하다.
철근 콘크리트	콘크리트 속에 철근을 넣어 콘크리트의 강도를 높인 것으로 주택, 건물, 도로 등의 건설에 이용한다.
유리	모래에 포함된 이산화 규소(SiO <sub>2</sub> )를 원료로 만들며, 건물의 외벽과 창 등에 이용한다.

- ③ 건축 재료 발달의 의의 : 화학의 발달로 건축 재료가 바뀌면서 주택, 건물, 도로 등의 대규모 건설이 가능하게 되었다.

#### 개념 체크

##### ① 합성 섬유

간단한 분자를 이용하여 합성한 섬유로, 일반적으로 천연 섬유보다 질기고 쉽게 닳지 않으며 대량 생산이 가능하다.

##### ② 건축 재료의 개발

시멘트, 철근 콘크리트, 스타이로폼 등의 건축 재료 개발로 인력한 주거 환경과 대규모 건설이 가능해졌다.

1. 면과 같은 ( )는 흡습성과 촉감이 좋지만 질기지 않아 쉽게 닳는다.

2. ( )은 최초의 합성 섬유로 질기고 쉽게 닳지 않아 여러 가지 의류뿐만 아니라 밧줄, 전선, 그물 등에 사용할 수 있다.

3. ( )는 시멘트에 물, 모래, 자갈 등을 섞은 건축 재료이다.

※ ○ 또는 ×

4. 합성 섬유는 대량 생산이 가능하다. ( )

5. 유리는 모래에 포함된 이산화 규소를 원료로 만든다. ( )

#### 정답

1. 천연 섬유
2. 나일론
3. 콘크리트
4. ○
5. ○

개념 체크

● 탄소 화합물

탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 결합하여 이루어진 화합물이다.

● 탄소 화합물의 다양성

탄소 원자 1개는 최대로 다른 원자 4개와 결합할 수 있고, 다양한 결합 방법으로 여러 가지 탄소 화합물을 만들기 때문에 화합물의 종류가 매우 많다.

- 탄소 화합물은 ( ) 원자가 기본 골격을 이룬다.
- 탄소 원자 1개는 최대로 다른 원자 ( )개와 결합할 수 있다.
- ( )은 가장 간단한 탄화수소로 천연 가스의 주 성분이다.

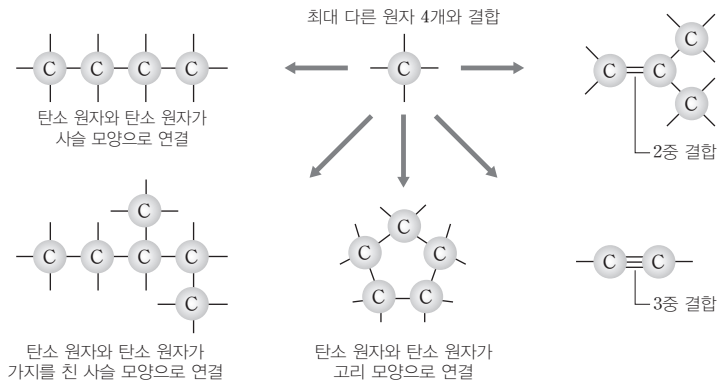
2 탄소 화합물의 유용성

(1) **탄소 화합물** : 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 인(P), 할로젠 등이 공유 결합하여 이루어진 화합물이다.

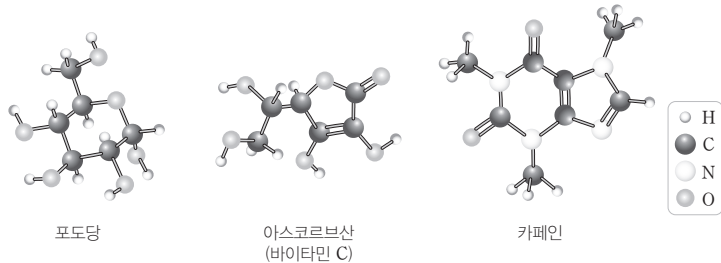
예) 아미노산, DNA, 의약품, 합성 섬유 등

(2) 탄소 화합물의 다양성

- 탄소 원자 1개는 최대로 다른 원자 4개와 결합할 수 있고, 탄소 원자들은 다양한 결합 방법(단일 결합, 2중 결합, 3중 결합)으로 여러 가지 구조의 탄소 화합물을 만든다.
- 구성 원소의 종류는 적으나 탄소 사이의 다양한 결합이 가능해 화합물의 종류가 매우 많다.



(3) 탄소 원자는 C 원자뿐만 아니라 H, O, N 등의 원자와도 결합을 하므로 화합물의 종류가 매우 많다.



(3) 여러 가지 탄소 화합물

(1) **탄화수소** : 탄소 화합물 중 탄소(C)와 수소(H)로만 이루어진 화합물이다.

- 물에 잘 녹지 않는다.
- 연소할 때 많은 열이 발생하여 연료로 많이 사용한다.
- 완전 연소되면 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O)이 생성된다.

탄화수소	메테인(CH <sub>4</sub> )	프로페인(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	뷰테인(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )
분자 모형 및 결합의 특징	 C 원자 1개를 중심으로 4개의 H 원자가 정사면체 모양을 이룬다.	 3개의 C 원자가 사슬 모양으로 결합되어 있다.	 4개의 C 원자가 사슬 모양으로 결합되어 있다.

정답

- 탄소(C)
- 4
- 메테인(CH<sub>4</sub>)



탄화수소	메테인(CH <sub>4</sub> )	프로페인(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	뷰테인(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>가장 간단한 탄화수소</li> <li>액화 천연 가스(LNG)의 주성분</li> <li>실온에서 기체</li> <li>냄새와 색깔이 없다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>액화 석유 가스(LPG)의 주성분</li> <li>실온에서 기체</li> <li>냄새와 색깔이 없다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>액화 석유 가스(LPG)의 주성분</li> <li>실온에서 기체</li> <li>냄새와 색깔이 없다.</li> </ul>
이용	가정용 연료	차량용, 상업용 연료	차량용, 상업용, 휴대용 연료

### 과학 돋보기 LNG와 LPG의 저장·운반 및 이용

구분	LNG	LPG	
주성분	메테인(CH <sub>4</sub> )	프로페인(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	뷰테인(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )
끓는점(°C)	-162.0	-42.1	-0.5
이용	도시 가스	차량용, 상업용 연료	

- LNG(액화 천연 가스) : 끓는점이 매우 낮아 쉽게 기화되기 때문에 액화시키기 어려워 용기에 넣어 저장하거나 운반하지 않고 주로 파이프를 통해 공급한다.
- LPG(액화 석유 가스) : 끓는점이 메테인보다 높아 비교적 쉽게 액화되므로 용기에 담아 저장하거나 운반한다.
- 겨울철 LPG의 이용 : 겨울철에는 여름철보다 프로페인 비율을 높여 공급한다. 끓는점이 -0.5°C인 뷰테인은 온도가 낮아지면 기화되기 어려운 반면, 상대적으로 끓는점이 낮은 프로페인은 기화되기 쉬우므로 프로페인의 비율을 여름보다 약간 높이면 사용하기에 편리하다.

### 탐구자료 살펴보기 연료의 연소 생성물 확인

#### 실험 과정

(가) 그림과 같이 연료를 알코올 램프에 넣고 연소시켜 발생하는 기체를 석회수에 통과시킨다.

(나) 그림과 같이 연료가 연소될 때 비커를 거꾸로 씌웠다가 비커 안쪽에 액체 방울이 생기면 푸른색 염화 코발트 종이를 대어 본다.

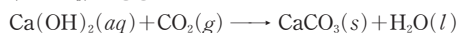


#### 실험 결과

(가)에서 석회수가 뿌옇게 흐려졌고, (나)에서 푸른색 염화 코발트 종이 가 붉게 변하였다.

#### 분석 point

- 석회수(Ca(OH)<sub>2</sub>(aq))가 뿌옇게 흐려진 것은 석회수와 이산화 탄소가 반응하여 물에 녹지 않는 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)이 생성되었기 때문이다.



- 푸른색 염화 코발트 종이는 물에 의해 붉게 변하므로 생성된 액체는 물이다.

### 개념 체크

#### 탄소 화합물의 연소

탄소 화합물에는 탄소(C)와 수소(H)가 포함되어 있으므로, 탄소 화합물을 완전 연소시키면 이산화탄소와 물이 생성된다.

- 어떤 물질을 완전 연소시켰을 때 물이 생성되었다면 ( )는 그 물질의 성분 원소이다.
- 탄소를 완전 연소시키면 ( )가 생성된다.
- 푸른색 염화 코발트 종이에 ( )을 묻히면 붉은색으로 변한다.
- ( )를 석회수에 통과시키면 석회수가 뿌옇게 흐려진다.

#### 정답

- 수소
- 이산화 탄소
- 물
- 이산화 탄소

개념 체크

● 에탄올

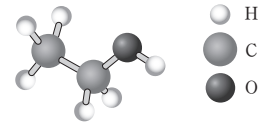
탄화수소인 에테인( $C_2H_6$ )에서 H 원자 1개 대신  $-OH$ 가 탄소 원자에 결합되어 있는 물질로, 물에 잘 녹는다.

● 아세트산

탄화수소인 메테인( $CH_4$ )에서 H 원자 1개 대신  $-COOH$ 가 탄소 원자에 결합되어 있는 물질로, 수용액은 산성이다.

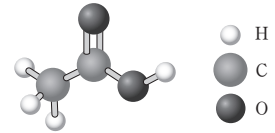
1. 에탄올을 완전 연소시키면 ( )와(과) ( )이(가) 생성된다.
  2. 식초는 약 6%의 ( ) 수용액이다.
- ※ ○ 또는 ×
3. 에탄올을 물에 녹인 수용액은 염기성이다. ( )
  4. 분자당 탄소 원자 수는 아세트산이 에탄올보다 크다. ( )

② 에탄올( $C_2H_5OH$ ) : 탄화수소인 에테인( $C_2H_6$ )에서 H 원자 1개 대신  $-OH$ 가 탄소 원자에 결합되어 있다.



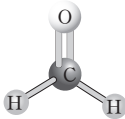
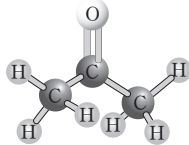
- 술의 주성분으로, 효모를 이용하여 과일이나 곡물 속에 포함된 당을 발효시켜 만든다.
- 물에 잘 녹는 부분과 잘 녹지 않는 부분을 모두 포함하므로 물과 기름에 모두 잘 녹는다.
- 25°C에서 무색 액체로 존재하며 수용액은 중성이다.
- 소독용 알코올, 약품의 원료, 용매, 연료 등으로 사용한다.

③ 아세트산( $CH_3COOH$ ) : 탄화수소인 메테인( $CH_4$ )에서 H 원자 1개 대신  $-COOH$ 가 탄소 원자에 결합되어 있다.



- 아세트산이 포함된 식초는 오랜 옛날부터 인류가 이용해 온 대표적인 발효 식품으로, 자연 상태에서 에탄올이 발효되어 만들어진다.
- 25°C에서 무색 액체로 존재하며, 물에 녹아 약한 산성을 띤다.
- 약 6% 아세트산 수용액인 식초는 음식을 조리하는 데 사용된다.
- 아스피린과 같은 의약품과 플라스틱, 염료 등의 원료로 사용된다.

④ 그 밖의 탄소 화합물

탄소 화합물	포말데하이드( $CH_2O$ )	아세톤( $C_3H_6O$ )
분자 모형		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C 원자 1개에 H 원자 2개와 O 원자 1개가 결합한 분자이다.</li> <li>• 모든 원자가 동일 평면에 존재한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로페인(<math>C_3H_8</math>)의 가운데 탄소 원자에 H 원자 2개 대신 O 원자 1개가 결합한 분자이다.</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25°C에서 무색 기체로 자극적인 냄새가 난다.</li> <li>• 물에 잘 용해된다.</li> <li>• 플라스틱, 가구용 접착제 등의 원료로 사용된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25°C에서 무색 액체로 특유의 냄새가 난다.</li> <li>• 물에 잘 용해된다.</li> <li>• 탄소 화합물을 녹이는 용매나 매니큐어 제거제로 사용된다.</li> </ul>

과학 돋보기 탄소 화합물의 완전 연소

탄소 화합물이 완전 연소될 때 분자를 구성하는 C와 H 원자가 O 원자와 결합하므로 이산화탄소( $CO_2$ )와 물( $H_2O$ )이 생성되며, 생성되는  $CO_2$ 와  $H_2O$ 의 분자 수는 각각 탄소 화합물의 분자당 C와 H의 원자 수에 비례한다.

탄소 화합물		메테인( $CH_4$ )	에탄올( $C_2H_5OH$ )	아세트산( $CH_3COOH$ )
분자당 구성 원자 수	C	1	2	2
	H	4	6	4
분자당 완전 연소 생성물의 분자 수	$CO_2$	1	2	2
	$H_2O$	2	3	2

정답

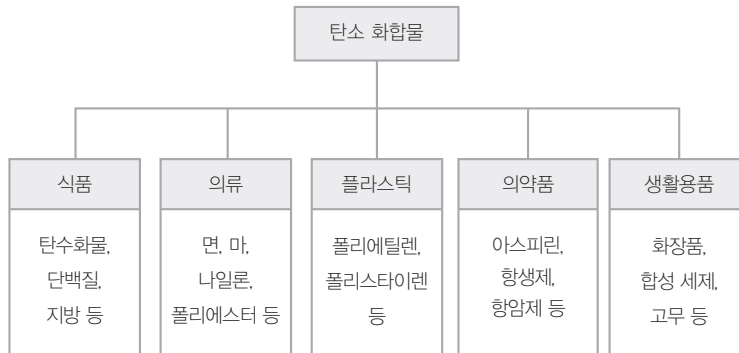
1. 이산화 탄소, 물
2. 아세트산
3. ×
4. ×

#### (4) 탄소 화합물과 우리 생활

##### ① 탄소 화합물의 생산과 활용

- 원유는 액체 상태로 산출되는 탄화수소의 혼합물이다. 원유를 분별 증류하여 석유 가스, 나프타, 등유, 경유, 중유, 아스팔트 등을 얻는다.
- 나프타를 고온에서 분해하여 생성된 물질을 원료로 플라스틱, 의약품, 화장품, 페인트, 합성 고무 등의 석유 화학 제품을 만들 수 있는데, 이러한 제품이 모두 탄소 화합물이다.

##### ② 생활 속의 탄소 화합물



- 플라스틱 : 주로 원유에서 분리되는 나프타를 원료로 하여 합성하는 탄소 화합물로, 가볍고 외부의 힘과 충격에 강하며, 녹이 슬지 않고 대량 생산이 가능하여 값이 싸다.
- 아세틸살리실산(아스피린) : 살리실산과 아세트산을 반응시켜 합성한 탄소 화합물로 해열제나 진통제로 사용된다.

#### 개념 체크

##### ● 플라스틱

나프타를 원료로 하여 합성한 탄소 화합물이다.

##### ● 아스피린

살리실산과 아세트산을 반응시켜 합성한 탄소 화합물이다.

1. ( )를 고온에서 분해하여 생성된 물질은 플라스틱, 의약품 등의 원료로 사용된다.

2. 일반적으로 ( )은 가볍고 외부의 힘과 충격에 강하며, 녹이 슬지 않고 대량 생산이 가능하다.

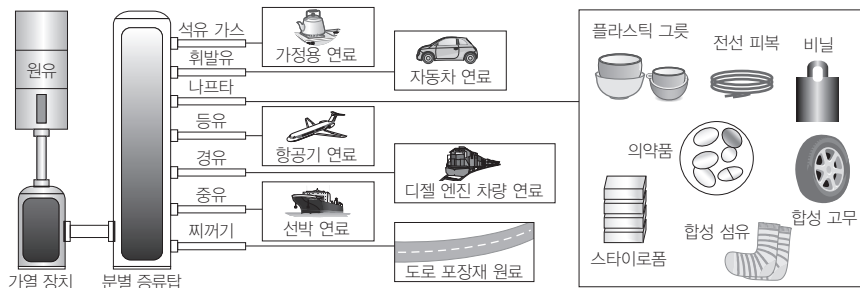
※ ○ 또는 ×

3. 원유는 탄화수소의 혼합물이다. ( )

4. 플라스틱과 아스피린에는 공통적으로 탄소와 수소가 포함된다. ( )

#### 과학 돋보기 원유의 분별 증류

- 원유는 여러 가지 탄화수소가 혼합되어 있는 물질이며, 분별 증류를 이용하여 탄화수소를 분리할 수 있다.
- 분별 증류는 물질의 끓는점 차이를 이용하여 물질을 분리하는 방법으로, 끓는점이 낮은 물질은 먼저 기화하여 증류탑의 위쪽에서 액화되고, 끓는점이 높은 물질은 증류탑의 아래쪽에서 액화된다.
- 분자 1개당 탄소 수가 클수록 끓는점이 높으므로 분별 증류탑의 위쪽에서 분리되어 나오는 탄화수소일수록 분자당 탄소 수가 작다.
- 원유에서 분리되어 나오는 탄화수소 중 나프타는 여러 가지 석유 화학 제품의 원료로 사용된다.



#### 정답

1. 나프타
2. 플라스틱
3. ○
4. ○

기출문제 다시보기 **우리 생활 속의 화학**

2022학년도 6월 모의평가

다음은 일상생활에서 사용하는 제품과 이와 관련된 성분 (가)~(다)에 대한 자료이다.



(가)~(다) 중 탄소 화합물만을 있는 대로 고른 것은?

- ① (가)      ② (나)      ③ (가), (다)      ④ (나), (다)      ⑤ (가), (나), (다)

**해설** 탄소 화합물은 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 결합하여 이루어진 화합물이다. 설탕(C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)과 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)은 탄소 화합물이지만 염화 나트륨(NaCl)은 탄소 화합물이 아니다.

답 ③

기출문제 다시보기 **우리 생활 속의 화학**

2022학년도 대학수학능력시험

표는 일상생활에서 이용되고 있는 물질에 대한 자료이다.

물질	이용 사례
아세트산(CH <sub>3</sub> COOH)	식초의 성분이다.
암모니아(NH <sub>3</sub> )	질소 비료의 원료로 이용된다.
에탄올(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

- ㄱ. CH<sub>3</sub>COOH을 물에 녹이면 산성 수용액이 된다.
- ㄴ. NH<sub>3</sub>는 탄소 화합물이다.
- ㄷ. '의료용 소독제로 이용된다.'는 ㉠으로 적절하다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)은 식초의 성분으로 물에 녹아 일부 이온화하여 H<sup>+</sup>을 내놓는다. 그러므로 아세트산 수용액은 산성이다. ㄴ. 탄소 화합물은 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 결합하여 이루어진 화합물이다. 암모니아(NH<sub>3</sub>)는 탄소 화합물이 아니다. ㄷ. 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)은 의료용 소독제로 이용되는 탄소 화합물이다.

답 ③

01 [22024-0001] 다음은 물질 X에 대한 설명이다.

- X는 질소와 수소로 이루어진 화합물이다.
- 하버와 보슈는 촉매를 이용한 고온·고압 조건에서 X를 대량 생산하는 공정을 개발하였다.
- X는 질소 비료의 원료이므로 X의 대량 생산은 인류의  ㉠ 문제 해결에 기여하였다.

㉠으로 가장 적절한 것은?

- ① 식량                      ② 주거                      ③ 의복
- ④ 교육                      ⑤ 에너지

02 [22024-0002] 다음은 2가지 섬유이다.

나일론, 폴리에스터

두 섬유의 공통점만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 물을 잘 흡수한다.
  - ㄴ. 대량 생산이 가능하다.
  - ㄷ. 질기고 쉽게 닳지 않는다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22024-0003] 표는 3가지 건축 재료에 대한 설명이다. (가)~(다)는 각각 유리, 스타이로폼, 철근 콘크리트 중 하나이다.

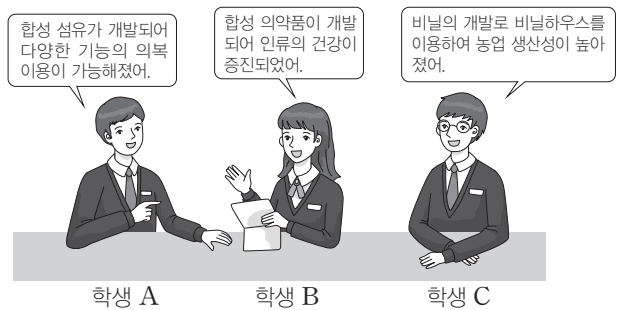
재료	설명
(가)	가볍고 단열재로 사용된다.
(나)	콘크리트 속에 철근을 넣어 만든다.
(다)	모래에 포함된 이산화 규소(SiO <sub>2</sub> )를 원료로 만든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 열에 강하다.
  - ㄴ. (나)는 강도가 높아 건물이나 도로의 건설에 쓰인다.
  - ㄷ. (다)는 건물의 창이나 외벽에 이용된다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22024-0004] 다음은 화학이 실생활의 문제 해결에 기여한 사례에 대한 세 학생의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A                      ② C                      ③ A, B
- ④ B, C                ⑤ A, B, C

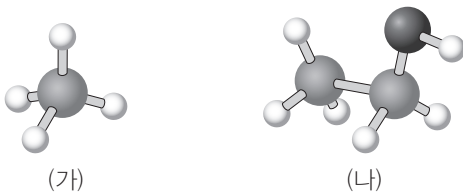
05 [22024-0005] 그림은 간식과 관련된 5가지 물질을 나타낸 것이다.



위 5가지 물질 중 탄소 화합물이 포함된 것은 모두 몇 가지인가?

- ① 1                      ② 2                      ③ 3  
④ 4                      ⑤ 5

06 [22024-0006] 그림 (가)와 (나)는 각각 메테인( $\text{CH}_4$ )과 에탄올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )을 모형으로 나타낸 것이다.



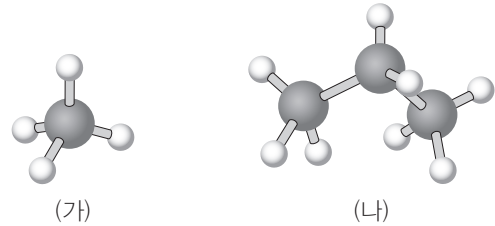
(가)와 (나)의 공통점만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 탄소 화합물이다.
- ㄴ. 물에 잘 녹는다.
- ㄷ. 완전 연소할 때 생성물의 종류가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22024-0007] 그림은 2가지 탄화수소 (가)와 (나)를 모형으로 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 액화 천연 가스(LNG)와 액화 석유 가스(LPG)의 주성분 중 하나이다.



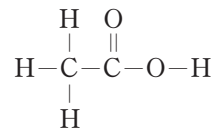
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 LNG의 주성분이다.
- ㄴ. (가)와 (나) 모두 연료로 사용한다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 모든 탄소 원자는 4개의 원자와 결합한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0008] 그림은 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )을 구조식으로 나타낸 것이다.



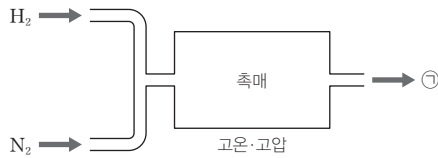
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 탄소 화합물이다.
- ㄴ. 의약품의 원료로 이용된다.
- ㄷ. 아세트산은 수용액에서 일부 이온화하여 수소 이온( $\text{H}^+$ )을 내놓는다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 [22024-0009] 그림은 하버·보슈 법을 이용하여 ㉠을 합성하는 과정을 나타낸 것이다.



㉠에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 암모니아(NH<sub>3</sub>)이다.
- ㄴ. 질소 비료의 원료이다.
- ㄷ. ㉠의 대량 생산은 농업 생산 증대에 기여하였다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하버와 보슈는 촉매를 이용한 고온·고압 조건에서 질소와 수소를 반응시켜 암모니아를 대량 생산하는 공정을 개발하였다.

02 [22024-0010] 다음은 화학의 유용성과 관련된 자료이다.

- 과학자들은 ㉠을/를 원료로 하여 다양한 ㉡ 합성 섬유를 만들었다.
- 합성 섬유는 ㉢ 천연 섬유의 단점을 보완하여 천연 섬유를 빠르게 대체하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '석유'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. 면섬유나 모섬유는 ㉡의 예이다.
- ㄷ. 질기지 않고 쉽게 닳는 것은 ㉢에 해당한다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

합성 섬유는 석유로부터 얻는다. 면섬유는 식물성 천연 섬유, 모섬유는 동물성 천연 섬유이다.

나일론은 질기고 잘 닳지 않으므로 의류 외에도 텐트나 낚시줄 등에 이용된다. 나일론은 합성 섬유로서 물을 잘 흡수하지 않으며 불에 약하다.

03 [2024-0011] 다음은 3가지 물질이 실생활에서 이용되는 사례를 나타낸 것이다.

물질	철	나일론	암모니아
이용 사례			
	철은 못의 주성분이다.	나일론은 텐트에 이용된다.	암모니아는 질소 비료의 원료이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 불의 이용으로 철의 제련이 가능해졌다.  
 ㄴ. 나일론은 물을 잘 흡수하고 불에 강하다.  
 ㄷ. 암모니아의 이용으로 농업의 생산성이 향상되었다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

암모니아는 질소 비료를 만드는 원료이므로, 암모니아 합성은 농업 생산력을 증대시켜 식량 문제 해결에 기여했다.

04 [2024-0012] 다음은 화학의 유용성에 대한 세 학생의 대화이다.

학생 A: 암모니아의 합성은 식량 문제 해결에 도움을 줬어.

학생 B: 합성염료의 개발로 다양한 색상의 옷을 입을 수 있게 되었어.

학생 C: 다양한 기능의 건축 재료가 개발되어 주거 환경이 개선되었어.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A                      ② C                      ③ A, B                      ④ B, C                      ⑤ A, B, C



**05** [22024-0013] 다음은 실생활에 이용되는 3가지 물질을 주어진 기준에 따라 분류한 것을 나타낸 것이다.

[물질] 유리, 면섬유, 플라스틱

[분류]

분류 기준	예	아니요
탄소 화합물인가?	(가)	(나)
식물로부터 얻는가?	(다)	(라)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

ㄱ. (다)에 해당하는 것은 면섬유이다.  
 ㄴ. (가)와 (라)에 공통되는 물질의 원료는 석유로부터 얻는다.  
 ㄷ. (나)와 (라)에 공통되는 물질은 건물의 창이나 외벽에 이용된다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유리는 모래에 포함된 이산화 규소(SiO<sub>2</sub>)를 원료로 만들고, 면섬유는 식물(목화)의 셀룰로스로 만든다.

**06** [22024-0014] 다음은 메테인(CH<sub>4</sub>)이 실생활에서 이용되는 2가지 사례를 나타낸 것이다.



도시가스로 이용되는 액화 천연 가스(LNG)의 주성분으로 가정의 연료나 난방에 이용된다.



압축 천연 가스(CNG)의 주성분으로 친환경 버스의 연료로 이용된다.

메테인에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

ㄱ. 실온에서 기체이다.  
 ㄴ. 연소할 때 에너지를 흡수한다.  
 ㄷ. 완전 연소할 때 이산화 탄소와 물이 생성된다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

메테인(CH<sub>4</sub>)은 가장 간단한 탄화수소로 실온에서 기체이며, 연소할 때 많은 에너지를 방출하므로 연료로 이용된다.

메테인(CH<sub>4</sub>)은 탄소 원자 1개에 수소 원자 4개가 결합한 분자이므로, 메테인 한 분자를 모형으로 제작하기 위해서는 검은색 공 1개, 흰색 공 4개, 이쑤시개 4개가 필요하다.

아세트산은 식초의 원료이고, 메테인은 천연 가스의 주성분으로 연료로 이용된다.

07 [22024-0015] 다음은 탄소 화합물 X의 모형을 만드는 탐구 활동이다.

**[준비물]**  
검은색 스타이로폼 공 4개, 흰색 스타이로폼 공 12개, 이쑤시개 20개

**[탐구 과정]**  
준비물을 규칙에 따라 이용하여 탄소 화합물 X의 모형을 제작한다.

**[규칙]**

- 검은색 스타이로폼 공은 탄소 원자 모형, 흰색 스타이로폼 공은 수소 원자 모형, 이쑤시개는 두 원자를 결합시키는 결합 모형으로 이용한다.
- 탄소 원자 1개는 4개의 수소 원자와 결합을 하도록 한다.
- 탄소-탄소 간의 결합은 없다.

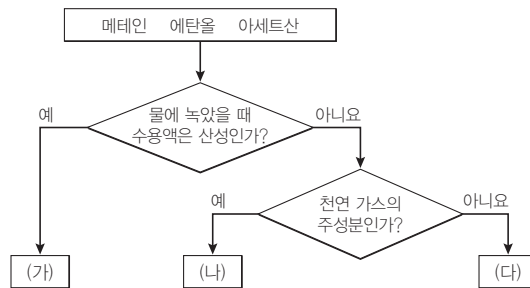
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

ㄱ. X는 메테인이다.  
 ㄴ. X는 4개의 원자로 이루어진 분자이다.  
 ㄷ. 주어진 준비물로 완성할 수 있는 X 모형의 수는 4이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0016] 그림은 3가지 탄소 화합물을 주어진 기준에 따라 분류한 것을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 메테인, 에탄올, 아세트산 중 하나이다.



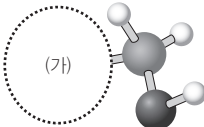
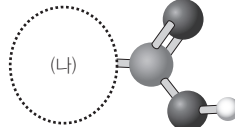
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

ㄱ. (가)는 식초의 원료로 이용된다.  
 ㄴ. (나)는 연소할 때 많은 에너지를 방출한다.  
 ㄷ. (다)는 살균 효과가 있어 의료용 소독제로 이용된다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**09** [2024-0017] 표는 2가지 탄소 화합물 X와 Y에 대한 자료이다. X와 Y는 각각 에탄올( $C_2H_5OH$ ), 아세트산( $CH_3COOH$ ) 중 하나이고 분자 모형에서 (가)와 (나)에 해당하는 부분은 나타내지 않았다.

화합물	X	Y
분자 모형	(가) 	(나) 
이용		식품 조미료, 약품의 원료

(○ : H, ● : C, ● : O)

에탄올은  $C_2H_5OH$ 이고, 아세트산은  $CH_3COOH$ 이다. 에탄올이 발효하여 아세트산이 생성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 아세트산이다.  
 ㄴ. X가 발효하여 Y가 생성된다.  
 ㄷ. 분자 모형에서 (가)와 (나)에 해당하는 부분은 동일하다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** [2024-0018] 표는 3가지 탄소 화합물 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 메테인( $CH_4$ ), 폼알데하이드( $CH_2O$ ), 아세트산( $CH_3COOH$ ) 중 하나이며,  $b > a$ 이다.

화합물	(가)	(나)	(다)
$\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ (상댓값)	1	1	2
$\frac{O \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ (상댓값)	㉠	1	
분자당 원자 수		$a$	$b$

$CH_4$ ,  $CH_2O$ ,  $CH_3COOH$ 에서  $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 는 각각 4, 2, 2이고, (가)~(다)에서 상댓값은 각각 1, 1, 2이므로 (다)는  $CH_4$ 이다.  $CH_4$ ,  $CH_2O$ ,  $CH_3COOH$ 에서 분자당 원자 수는 각각 5, 4, 8이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠=2이다.  
 ㄴ. (가)는 수용액에서 일부 이온화하여 수소 이온을 내놓는다.  
 ㄷ. 완전 연소시킬 때 생성물의 종류는 (나)와 (다)가 같다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 개념 체크

### 원자량

질량수가 12인 C 원자의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 비교한 원자의 상대적인 질량이다.

1. 원자량은 질량수가 12인 ( )의 원자량을 12로 정하여 기준으로 삼는다.

※ ○ 또는 ×

2. 화학식량은 상대적인 질량이며 단위를 붙이지 않는다. ( )

3. 같은 질량의 질소(N) 원자와 산소(O) 원자의 개수비는 N : O = ( ) : ( )이다. (단, N, O의 원자량은 각각 14, 16이다.)

## 1 화학식량

물질을 원소 기호를 이용하여 표현하는 것을 통틀어 화학식이라고 한다. 화학식량은 물질의 화학식을 이루는 원자의 원자량을 모두 더하여 구한다.

### 과학 돋보기 원자, 분자, 이온

- 원자는 물질을 구성하는 기본적인 입자로 원자핵과 전자로 구성되어 있다.
- 분자는 원자가 공유 결합하여 만들어지며 독립적으로 존재할 수 있다. 분자는 구성 원자 수에 따라 이원자 분자, 삼원자 분자, 사원자 분자 등으로 구분할 수 있다. 단, He, Ne, Ar 등의 18족 원소는 예외적으로 원자가 독립적으로 존재하는 일원자 분자이다.

분자(분자식)	산소(O <sub>2</sub> )	물(H <sub>2</sub> O)	암모니아(NH <sub>3</sub> )
분자 모형			
구성 원자 (분자당 원자 수)	 (2개)	 (3개)	 (4개)

- 이온은 원자가 전자를 잃거나 얻어서 전하를 띤 입자이다. 화합물 중에는 분자로 이루어지지 않고 이온으로 이루어진 물질도 있다.

(1) **원자량** : 질량수가 12인 탄소(<sup>12</sup>C) 원자의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 하여 비교한 원자의 상대적인 질량이며, g, kg과 같은 단위를 붙이지 않는다.

- 질량수 : 양성자수와 중성자수를 합한 수이다.

예 <sup>12</sup>C : 양성자수가 6, 중성자수가 6이므로 질량수가 12이다.

※ 원자량을 사용하는 까닭 : 원자 1개의 실제 질량은 매우 작아서 원자 1개의 질량을 직접 측정하기 어렵고, 실제 질량을 그대로 사용하면 매우 불편하다. 그래서 특정 원자와 비교한 상대적인 질량을 원자량으로 사용한다.

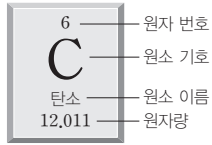
### 과학 돋보기 원자량의 의미

수소( <sup>1</sup> H)	산소( <sup>16</sup> O)
<p>C 원자 1개    H 원자 12개</p>	<p>C 원자 4개    O 원자 3개</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C의 원자량 × C의 개수 = H의 원자량 × H의 개수</li> <li>• C 원자 1개와 H 원자 12개의 질량이 같으므로 H 원자 1개의 질량은 C 원자 1개 질량의 <math>\frac{1}{12}</math>배이다.</li> </ul> <p>→ C의 원자량이 12이므로 H의 원자량은 1이다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C의 원자량 × C의 개수 = O의 원자량 × O의 개수</li> <li>• C 원자 4개와 O 원자 3개의 질량이 같으므로 O 원자 1개의 질량은 C 원자 1개 질량의 <math>\frac{4}{3}</math>배이다.</li> </ul> <p>→ C의 원자량이 12이므로 O의 원자량은 16이다.</p>

정답

1. 탄소(C)
2. ○
3. 8, 7

과학 돋보기 동위 원소와 평균 원자량



동위 원소는 원자 번호는 같지만 원자의 질량수가 다른 원소이다. 대부분의 원소들은 동위 원소가 있고, 자연 상태에서 그 존재 비율이 거의 일정하다. 예를 들면 자연 상태의 탄소는 질량수가 12인 <sup>12</sup>C가 대부분이지만 질량수가 13인 <sup>13</sup>C도 조금 섞여 있다. 평균 원자량은 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 것이고, 주기율표에 주어진 각 원소의 원자량은 평균 원자량이다.

$$\text{탄소의 평균 원자량} = 12 \times \frac{98.93}{100} + 13 \times \frac{1.07}{100} \approx 12.011$$

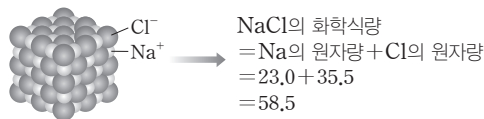
<sup>12</sup>C의 존재 비율    <sup>13</sup>C의 존재 비율  
<sup>12</sup>C의 원자량    <sup>13</sup>C의 원자량

**(2) 분자량** : 분자의 상대적인 질량을 나타내는 값으로, 분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합한 값이다. 분자량도 상대적인 질량이므로 단위가 없다.

분자(분자식)	산소(O <sub>2</sub> )	물(H <sub>2</sub> O)	암모니아(NH <sub>3</sub> )
분자 모형			
구성 원자 (원자량)	 (16) (16)	 (16) (1) (1)	 (14) (1) (1) (1)
분자량	16 × 2 = 32	16 + (1 × 2) = 18	14 + (1 × 3) = 17

**(3) 분자가 아닌 물질의 화학식량**

- ① 염화 나트륨(NaCl), 염화 칼슘(CaCl<sub>2</sub>) 등의 이온 결합 물질과 철(Fe), 구리(Cu) 등의 금속 결합 물질, 그리고 공유 결합 물질 중 이산화 규소(SiO<sub>2</sub>), 다이아몬드(C) 등은 분자가 아니다.
- ② 분자가 아닌 물질의 화학식량은 화학식을 이루는 각 원자의 원자량을 합하여 구한다.
  - 염화 나트륨은 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>이 1 : 1의 개수비로 연속적으로 결합하여 결정을 이루고 있어서 화학식을 NaCl로 표시하며 화학식량은 화학식을 구성하는 원자의 원자량을 합하여 구한다.



물질(화학식)	플루오린화 칼슘(CaF <sub>2</sub> )	이산화 규소(SiO <sub>2</sub> )	다이아몬드(C)
모형			
화학식량	40 + 19 × 2 = 78	28 + 16 × 2 = 60	12

개념 체크

- 분자량  
분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합하여 구한다.
- 분자가 아닌 물질의 화학식량  
화학식에 표시된 구성 원자의 원자량을 합하여 구한다.

- 다음 물질의 분자량을 구하시오. (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)
  - CH<sub>4</sub>
  - CO<sub>2</sub>
  - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- 다음 물질의 화학식량을 구하시오. (단, C, O, Ca의 원자량은 각각 12, 16, 40이다.)
  - 흑연(C)
  - 산화 칼슘(CaO)
  - 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)

정답

- (1) 16 (2) 44 (3) 34
- (1) 12 (2) 56 (3) 100

개념 체크

● 물

원자, 분자, 이온 등 작은 입자의 개수를 묶음으로 나타내는 단위이다.

● 아보가드로수

입자 1 mol을 나타내는 수인  $6.02 \times 10^{23}$ 이다.

※ ○ 또는 ×

1. 분자 1 mol은 분자  $6.02 \times 10^{23}$ 개이다. ( )

2. 다음 입자의 양(mol)을 구하시오.

- (1) 물(H<sub>2</sub>O) 분자 0.5 mol에 들어 있는 수소 원자
- (2) 프로페인(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) 1 mol에 들어 있는 전체 원자
- (3) 염화 나트륨(NaCl) 2 mol에 들어 있는 전체 이온

3. 다음의 입자 수를 구하시오. (단, 아보가드로수는  $6.02 \times 10^{23}$ 이다.)

- (1) 수소 원자 2 mol에 들어 있는 수소 원자 수
- (2) 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>) 2.5 mol에 들어 있는 산소 원자 수
- (3) 염화 칼슘(CaCl<sub>2</sub>) 1 mol에 들어 있는 전체 이온 수

2 몰

(1) 몰

① 몰(mol) : 원자, 분자, 이온 등과 같은 입자의 수를 나타낼 때 사용하는 묶음 단위이다.

• 묶음 단위를 사용하는 까닭 : 원자, 분자, 이온은 매우 작고 가벼워서 물질의 양이 적어도 그 속에 들어 있는 원자, 분자, 이온 수가 매우 많기 때문에 묶음 단위를 사용하면 편리하다.





② 몰과 아보가드로수( $N_A$ ) : 1 mol은  $6.02 \times 10^{23}$ 개의 입자를 뜻하며,  $6.02 \times 10^{23}$ 을 아보가드로수라고 한다.

$$1 \text{ mol} = \text{입자 } 6.02 \times 10^{23} \text{ 개}$$

과학 돋보기 1 mol과 아보가드로수

원자, 분자, 이온과 같이 작은 입자들의 개수를 다룰 때 mol이라는 단위를 사용한다. 입자 수가 많을 때는 개수를 세는 것보다 질량을 재는 것이 편리하다. 몰은 탄소(<sup>12</sup>C) 12 g 속에 들어 있는 원자의 개수로 정의되었고 1 mol에 포함된 입자 수가  $6.02 \times 10^{23}$ 개라는 것을 실험적으로 결정하였다.

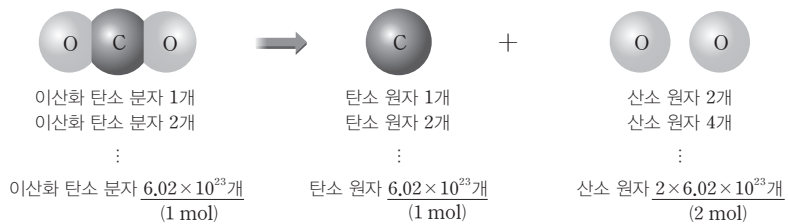
(2) 몰과 입자 수 : 원자, 분자, 이온 등 입자의 종류와 관계없이 입자 1 mol에는 그 입자가  $6.02 \times 10^{23}$ 개 들어 있다.

원자		분자	
 원자 1 mol	• 원자 1 mol = 원자 $6.02 \times 10^{23}$ 개	 분자 1 mol	• 분자 1 mol = 분자 $6.02 \times 10^{23}$ 개
 원자 2 mol	• 원자 2 mol = 원자 $12.04 \times 10^{23}$ 개	 분자 2 mol	• 분자 2 mol = 분자 $12.04 \times 10^{23}$ 개

입자	1 mol의 의미	물질의 양(mol)과 입자 수
원자	$6.02 \times 10^{23}$ 개의 원자	• 탄소 원자(C) 1 mol → 탄소 원자 $6.02 \times 10^{23}$ 개 • 수소 원자(H) 0.5 mol → 수소 원자 $0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개
분자	$6.02 \times 10^{23}$ 개의 분자	• 물 분자(H <sub>2</sub> O) 1 mol → 물 분자 $6.02 \times 10^{23}$ 개 • 산소 분자(O <sub>2</sub> ) 0.1 mol → 산소 분자 $0.1 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개
이온	$6.02 \times 10^{23}$ 개의 이온	• 칼륨 이온(K <sup>+</sup> ) 1 mol → 칼륨 이온 $6.02 \times 10^{23}$ 개 • 염화 이온(Cl <sup>-</sup> ) 2 mol → 염화 이온 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개

① 분자로 이루어진 물질의 양(mol)을 알면 그 물질을 구성하는 원자의 양(mol)과 개수를 알 수 있다.

예 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>) 분자 1 mol에는 탄소(C) 원자 1 mol, 산소(O) 원자 2 mol이 들어 있다.

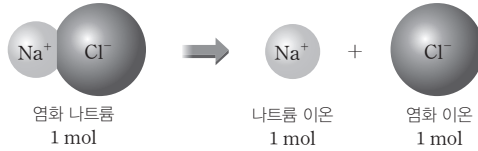


정답

- 1. ○
- 2. (1) 1 mol (2) 11 mol  
(3) 4 mol
- 3. (1)  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$   
(2)  $5 \times 6.02 \times 10^{23}$   
(3)  $3 \times 6.02 \times 10^{23}$

② 이온 결합 물질의 양(mol)을 알면 그 물질을 구성하는 이온의 양(mol)을 알 수 있다.

예 염화 나트륨(NaCl) 1 mol에는 Na<sup>+</sup> 1 mol과 Cl<sup>-</sup> 1 mol이 들어 있으므로 총 2 mol의 이온이 들어 있다.






### (3) 몰과 질량

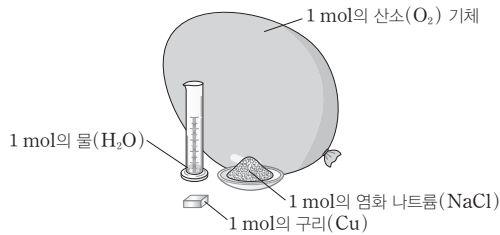
① 1 mol의 질량 : 물질의 화학식량 뒤에 그램(g) 단위를 붙인 질량이다.

구분	1 mol의 질량	예
원자	원자량 g	탄소(C)의 원자량 : 12 → 탄소(C) 원자 1 mol의 질량 = 12 g
분자	분자량 g	암모니아(NH <sub>3</sub> )의 분자량 : 17 → 암모니아(NH <sub>3</sub> ) 분자 1 mol의 질량 = 17 g
이온 결합 물질	화학식량 g	탄산 칼슘(CaCO <sub>3</sub> )의 화학식량 : 100 → 탄산 칼슘(CaCO <sub>3</sub> ) 1 mol의 질량 = 100 g

• 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>) 분자와 구성 원자의 몰과 질량 관계

		→		+	
	이산화 탄소 분자		산소 원자		탄소 원자
물질의 양(mol)	1		2		1
입자 수	6.02 × 10 <sup>23</sup>		2 × 6.02 × 10 <sup>23</sup>		6.02 × 10 <sup>23</sup>
질량	44 g		2 × 16 g = 32 g		12 g

### 과학 돋보기 물질 1 mol의 질량 비교



물질	화학식	1 mol의 질량(g)
산소 기체	O <sub>2</sub>	32
물	H <sub>2</sub> O	18
구리	Cu	64
염화 나트륨	NaCl	58.5

- 분자량이 32인 O<sub>2</sub> 분자 1 mol의 질량은 32 g이다.
- 분자량이 18인 H<sub>2</sub>O 분자 1 mol의 질량은 18 g이다.
- 원자량이 64인 Cu 원자 1 mol의 질량은 64 g이다.
- 화학식량이 58.5인 NaCl 1 mol의 질량은 58.5 g이다.

### 개념 체크

#### 1 mol의 질량

물질의 화학식량 뒤에 그램(g) 단위를 붙인 질량이다.

※ ○ 또는 ×

※ H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.

1. 산소(O) 원자 1 mol의 질량은 16 g이다. ( )

2. 메테인(CH<sub>4</sub>) 2 mol과 산소(O<sub>2</sub>) 1 mol의 질량은 같다. ( )

3. 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>) 88 g에 포함된 전체 원자 수는 3 × 6.02 × 10<sup>23</sup>이다. ( )

정답

1. ○  
2. ○  
3. ×

개념 체크

● 질량(g) = 1 mol의 질량(g/mol) × 물질의 양(mol)

● 물질의 양(mol)  

$$= \frac{\text{질량(g)}}{1 \text{ mol의 질량(g/mol)}}$$

※ ○ 또는 ×

1. 물(H<sub>2</sub>O) 2 mol과 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>) 1 mol에 포함된 산소(O) 원자의 질량은 같다. ( )

2. 메테인(CH<sub>4</sub>) 8 g에 포함된 전체 원자의 양은  $\frac{5}{2}$  mol이다. (단, H와 C의 원자량은 각각 1, 12이다.) ( )

3. 암모니아(NH<sub>3</sub>) 34 g이 있다. 다음을 구하시오. (단, H와 N의 원자량은 각각 1, 14이다.)  
 (1) 암모니아 분자의 양 (mol)  
 (2) 수소(H) 원자의 양 (mol)  
 (3) 질소(N) 원자의 질량

정답

1. ○  
 2. ○  
 3. (1) 2 mol (2) 6 mol  
 (3) 28 g

과학 돋보기 물질의 질량과 아보가드로수의 관계

입자 1 mol의 질량을 아보가드로수( $N_A$ )로 나누면 입자 1개의 질량이 되고, 입자 1개의 질량에 아보가드로수( $N_A$ )를 곱하면 입자 1 mol의 질량이 된다.

$$\begin{array}{ccc} \text{원자, 분자, 이온} & \frac{\div N_A}{\times N_A} & \text{원자, 분자, 이온} \\ 1 \text{ mol의 질량(g)} & & 1 \text{개의 질량(g)} \end{array}$$

예 • 산소 원자(O) 1 mol의 질량(g)  
 = 산소 원자(O) 1개의 질량(g) ×  $N_A$   
 • 물 분자(H<sub>2</sub>O) 1개의 질량(g)  
 = 물 분자(H<sub>2</sub>O) 1 mol의 질량(g) ÷  $N_A$

예 탄소(C) 원자 1개의 질량 :  $\frac{\text{탄소 원자 1 mol의 질량}}{N_A}$   

$$= \frac{12 \text{ g}}{6.02 \times 10^{23}} \approx 1.99 \times 10^{-23} \text{ g}$$
  
 탄소(C) 원자 1 mol의 질량 : 탄소 원자 1개의 질량 ×  $N_A$   

$$= 1.99 \times 10^{-23} \text{ g} \times 6.02 \times 10^{23} \approx 12 \text{ g}$$

② 물질의 질량 구하기 : 물질의 질량은 1 mol의 질량에 물질의 양(mol)을 곱하여 구한다.

$$\text{질량(g)} = 1 \text{ mol의 질량(g/mol)} \times \text{물질의 양(mol)}$$

예 물(H<sub>2</sub>O) 2 mol의 질량 = 18 g/mol × 2 mol = 36 g

③ 물질의 양(mol) 구하기 : 물질의 양(mol)은 물질의 질량을 그 물질 1 mol의 질량으로 나누어서 구한다.

$$\text{물질의 양(mol)} = \frac{\text{질량(g)}}{1 \text{ mol의 질량(g/mol)}}$$

예 물(H<sub>2</sub>O) 54 g의 양(mol) =  $\frac{54 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 3 \text{ mol}$

④ 물질 1 g에 포함된 양(mol)과 구성 원자의 개수비, 질량비

분자(분자식)	메테인(CH <sub>4</sub> )	이산화 탄소(CO <sub>2</sub> )
분자량	16	44
1 g에 포함된 분자의 양(mol)	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{44}$
1 g에 포함된 전체 원자의 양(mol)	$\frac{1}{16} \times 5 = \frac{5}{16}$	$\frac{1}{44} \times 3 = \frac{3}{44}$
구성 원자의 개수비	C : H = 1 : 4	C : O = 1 : 2
구성 원자의 질량비	C : H = 12 : (4 × 1) = 3 : 1	C : O = 12 : (2 × 16) = 3 : 8

• 같은 질량의 물질에 포함된 분자 수는 분자량에 반비례한다.

예 1 g의 메테인(CH<sub>4</sub>)과 1 g의 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)에 포함된 분자 수비

$$\text{CH}_4 : \text{CO}_2 = \frac{1}{16} : \frac{1}{44} = 11 : 4$$

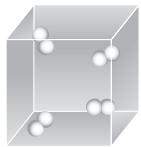
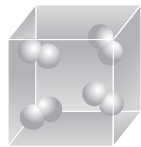
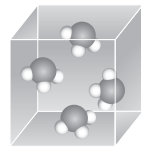
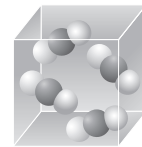


**(4) 물과 기체의 부피**

- ① 아보가드로 법칙 : 모든 기체는 같은 온도와 압력에서 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다.
- ② 기체 1 mol의 부피 : 0°C, 1 atm에서 모든 기체 1 mol의 부피는 22.4 L로 일정하며, 기체 22.4 L 속에는  $6.02 \times 10^{23}$ 개의 기체 분자가 들어 있다.

$$\text{기체 1 mol의 부피} = 22.4 \text{ L (0}^\circ\text{C, 1 atm)}$$

**과학 돋보기 기체 1 mol의 비교 (0°C, 1 atm)**

분자(분자식)	수소(H <sub>2</sub> )	산소(O <sub>2</sub> )	암모니아(NH <sub>3</sub> )	이산화 탄소(CO <sub>2</sub> )
모형 (0°C, 1 atm)				
물질의 양(mol)	1	1	1	1
분자 수	$6.02 \times 10^{23}$	$6.02 \times 10^{23}$	$6.02 \times 10^{23}$	$6.02 \times 10^{23}$
원자 수	$2 \times (6.02 \times 10^{23})$	$2 \times (6.02 \times 10^{23})$	$4 \times (6.02 \times 10^{23})$	$3 \times (6.02 \times 10^{23})$
질량(g)	2	32	17	44
부피(L)	22.4	22.4	22.4	22.4

- 기체 1 mol에 포함된 분자 수는  $6.02 \times 10^{23}$ 으로 같다.
- 기체 1 mol의 부피는 22.4 L로 같지만, 질량은 분자량에 비례하여 달라진다.
- 기체 1 mol에 포함된 전체 원자 수는 분자당 원자 수에 아보가드로수를 곱해서 구한다.

- ③ 기체의 부피와 분자의 양 : 기체 분자의 양(mol)은 기체의 부피를 기체 1 mol의 부피로 나누어서 구한다.

$$\text{기체 분자의 양(mol)} = \frac{\text{기체의 부피(L)}}{\text{기체 1 mol의 부피(L/mol)}}$$

예 20°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 24 L일 때, 20°C, 1 atm에서 메테인(CH<sub>4</sub>) 기체 12 L에 포함된 기체 분자의 양(mol)은  $\frac{12 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이다.

- ④ 기체의 밀도와 분자량 : 같은 온도와 압력에서 같은 부피의 기체에 포함된 분자 수가 같고, 밀도 =  $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 기체의 밀도는 분자량에 비례한다.

예 산소(O<sub>2</sub>)의 분자량이 32, 메테인(CH<sub>4</sub>)의 분자량이 16이므로 20°C, 1 atm에서 산소(O<sub>2</sub>) 기체의 밀도가  $\frac{4}{3} \text{ g/L}$ 이면 메테인(CH<sub>4</sub>) 기체의 밀도는  $\frac{4}{3} \text{ g/L} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{3} \text{ g/L}$ 이다.

**개념 체크****• 아보가드로 법칙**

모든 기체는 같은 온도와 압력에서 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다.

**• 기체 1 mol의 부피**

0°C, 1 atm에서 모든 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.

**• 기체 분자의 양(mol)**

$$= \frac{\text{기체의 부피(L)}}{\text{기체 1 mol의 부피(L/mol)}}$$

1. 0°C, 1 atm에서 메테인(CH<sub>4</sub>) 기체 11.2 L가 있다. (단, H와 C의 원자량은 각각 1, 12이다.)
- (1) 메테인 분자의 양(mol)
  - (2) 메테인의 질량
  - (3) 수소 원자의 양(mol)
  - (4) 탄소 원자의 질량

※ ○ 또는 ×

2. 온도와 압력이 같으면 기체의 분자량에 관계없이 기체 1 mol이 차지하는 부피는 같다. ( )

**정답**

1. (1) 0.5 mol (2) 8 g  
(3) 2 mol (4) 6 g
2. ○

개념 체크

- 물질의 입자 수 = 물질의 양(mol) × 6.02 × 10<sup>23</sup> (/mol)
- 물질의 질량(g) = 물질의 양(mol) × 1 mol의 질량(g/mol)
- 0°C, 1 atm에서 기체의 부피(L) = 물질의 양(mol) × 1 mol의 부피(22.4 L/mol)

1. 표는 0°C, 1 atm에서 기체의 양을 비교한 것이다. ㉠~㉣의 값을 쓰시오.

기체	산소(O <sub>2</sub> )	질소(N <sub>2</sub> )
분자량	32	㉠
양(mol)	㉡	1
질량(g)	16	28
부피(L)	㉢	22.4

※ ○ 또는 ×

2. 0°C, 1 atm에서 액체 에탄올 1 mol의 부피는 22.4 L이다. ( )

3. 온도와 압력이 같으면 같은 부피의 산소(O<sub>2</sub>)와 헬륨(He) 기체에 포함된 분자의 양(mol)은 같다. ( )

(5) 물질의 양(mol)과 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계

$$\begin{aligned} \text{물질의 양(mol)} &= \frac{\text{입자 수}}{6.02 \times 10^{23}(/\text{mol})} \\ &= \frac{\text{질량(g)}}{1 \text{ mol의 질량(g/mol)}} = \frac{\text{기체의 부피(L)}}{22.4(\text{L/mol})} \quad (0^\circ\text{C}, 1 \text{ atm}) \end{aligned}$$

- 예) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(분자량 : 30) 기체 2 mol의 입자 수, 질량, 부피
- 분자 수 : 2 × 6.02 × 10<sup>23</sup>
  - 질량 : 2 × 30 g
  - 기체의 부피 : 2 × 22.4 L (0°C, 1 atm)

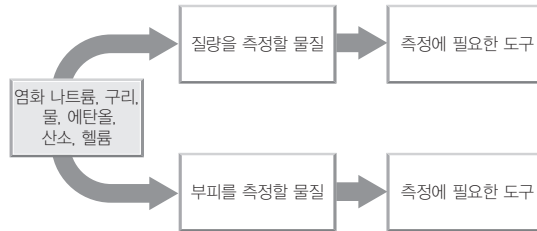
탐구자료 살펴보기 여러 가지 물질 1 mol의 질량과 부피

물질 1 mol의 양을 측정하는 실험을 계획하고 수행하여 1 mol의 양을 체험해 보자.

**준비물** 염화 나트륨, 구리, 물, 에탄올, 산소, 헬륨, 풍선, 비커, 약손가락, 시약포지, 전자저울, 자, 실험용 장갑, 보안경

실험 과정

(가) 다음 각 물질 1 mol의 양을 측정하는 실험 방법을 계획해 보자.



(나) 각 물질 1 mol의 질량 또는 부피를 어렵게 본다.

(다) 실험 도구를 이용하여 각 물질 1 mol의 질량 또는 부피를 측정하고, 어려운 양과 비교해 본다.

실험 결과

1. 질량을 측정할 물질과 부피를 측정할 물질, 측정에 필요한 도구는 다음과 같다.

구분	질량을 측정할 물질	부피를 측정할 물질
물질	염화 나트륨, 구리, 물, 에탄올	산소, 헬륨
측정에 필요한 도구	전자저울, 시약포지, 약손가락, 비커	풍선, 자

2. 측정된 각 물질 1 mol의 양은 다음과 같다.

물질	염화 나트륨	구리	물	에탄올	산소	헬륨
질량 또는 부피	질량 58.5 g	질량 64 g	질량 18 g	질량 46 g	부피 22.4 L	부피 22.4 L

※ 기체 1 mol을 담기 위해서는 풍선 내부의 온도와 압력을 0°C, 1 atm으로 가정하고, 풍선의 지름을 35 cm인 구 모양으로 맞춘다. →  $\frac{4}{3}\pi r^3 = 22400 \text{ cm}^3$ 에서  $r \approx 17.5 \text{ cm}$ 이기 때문이다.

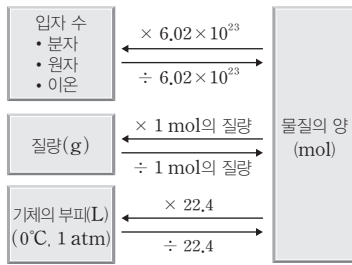
분석 point

1. 구성 원자의 종류와 수가 다른 물질은 화학식량이 다르므로 1 mol의 질량이 서로 다르다.
2. 온도와 압력이 같을 때 기체 상태인 산소와 헬륨은 1 mol의 부피가 같다.

정답

1. ㉠ 28 ㉡ 0.5 ㉢ 11.2
2. ×
3. ○

## 과학 돋보기 물질의 양(mol) 구하기



### 물질의 입자 수와 양(mol)

- 물질의 입자 수는 물질의 양(mol)에 아보가드로수( $6.02 \times 10^{23}$ )를 곱해서 구한다.
- 물질의 양(mol)은 입자 수를  $6.02 \times 10^{23}$ 로 나누어서 구한다.

### 물질의 질량과 양(mol)

- 물질의 질량(g)은 물질의 양(mol)에 1 mol의 질량을 곱해서 구한다.
- 물질의 양(mol)은 물질의 질량(g)을 1 mol의 질량으로 나누어서 구한다.

### 기체의 부피와 양(mol)(0°C, 1 atm)

- 기체의 부피(L)는 물질의 양(mol)에 22.4를 곱해서 구한다.
- 기체의 양(mol)은 기체의 부피(L)를 22.4로 나누어서 구한다.

## 과학 돋보기 기체의 분자량 구하기

### (1) 0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피를 이용하여 분자량 구하기

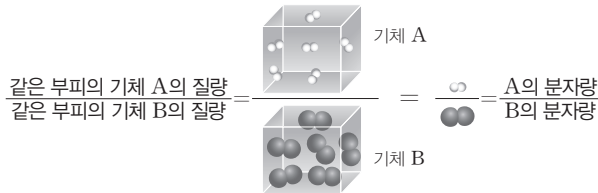
0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이고, 1 mol의 질량은 분자량에 g(단위)을 붙인 질량에 해당하므로 기체 22.4 L의 질량을 계산하여 분자량을 구할 수 있다.

예 0°C, 1 atm에서 기체 X 5.6 L의 질량이 4 g이다. X의 분자량은?

→ X 22.4 L의 질량을 구한다.  $5.6 \text{ L} : 4 \text{ g} = 22.4 \text{ L} : x \text{ g} \quad \therefore x = 16$   
따라서 X의 분자량은 16이다.

### (2) 아보가드로 법칙을 이용하여 분자량 구하기

- ① 모든 기체는 같은 온도와 압력에서 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있으므로 같은 부피의 기체의 질량비는 분자 1개의 질량비와 같고, 분자 1개의 질량비는 분자량비와 같다.



예 같은 온도와 압력에서 기체 X 10 L의 질량이 10 g이고, 산소(O<sub>2</sub>) 기체 10 L의 질량이 20 g이다. X의 분자량은? (단, O의 원자량은 16이다.)

→  $\frac{X \text{ 10 L의 질량(10 g)}}{O_2 \text{ 10 L의 질량(20 g)}} = \frac{X \text{의 분자량}}{O_2 \text{의 분자량}} = \frac{X \text{의 분자량}}{32}$  이므로  $\frac{X \text{의 분자량}}{32} = \frac{1}{2}$ 이다.  
따라서 X의 분자량은 16이다.

- ② 모든 기체는 같은 온도와 압력에서 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있으며, 밀도 =  $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$  이므로 기체의 분자량비는 밀도비와 같다. 따라서 어느 한 기체의 분자량을 알고 있으면 두 기체의 밀도비를 이용하여 다른 기체의 분자량을 구할 수 있다.

$$\frac{A \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{\text{기체 A의 밀도}}{\text{기체 B의 밀도}}$$

예 t°C, 1 atm에서 기체 X 5 L의 질량이 8 g이고, 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>) 10 L의 질량이 22 g이다. X의 분자량은?

→ X의 밀도는  $\frac{8}{5}$  (g/L), CO<sub>2</sub>의 밀도는  $\frac{11}{5}$  (g/L)이므로  $\frac{\text{기체 X의 밀도}}{\text{기체 CO}_2 \text{의 밀도}} = \frac{8}{11}$ 이며,

$\frac{X \text{의 분자량}}{CO_2 \text{의 분자량}} = \frac{\text{기체 X의 밀도}}{\text{기체 CO}_2 \text{의 밀도}}$  이므로  $\frac{X \text{의 분자량}}{44} = \frac{8}{11}$ 이다. 따라서 X의 분자량은 32이다.

## 개념 체크

- 0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L이므로 기체 22.4 L의 질량을 계산하여 분자량을 구할 수 있다.
- 기체의 온도와 압력이 같을 때 같은 부피의 기체의 질량비는 분자량비와 같다.
- 기체의 온도와 압력이 같을 때 기체의 밀도비는 분자량비와 같다.

1. 다음 기체의 분자량을 구하시오. (단, O의 원자량은 16이고, 0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.)

- (1) 0°C, 1 atm에서 5.6 L의 질량이 8 g인 기체  
(2) 같은 온도와 압력에서 밀도가 산소(O<sub>2</sub>)의 2배인 기체

※ ○ 또는 ×

2. 분자 A의 분자량이 분자 B의 분자량보다 크면 같은 온도와 압력에서 기체 10 L에 포함된 분자 수는 B가 A보다 크다. ( )

정답

1. (1) 32 (2) 64  
2. ×

기출문제 다시보기 물과 화학식량

2022학년도 9월 모의평가

표는 원소 X와 Y로 이루어진 분자 (가)~(다)에서 구성 원소의 질량비를 나타낸 것이다.  $t^{\circ}\text{C}$ , 1 atm에서 기체 1 g의 부피비는 (가):(나)=15:22이고, (가)~(다)의 분자당 구성 원자 수는 각각 5 이하이다. 원자량은 Y가 X보다 크다.

분자	(가)	(나)	(다)
$\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$ (상댓값)	1	2	3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ.  $\frac{\text{Y의 원자량}}{\text{X의 원자량}} = \frac{4}{3}$ 이다.      ㄴ. (나)의 분자식은 XY이다.      ㄷ.  $\frac{\text{(다)의 분자량}}{\text{(가)의 분자량}} = \frac{38}{11}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

**해설**  $t^{\circ}\text{C}$ , 1 atm에서 기체 1 g의 부피비는 (가):(나)=15:22이므로 분자량비는 (가):(나)=22:15이다. 분자당 구성 원자 수가 5 이하이고  $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$ 이 (가):(나):(다)=1:2:3인 (가)~(다)의 분자식은 각각 i) XY, XY<sub>2</sub>, XY<sub>3</sub>, ii) X<sub>2</sub>Y, X<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>, X<sub>2</sub>Y<sub>3</sub>, iii) X<sub>2</sub>Y, XY, X<sub>2</sub>Y<sub>3</sub>, iv) X<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>, XY<sub>2</sub>, XY<sub>3</sub>의 4가지 경우가 가능하다. 분자량이 (가)>(나)이므로 iii)과 iv)만 조건을 만족한다. X, Y의 원자량을 각각  $x, y$ 라고 하면 iv)의 경우, 분자량비는 (가):(나)= $2x+2y : x+2y=22:15$ 이고,  $x:y=7:40$ 이므로 원자량은  $Y > X$ 라는 조건을 만족하지 못한다. 따라서 (가)~(다)의 분자식은 각각 X<sub>2</sub>Y, XY, X<sub>2</sub>Y<sub>3</sub>이다. ㄱ. 분자량비는 (가):(나)= $2x+y : x+y=22:15$ 이므로  $\frac{\text{Y의 원자량}}{\text{X의 원자량}} = \frac{8}{7}$ 이다. ㄴ. (나)의 분자식은 XY이다. ㄷ.  $\frac{\text{(다)의 분자량}}{\text{(가)의 분자량}} = \frac{2x+3y}{2x+y} = \frac{19}{11}$ 이다.      **답** ②

기출문제 다시보기 물과 화학식량

2022학년도 대학수학능력시험

표는 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 기체에 대한 자료이다. (나)에서  $\frac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}} = \frac{15}{16}$ 이다.

용기	기체	기체의 질량(g)	$\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Z 원자 수}}$	단위 질량당 Y 원자 수(상댓값)
(가)	XY <sub>2</sub> , YZ <sub>4</sub>	55w	$\frac{3}{16}$	23
(나)	XY <sub>2</sub> , X <sub>2</sub> Z <sub>4</sub>	23w	$\frac{5}{8}$	11

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

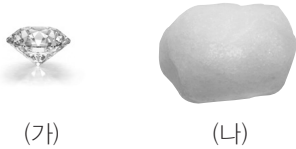
(단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 모든 기체는 반응하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. (가)에서  $\frac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}} = \frac{1}{2}$ 이다.      ㄴ. (나)에 들어 있는 전체 분자 수 =  $\frac{3}{7}$ 이다.  
 ㄷ.  $\frac{\text{X의 원자량}}{\text{Y의 원자량} + \text{Z의 원자량}} = \frac{4}{17}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

**해설** (가)에서  $\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Z 원자 수}} = \frac{3}{16}$ 이므로 몰비는 XY<sub>2</sub>:YZ<sub>4</sub>=3:4이고, (나)에서  $\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Z 원자 수}} = \frac{5}{8}$ 이므로 몰비는 XY<sub>2</sub>:X<sub>2</sub>Z<sub>4</sub>=1:2이다. (가)의 XY<sub>2</sub>와 YZ<sub>4</sub>의 양(mol)을 각각 3n, 4n이라고 하고, (나)의 XY<sub>2</sub>와 X<sub>2</sub>Z<sub>4</sub>의 양(mol)을 각각 m, 2m이라고 하면, Y 원자 수비는 (가):(나)= $55w \times 23 : 23w \times 11 = 5:10$ 이므로  $2 \times 3n + 4n : 2 \times m = 5:10$ 에서  $n=m$ 이다. 따라서 몰비는 (가)의 XY<sub>2</sub>:(가)의 YZ<sub>4</sub>:(나)의 XY<sub>2</sub>:(나)의 X<sub>2</sub>Z<sub>4</sub>=3:4:1:2이다. X~Z의 원자량을 각각  $x \sim z$ 라고 하면 (나)에서  $\frac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}} = \frac{5x}{2y} = \frac{15}{16}$ 이므로  $x:y = 3:8$ 이다. ㄱ. (가)에서  $\frac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}} = \frac{3x}{10y} = \frac{9}{80}$ 이다. ㄴ. (나)에 들어 있는 전체 분자 수 =  $\frac{1+2}{3+4} = \frac{3}{7}$ 이다. ㄷ. 기체의 질량비는 (가):(나)= $3x+6y+4y+16z : x+2y+4x+8z = 55:23$ 이므로  $x:y:z = 3:8:\frac{19}{4}$ 이다. 따라서  $\frac{\text{X의 원자량}}{\text{Y의 원자량} + \text{Z의 원자량}} = \frac{4}{17}$ 이다.      **답** ⑤

01 [22024-0019] 그림 (가)와 (나)는 각각 다이아몬드(C) 2 g과 드라이아이스(CO<sub>2</sub>) 10 g을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, C와 O의 원자량은 각각 12, 16이며, 아보가드로수는  $N_A$ 이다.)

보기

- ㉠. (가)에 들어 있는 C 원자 수는  $\frac{1}{6}N_A$ 이다.
- ㉡. (나)에 들어 있는 O 원자의 양은  $\frac{5}{11}$  mol이다.
- ㉢. 물질에 들어 있는 총 원자 수는 (나)가 (가)의 3배보다 크다.

- ① ㉠                      ② ㉡                      ③ ㉠, ㉢
- ④ ㉡, ㉢                ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

02 [22024-0020] 표는 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

물질	(가)	(나)	(다)
화학식	H <sub>2</sub> O	Na	NaOH
화학식량	18	23	40

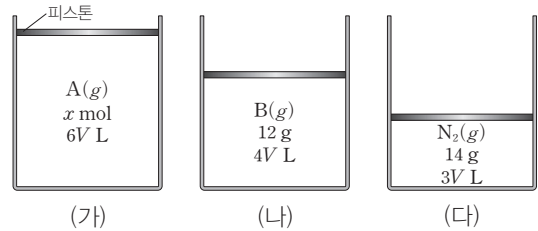
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 아보가드로수는  $N_A$ 이다.)

보기

- ㉠. 물질 1 g의 양(mol)은 (가) > (나) > (다)이다.
- ㉡. 1 mol에 들어 있는 총 원자 수는 (가)가 (나)의 3배이다.
- ㉢. (다) 1 g에 들어 있는 총 이온 수는  $\frac{1}{40}N_A$ 이다.

- ① ㉠                      ② ㉢                      ③ ㉠, ㉡
- ④ ㉡, ㉢                ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

03 [22024-0021] 그림 (가)~(다)는 각각  $t^\circ\text{C}$ , 1 atm에서 실린더에 들어 있는 A(g), B(g), N<sub>2</sub>(g)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, N의 원자량은 14이고, 아보가드로수는  $N_A$ 이며, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

- ㉠. (다)에 들어 있는 N 원자 수는  $\frac{1}{2}N_A$ 이다.
- ㉡.  $x=1$ 이다.
- ㉢. B의 분자량은 18이다.

- ① ㉠                      ② ㉡                      ③ ㉠, ㉢
- ④ ㉡, ㉢                ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

04 [22024-0022] 표는 2원자 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. 원자량은  $X > Y > Z$ 이다.

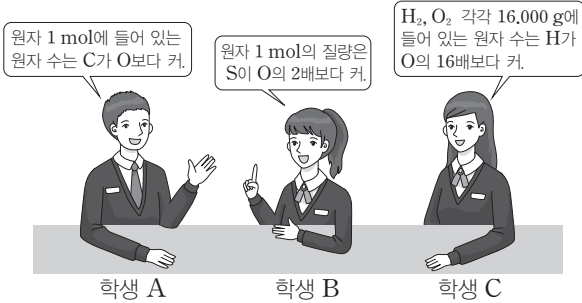
분자	(가)	(나)	(다)
성분 원소	X, Y	X	X, Z

(가)~(다) 각각 1 g에 들어 있는 X 원자 수를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ① (가) > (나) > (다)                      ② (가) > (다) > (나)
- ③ (나) > (가) > (다)                      ④ (나) > (다) > (가)
- ⑤ (다) > (가) > (나)

05 [22024-0023] 다음은 4가지 원소의 평균 원자량에 대한 자료와 이에 관한 세 학생의 대화이다.

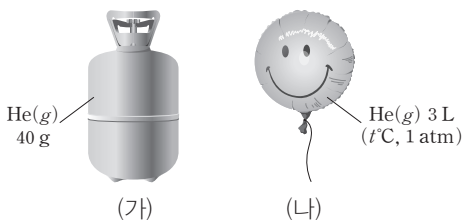
원소	H	C	O	S
평균 원자량	1,008	12,011	15,999	32,065



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A                      ② B                      ③ C  
 ④ A, B                  ⑤ B, C

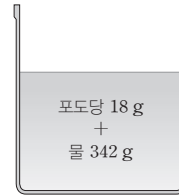
06 [22024-0024] 그림 (가)와 (나)는 각각 헬륨(He)이 들어 있는 가스통과 풍선을 나타낸 것이다.



(가)에 들어 있는 He(g)을 모두 사용하여 최대로 만들 수 있는 풍선 (나)의 수는? (단, He의 원자량은 4이고, t°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.)

- ① 20                      ② 80                      ③ 120  
 ④ 160                    ⑤ 240

07 [22024-0025] 그림은 t°C, 1 atm에서 밀도가 d g/mL인 포도당 수용액을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물과 포도당의 분자량은 각각 18, 180이다.)

보기

ㄱ. 수용액의 부피는  $\frac{360}{d}$  mL이다.  
 ㄴ. 수용액 1 mL당 포도당의 양은  $\frac{d}{3600}$  mol이다.  
 ㄷ. 수용액에 들어 있는 분자 수는 물이 포도당의 190배이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                  ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0026] 표는 t°C, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다.

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	AB	AC <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>2</sub>
분자량	30	y	34
밀도(상대값)	x	1	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ.  $x \times y = 30$ 이다.  
 ㄴ. 원자량비는 A : B = 7 : 8이다.  
 ㄷ. t°C, 1 atm에서 밀도는 B<sub>2</sub>(g)가 A<sub>2</sub>C<sub>2</sub>(g)보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                  ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 [22024-0027] 다음은 원소 A, B로 이루어진 물질 (가), (나)에 대한 자료이다.

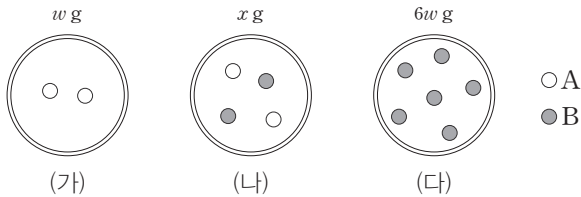
- A의 질량비는 (가) : (나) = 4 : 3이다.
- B의 질량비는 (가) : (나) = 3 : 2이다.

(가)와 (나)의  $\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}}$  의 비는? (단, A, B는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 3 : 4      ② 4 : 3      ③ 3 : 8      ④ 8 : 3      ⑤ 9 : 8

(가)와 (나)에서  $\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}}$  의 비는 같은 질량의 A에 대한 B의 질량비와 같다.

02 [22024-0028] 그림은 강철 용기 (가)~(다)에 들어 있는 기체 A와 B를 분자 모형으로 나타낸 것이다. 용기 속 기체의 질량은 (가)~(다)에서 각각  $w \text{ g}$ ,  $x \text{ g}$ ,  $6w \text{ g}$ 이다.



A와 B의 분자량비는 (가)와 (다)에 들어 있는 기체 A와 B의  $\frac{\text{질량}}{\text{분자 수}}$  의 비와 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ.  $x = 3w$ 이다.
  - ㄴ. 용기 속 기체 1g당 분자 수비는 (가) : (나) = 3 : 2이다.
  - ㄷ. 분자량비는 A : B = 1 : 3이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(다) 1 mol에는 금속 원소가 2 mol 들어 있다.

03 [22024-0029] 표는 3가지 물질에 대한 자료이다.

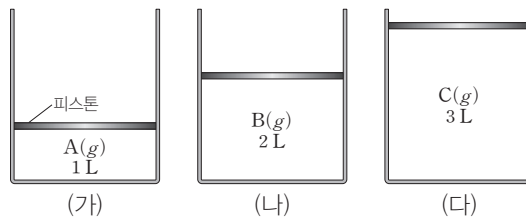
물질	질량(g)	화학식	화학식량
(가)	50	Al	27
(나)	100	NaCl	58.5
(다)	100	K <sub>2</sub> O	94

(가)~(다)에 들어 있는 금속 원소의 질량을 비교한 것으로 옳은 것은? (단, Na, K의 원자량은 각각 23, 39이다.)

- ① (가) > (나) > (다)      ② (가) > (다) > (나)      ③ (나) > (가) > (다)  
 ④ (나) > (다) > (가)      ⑤ (다) > (가) > (나)

온도와 압력이 같은 A(g)~C(g)는 분자량비와 밀도비가 같다.

04 [22024-0030] 그림은 t°C, 1 atm에서 실린더 (가)~(다)에 들어 있는 기체 A~C를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 밀도비는 A : B = 2 : 3이고, (가)와 (다)에서 질량비는 A : C = 1 : 12이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

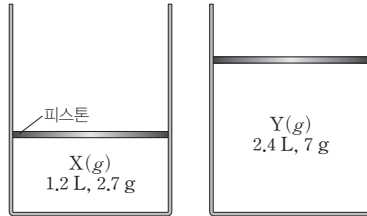
ㄱ. (가)와 (나)에서 질량비는 A : B = 1 : 3이다.  
 ㄴ. 분자량비는 B : C = 3 : 8이다.  
 ㄷ. 1 g당 분자 수비는 A : C = 1 : 4이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



05 [22024-0031]

그림은  $t^{\circ}\text{C}$ , 1 atm에서 기체 X, Y가 각각 실린더에 들어 있는 것을 나타낸 것이다. X, Y는 각각  $\text{AB}_2$ ,  $\text{A}_2\text{B}_2$  중 하나이고  $t^{\circ}\text{C}$ , 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 임의의 원소 기호이고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. X는  $\text{A}_2\text{B}_2$ 이다.  
 ㄴ. B의 원자량은 19이다.  
 ㄷ. 1 g에 들어 있는 총 원자 수는  $\text{Y}(\text{g}) > \text{X}(\text{g})$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

X의 양은 0.05 mol이므로 X의 분자량은 54이다.

06 [22024-0032]

표는 3가지 물질의 분자식이다.

물질	분자식
메테인	$\text{CH}_4$
풀러렌	$\text{C}_{60}$
산소	$\text{O}_2$

16 g에 들어 있는 총 원자 수로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이고, 아보가드로수는  $N_A$ 이다.)

보기

ㄱ. 메테인 :  $5N_A$   
 ㄴ. 풀러렌 :  $\frac{4}{3}N_A$   
 ㄷ. 산소 :  $\frac{1}{2}N_A$

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\text{C}_{60}$  16 g에는 C 원자가  $\frac{16}{720} \times 60 \text{ mol}$  들어 있다.

원자 수비는  $\frac{\text{질량}}{\text{원자량}}$ 의 비이므로 (가)에서 원자 수비는  $C:H:O=1:2:10$ 이다.

**07** [22024-0033] 표는 수소(H), 탄소(C), 산소(O)로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. 분자당 구성 원자 수는 (나) > (가)이다.

분자	(가)	(나)	(다)
질량비(C:H:O)	6:1:8	6:1:8	12:3:y
분자량	x	60	46

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)

보기

ㄱ. (나)의 분자식은  $C_2H_4O_2$ 이다.  
 ㄴ.  $x=30$ 이다.  
 ㄷ.  $y=8$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)와 (나)의 분자 1개를 구성하는 원자의 개수는 각각 다음의 3가지 경우 중 하나에 해당한다.

- i) A 원자 1개와 B 원자 3개
- ii) A 원자 2개와 B 원자 2개
- iii) A 원자 3개와 B 원자 1개

**08** [22024-0034] 표는 원소 A, B로 이루어진 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)의 분자당 구성 원자 수는 각각 4이다.

기체	(가)	(나)
분자량	66	71
A의 질량(g)	42	14
B의 질량(g)	57	57

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 임의의 원소 기호이다.)

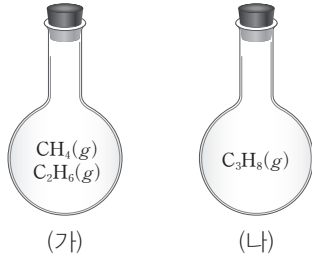
보기

ㄱ. (가)의 분자식은  $A_3B$ 이다.  
 ㄴ. 원자량은  $B > A$ 이다.  
 ㄷ.  $A_2B_4$ 의 분자량은 104이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22024-0035]

그림은 용기 (가)에  $\text{CH}_4(g)$ 과  $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 혼합 기체가, 용기 (나)에  $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 이 들어 있는 것을 나타낸 것이다. (가)에 들어 있는  $\text{CH}_4(g)$ 과  $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 양(mol)은 같고, 용기 속 전체 기체의 질량은 (가)=(나)이다.



용기 속 전체 기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C의 원자량은 각각 1, 12이다.)

보기

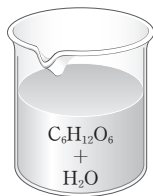
- ㄱ. 기체의 양(mol)은 (가) > (나)이다.
- ㄴ. 총 원자 수는 (가) > (나)이다.
- ㄷ. H의 질량은 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\text{CH}_4(g)$ 과  $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 몰비는 1 : 1이고 (가)와 (나)의 기체의 질량이 같으므로  $\text{CH}_4(g)$ 과  $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 양을 각각  $n$  mol,  $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 양을  $m$  mol이라고 하면  $16n + 30n = 44m$ 이다.

10 [22024-0036]

그림은 물( $\text{H}_2\text{O}$ )이 들어 있는 비커에 포도당( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )을 넣어 만든 수용액을 나타낸 것이다. 이 수용액에 들어 있는 C와 H의 질량비는 6 : 5이다.



이 수용액에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C의 원자량은 각각 1, 12이다.)

보기

- ㄱ. 원자 수비는 H : O = 2 : 1이다.
- ㄴ. 분자 수비는  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  :  $\text{H}_2\text{O}$  = 1 : 12이다.
- ㄷ. 원자의 몰비는 C : O = 1 : 5이다.

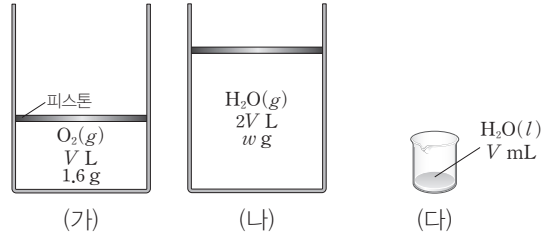
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 과  $\text{H}_2\text{O}$  모두 분자당 구성 원자 수비는 H : O = 2 : 1로 같다.

(가)에서  $O_2(g)$ 의 양은 0.05  
 $(= \frac{1.6}{32})$  mol이고, 부피는  
 1.8  $(= 0.05 \times 36)$  L이다.

11 [22024-0037]

그림 (가)와 (나)는  $t^\circ C$ , 1 atm에서 실린더에  $O_2(g)$ 와  $H_2O(g)$ 가 각각 들어 있는 것을, (다)는 비커에  $H_2O(l)$ 이 들어 있는 것을 나타낸 것이다.  $t^\circ C$ , 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 36 L이고, (다)에서  $H_2O(l)$ 의 밀도는 1 g/mL이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, O의 원자량은 각각 1, 16이고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ.  $w = 1.8$ 이다.  
 ㄴ.  $H_2O$ 의 양(mol)은 (나)와 (다)가 같다.  
 ㄷ. O 원자 수는 (가)와 (다)가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(나)에서 실린더 속 기체의 부피가 1 L 증가했으므로 (가)에서 왼쪽 용기에 들어 있던  $Ne(g)$ 의 양(mol)은 (가)에서 실린더에 들어 있던  $Ne(g)$ 의 양(mol)과 같다.

12 [22024-0038]

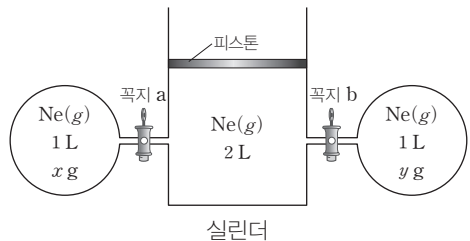
다음은  $Ne(g)$ 과 관련된 실험이다.

[실험 과정]

(가)  $t^\circ C$ 에서 그림과 같은 장치에  $Ne(g)$ 을 넣는다.  
 (나) 꼭지 a를 열고 충분한 시간이 흐른 뒤 실린더 속 기체의 부피를 측정한다.  
 (다) 꼭지 b를 열고 충분한 시간이 흐른 뒤 실린더 속 기체의 부피를 측정한다.

[실험 결과]

과정	실린더 속 기체의 부피(L)
(나)	3
(다)	2.5



$\frac{y}{x}$ 는? (단, 기체의 온도와 대기압은 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- ①  $\frac{1}{4}$                       ②  $\frac{1}{3}$                       ③  $\frac{1}{2}$                       ④ 3                      ⑤ 4

## 1 화학 반응식

### (1) 화학 반응식

화학식과 기호를 사용하여 화학 반응을 나타낸 식이다.

- ① 화살표(→)의 왼쪽에 반응물, 오른쪽에 생성물을 표기한다.
- ② 화학식 뒤에 물질의 상태를 ( ) 안에 써서 나타내기도 한다.

예 고체 : (s), 액체 : (l), 기체 : (g), 수용액 : (aq)

### (2) 화학 반응식 만들기

반응물과 생성물에 있는 원자의 종류와 개수가 같도록 계수를 맞춘다. 이때 계수는 일반적으로 가장 간단한 자연수비로 나타내고, 1이면 생략한다.

예 수소와 산소가 반응하여 수증기를 생성하는 반응의 화학 반응식 만들기

1단계	반응물과 생성물을 화학식으로 나타낸다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 반응물 : 수소 H<sub>2</sub>, 산소 O<sub>2</sub></li> <li>• 생성물 : 수증기 H<sub>2</sub>O</li> </ul>
2단계	반응물은 왼쪽에, 생성물은 오른쪽에 쓰고, 그 사이를 '→'로 연결한다. 또 반응물이나 생성물이 두 가지 이상이면 각 물질을 '+'로 연결한다.	수소 + 산소 → 수증기 H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> → H <sub>2</sub> O
3단계	반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 개수가 같아지도록 화학식의 계수를 맞춘다. 이때 계수는 가장 간단한 자연수비로 나타내고, 1이면 생략한다.	i) 산소 원자의 수를 같게 맞춘다. H <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> → 2H <sub>2</sub> O ii) 수소 원자의 수를 같게 맞춘다. 2H <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> → 2H <sub>2</sub> O
4단계	물질의 상태는 ( ) 안에 기호를 써서 화학식 뒤에 표시한다.	고체 : (s), 액체 : (l), 기체 : (g), 수용액 : (aq) 2H <sub>2</sub> (g)+O <sub>2</sub> (g) → 2H <sub>2</sub> O(g)

### 과학 돋보기 복잡한 화학 반응식에서 계수 구하기

화학 반응식이 복잡할 때에는 반응물과 생성물의 계수를 미지수로 두고 미정 계수법을 사용하여 화학 반응식의 계수를 구할 수 있다.

예 메탄올(CH<sub>3</sub>OH)이 연소하여 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O)이 생성되는 반응

단계	설명	예시
1단계	반응물과 생성물의 계수를 a, b, x, y 등을 이용하여 나타낸다.	aCH <sub>3</sub> OH+bO <sub>2</sub> → xCO <sub>2</sub> +yH <sub>2</sub> O
2단계	반응 전과 후에 원자 수가 같도록 방정식을 세운다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C 원자 수 : a=x</li> <li>• H 원자 수 : 4a=2y</li> <li>• O 원자 수 : a+2b=2x+y</li> </ul>
3단계	방정식의 계수 중 하나를 1로 놓고, 다른 계수를 구한 다음, 구한 계수를 방정식에 대입하여 계수를 가장 간단한 자연수비가 되도록 조정한다.	a=1이라면, b= $\frac{3}{2}$ , x=1, y=2이다. CH <sub>3</sub> OH+ $\frac{3}{2}$ O <sub>2</sub> → CO <sub>2</sub> +2H <sub>2</sub> O 화살표 양쪽에 2를 곱하여 계수를 가장 간단한 자연수비로 나타낸다. 2CH <sub>3</sub> OH+3O <sub>2</sub> → 2CO <sub>2</sub> +4H <sub>2</sub> O
4단계	각 물질의 상태를 표시하고, 화살표 양쪽의 원자들의 종류와 개수가 같은지 확인한다.	2CH <sub>3</sub> OH(l)+3O <sub>2</sub> (g) → 2CO <sub>2</sub> (g)+4H <sub>2</sub> O(l)

### 개념 체크

#### ● 화학 반응식

화학식과 기호를 사용하여 화학 반응을 나타낸 식이다.

#### ● 화학 반응식의 계수

반응물과 생성물에 있는 원자의 종류와 개수가 같도록 맞춘다.

1. 화학 반응식 A+B → C+D에서 생성물은 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

2. 일반적으로 화학 반응식의 계수는 가장 간단한 자연수비로 나타낸다. ( )

3. 질소(N<sub>2</sub>) 기체와 수소(H<sub>2</sub>) 기체가 반응하여 암모니아(NH<sub>3</sub>) 기체가 생성되는 반응의 화학 반응식을 쓰시오.

#### 정답

1. C, D
2. ○
3. N<sub>2</sub>(g)+3H<sub>2</sub>(g) → 2NH<sub>3</sub>(g)

개념 체크

● 화학 반응식의 계수비=반응 몰비=반응 분자 수비=반응 부피비(온도와 압력이 같은 기체의 경우)≠반응 질량비

● 화학 반응식의 계수비로부터 반응물과 생성물의 양적 관계를 알 수 있다.

※ ○ 또는 ×

1. 화학 반응식에서 반응물의 계수의 합은 생성물의 계수의 합과 항상 같다. ( )

2. 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같다. ( )

3. 온도와 압력이 일정할 때 화학 반응식의 계수비는 기체의 반응 부피비와 같다. ( )

4.  $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g)$ 에서 반응 질량비는  $\text{CO} : \text{O}_2 : \text{CO}_2 = 2 : 1 : 2$ 이다. ( )

(3) 화학 반응식의 의미


화학 반응식을 통해 반응물과 생성물의 종류를 알 수 있고, 물질의 양(mol), 분자 수, 질량, 기체의 부피 등의 양적 관계를 파악할 수 있다.

- ① 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비 및 반응 분자 수비와 같다.
- ② 기체인 경우, 일정한 온도와 압력에서 화학 반응식의 계수비는 기체의 반응 부피비와 같다.
- ③ 반응물의 질량 총합과 생성물의 질량 총합은 같지만 반응 질량비는 화학 반응식의 계수비와 같지 않다.

계수비=반응 몰비=반응 분자 수비=반응 부피비(온도와 압력이 같은 기체의 경우)≠반응 질량비

과학 돋보기 화학 반응식에서 알 수 있는 정보

화학 반응식을 통해서 반응물과 생성물의 종류와 상태를 알 수 있으며, 화학 반응식의 계수비로부터 반응물과 생성물의 양적 관계를 알 수 있다.

화학 반응식	$\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$			
분자 모형				
물질의 종류와 상태	메테인 + 산소 $\longrightarrow$ 이산화 탄소 + 물 ⇒ 기체인 메테인과 산소가 반응하여 기체인 이산화 탄소와 액체인 물이 생성된다.			
물질의 양 (mol)	1	2	1	2
	⇒ $\text{CH}_4$ 1 mol과 $\text{O}_2$ 2 mol이 반응하여 $\text{CO}_2$ 1 mol과 $\text{H}_2\text{O}$ 2 mol이 생성된다.			
분자 수	$6.02 \times 10^{23}$	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$	$6.02 \times 10^{23}$	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$
	⇒ $\text{CH}_4$ 분자 1개와 $\text{O}_2$ 분자 2개가 반응하여 $\text{CO}_2$ 분자 1개와 $\text{H}_2\text{O}$ 분자 2개가 생성된다.			
기체의 부피(L) ( $0^\circ\text{C}$ , 1 atm)	22.4	44.8	22.4	
	⇒ $\text{CH}_4$ 22.4 L와 $\text{O}_2$ 44.8 L가 반응하여 $\text{CO}_2$ 22.4 L가 생성된다.			
질량(g)	$1 \times 16$	$2 \times 32$	$1 \times 44$	$2 \times 18$
	⇒ 반응한 물질의 양(mol)과 1 mol의 질량을 곱하여 반응한 질량과 생성된 질량을 구할 수 있으며, $\text{CH}_4$ 16 g과 $\text{O}_2$ 64 g이 반응하여 $\text{CO}_2$ 44 g과 $\text{H}_2\text{O}$ 36 g이 생성된다.			

1. 반응 몰비와 반응 분자 수비는  $\text{CH}_4 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 2 : 1 : 2$ 이며, 화학 반응식의 계수비와 같다.
2. 반응물과 생성물이 기체인 경우 온도와 압력이 일정할 때 반응 부피비는  $\text{CH}_4 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 = 1 : 2 : 1$ 이며, 화학 반응식의 계수비와 같다.
3. 반응물의 질량 총합과 생성물의 질량 총합은 80 g으로 같으며, 반응 전 질량 총합과 반응 후 질량 총합이 같다.
4. 반응 질량비는  $\text{CH}_4 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 4 : 16 : 11 : 9$ 이며, 화학 반응식의 계수비와 같지 않다.

예 질소와 수소가 반응하여 암모니아가 생성되는 반응의 화학 반응식은



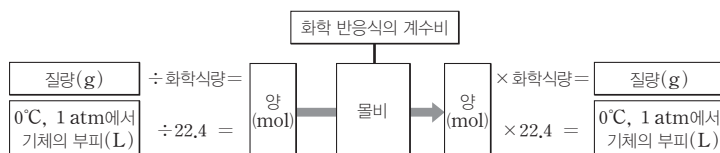
- 계수비는  $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 3 : 2$ 이다.
- 반응 몰비와 반응 분자 수비는  $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 3 : 2$ 이다.
- 일정한 온도와 압력에서 기체의 반응 부피비는  $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 3 : 2$ 이다.
- 반응 질량비는  $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 14 : 3 : 17$ 이다.

정답

1. ×
2. ○
3. ○
4. ×

## 2 화학 반응에서의 양적 관계

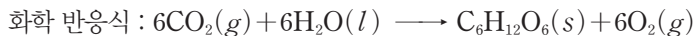
화학 반응에서 반응물과 생성물의 계수비가 반응 몰비와 같다는 것을 이용하여 반응물과 생성물의 질량이나 부피를 구할 수 있다.



### (1) 화학 반응에서의 질량 - 질량 관계

화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응 몰비와 같다. 화학 반응에서 물질의 양(mol)과 질량의 관계를 이용하면 반응물과 생성물 중 어느 한 물질의 질량만 알아도 다른 물질의 질량을 구할 수 있다.

예 포도당(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) 90 g이 생성되는 데 필요한 물(H<sub>2</sub>O)의 질량 구하기



1단계	포도당 90 g의 양(mol)을 구한다.	양(mol) = $\frac{\text{질량}}{1 \text{ mol의 질량}} = \frac{90 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$
2단계	화학 반응식에서 포도당과 물의 반응 몰비를 구하고, 비례식을 이용하여 반응에 필요한 물의 양(mol) $x$ 를 구한다.	$6\text{CO}_2(g) + \underline{6\text{H}_2\text{O}(l)} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s) + 6\text{O}_2(g)$ 반응 몰비      6                    :                    1 물과 포도당의 반응 몰비는 6 : 1 = $x$ : 0.5이므로 $x = 3$ 이다.
3단계	물의 양(mol)을 질량으로 변환한다.	H <sub>2</sub> O의 질량 = 양(mol) × 1 mol의 질량 = 3 mol × 18 g/mol = 54 g

### (2) 화학 반응에서 기체의 부피 - 부피 관계

반응물과 생성물이 기체인 경우 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 기체의 반응 부피비와 같다. 이를 이용하면 일정한 온도와 압력에서 반응물과 생성물 중 어느 한 기체의 부피만 알아도 다른 기체의 부피를 구할 수 있다.

예 일정한 온도와 압력에서 암모니아(NH<sub>3</sub>) 30 L가 생성되는 데 필요한 수소(H<sub>2</sub>)의 부피 구하기



1단계	화학 반응식의 계수비로부터 수소와 암모니아의 반응 부피비를 구한다.	$\text{N}_2(g) + \underline{3\text{H}_2(g)} \longrightarrow \underline{2\text{NH}_3(g)}$ 반응 부피비      3                    :                    2
2단계	비례식을 이용하여 암모니아 30 L를 얻기 위해 필요한 수소 기체의 부피 $x$ L를 구한다.	수소와 암모니아의 반응 부피비는 3 : 2 = $x$ : 30에서 수소 기체의 부피 $x$ L = 45 L이다.

### (3) 화학 반응에서의 질량 - 부피 관계

화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응 몰비와 같다. 일정한 온도와 압력에서 기체 1 mol의 부피를 알 때 반응물과 생성물 중 어느 한 물질의 질량이나 부피만 알아도 다른 물질의 질량이나 부피를 구할 수 있다.

### 개념 체크

☉ 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같으며, 반응 몰비를 이용하여 반응물과 생성물의 질량이나 부피 등의 양적 관계를 알 수 있다.

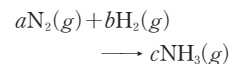
1.  $\text{N}_2(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{NO}_2(g)$ 에서 반응의 양적 관계가  $\text{N}_2 : \text{O}_2 : \text{NO}_2 = 1 : 2 : 2$ 인 것을 (보기)에서 있는 대로 고르시오. (단, 온도와 압력은 일정하다.)

보기

- ㄱ. 반응 몰비  
ㄴ. 반응 분자 수비  
ㄷ. 반응 질량비  
ㄹ. 반응 부피비

※ ○ 또는 ×

2. 다음은  $\text{N}_2(g)$ 와  $\text{H}_2(g)$ 의 반응에 대한 화학 반응식이다. H와 N의 원자량은 각각 1, 14이고, 온도와 압력은 일정하다.



- (1)  $a + b > c$ 이다. (     )  
 (2)  $\text{N}_2$  10 g과  $\text{H}_2$  30 g을 완전히 반응시킬 때 생성되는  $\text{NH}_3$ 의 질량은 20 g이다. (     )  
 (3)  $\text{N}_2$  28 g이 모두 반응하는 데 필요한  $\text{H}_2$ 의 질량은 6 g이다. (     )  
 (4)  $\text{NH}_3(g)$  10 L가 생성되는 데 필요한  $\text{H}_2(g)$ 의 부피는 15 L이다. (     )

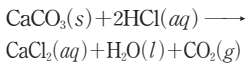
정답

1. ㄱ, ㄴ, ㄹ  
2. (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

개념 체크

반응물과 생성물의 반응 질량 화학식량의 비는 반응 몰비와 같고, 화학 반응식의 계수비와도 같다.

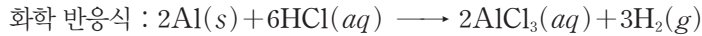
※ 다음은 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)과 묽은 염산(HCl(aq))의 반응에 대한 화학 반응식이다. CaCO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>의 화학식량은 각각 100, 44이고, t°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.



1. 탄산 칼슘 1 g을 충분한 양의 묽은 염산(HCl(aq))과 반응시켰을 때 발생하는 이산화 탄소의 질량을 구하시오.

2. 0°C, 1 atm에서 이산화 탄소 3.6 L를 얻기 위해 반응시켜야 할 탄산 칼슘의 질량을 구하시오.

예 알루미늄(Al) 5.4 g과 충분한 양의 염산(HCl(aq))이 반응할 때 생성되는 수소(H<sub>2</sub>)의 0°C, 1 atm에서의 부피 구하기

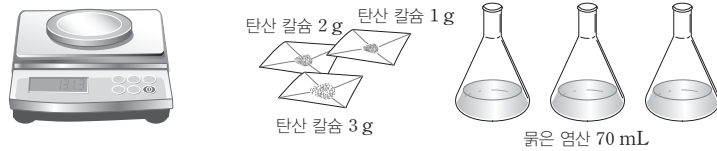


1단계	알루미늄 5.4 g의 양(mol)을 구한다.	양(mol) = $\frac{\text{질량}}{1 \text{ mol의 질량}} = \frac{5.4 \text{ g}}{27 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$
2단계	화학 반응식에서 알루미늄과 수소의 반응 몰비를 구하고, 비례식을 이용하여 생성되는 수소의 양(mol) x를 구한다.	$\frac{2\text{Al}(s) + 6\text{HCl}(aq) \rightarrow 2\text{AlCl}_3(aq) + 3\text{H}_2(g)}{\text{반응 몰비} \quad 2 \qquad \qquad \qquad 3}$ 알루미늄(Al)과 수소(H <sub>2</sub> )의 반응 몰비는 2 : 3 = 0.2 : x이므로 x = 0.3이다.
3단계	0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L인 것을 이용하여 수소 기체의 양(mol)으로부터 부피를 구한다.	수소 기체의 부피 = 0.3 mol × 22.4 L/mol = 6.72 L이다.

탐구자료 살펴보기 화학 반응에서의 양적 관계

탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)과 염산(HCl(aq))이 반응하여 염화 칼슘(CaCl<sub>2</sub>), 물(H<sub>2</sub>O), 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)를 생성한다. 반응물인 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)과 생성물인 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>) 사이의 양적 관계를 확인해 보자.

**준비물** 탄산 칼슘, 시약포지, 묽은 염산, 삼각 플라스크 3개, 전자저울, 유리 막대, 보안경, 실험용 장갑, 약술가락



실험 과정

- (가) 전자저울에 시약포지를 올려놓고 탄산 칼슘 1 g을 측정한다.
- (나) 묽은 염산 70 mL가 담긴 삼각 플라스크를 저울 위에 올려놓고 질량을 측정한다.
- (다) (가)의 탄산 칼슘을 (나)의 삼각 플라스크에 모두 넣어 반응시킨다.
- (라) 묽은 염산과 탄산 칼슘의 반응이 완전히 끝나면 용액이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정한다.
- (마) 생성된 이산화 탄소의 질량은 (반응 전 묽은 염산이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량 + 탄산 칼슘의 질량) - (반응 후 용액이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량)이므로 이를 이용하여 생성된 이산화 탄소의 질량을 구한다.
- (바) 반응한 탄산 칼슘과 생성된 이산화 탄소의 몰비를 구하여 화학 반응식의 계수비와 일치하는지 확인한다.(CaCO<sub>3</sub>과 CO<sub>2</sub>의 화학식량은 각각 100, 44이다).
- (사) 탄산 칼슘 2 g과 3 g에 대하여 과정 (가)~(바)를 반복한다.

실험 결과

- 1. 화학 반응식 :  $\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$
- 2. 반응한 CaCO<sub>3</sub>과 생성된 CO<sub>2</sub>의 질량(g)과 양(mol)

반응한 CaCO <sub>3</sub> 의 질량(g)	1.00	2.00	3.00
생성된 CO <sub>2</sub> 의 질량(g)	0.44	0.88	1.32
반응한 CaCO <sub>3</sub> 의 양(mol)	0.01	0.02	0.03
생성된 CO <sub>2</sub> 의 양(mol)	0.01	0.02	0.03

분석 point

- 1. 화학 반응식에서 탄산 칼슘과 이산화 탄소의 반응 몰비를 구하면 CaCO<sub>3</sub> : CO<sub>2</sub> = 1 : 1이다.
- 2. 실험 결과에서 반응한 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)과 생성된 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)의 몰비는 1 : 1이며, 화학 반응식의 계수비와 같다.

정답

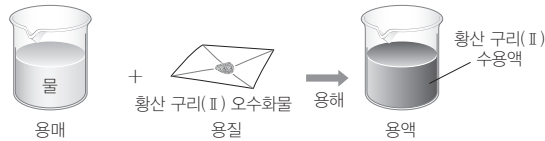
- 1. 0.44 g
- 2. 15 g



### 3 용액의 농도

#### (1) 용해와 용액

- ① 용해 : 용질이 용매와 고르게 섞이는 현상이다.
- ② 용액 : 두 종류 이상의 순물질이 균일하게 섞여 있는 혼합물을 용액이라고 하며 용액에서 녹이는 물질을 용매, 녹는 물질을 용질이라고 한다.



- ③ 용액의 농도 : 용액이 얼마나 진하고 묽은지를 나타내는 값이며, 퍼센트 농도(%), 몰 농도(M) 등이 있다.

#### (2) 퍼센트 농도

용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타내며, 단위는 %를 사용한다.

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량}(g)}{\text{용액의 질량}(g)} \times 100 = \frac{\text{용질의 질량}(g)}{(\text{용매} + \text{용질})\text{의 질량}(g)} \times 100$$

- ① 퍼센트 농도와 용액의 질량을 알면 용액에 녹아 있는 용질의 질량을 구할 수 있다.

$$\text{용질의 질량}(g) = \text{용액의 질량}(g) \times \frac{\text{퍼센트 농도}(\%)}{100}$$

예 15% 포도당 수용액 200 g에 들어 있는 물과 포도당의 질량

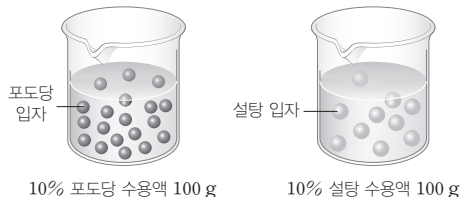
$$\rightarrow \text{용질의 질량}(g) = \text{용액의 질량}(g) \times \frac{\text{퍼센트 농도}(\%)}{100} \text{이므로}$$

$$\text{포도당의 질량}(g) = 200 \text{ g} \times \frac{15}{100} = 30 \text{ g이다.}$$

$\rightarrow$  15% 포도당 수용액 200 g은 물 170 g과 포도당 30 g이 혼합된 수용액이다.

- ② 용액과 용질의 질량으로 나타내므로 온도나 압력의 영향을 받지 않는다.

#### 과학 돋보기 퍼센트 농도가 같은 수용액에서 입자 수 비교



- 10% 포도당 수용액 100 g에는 물 90 g과 포도당 10 g이 혼합되어 있다.
- 10% 설탕 수용액 100 g에는 물 90 g과 설탕 10 g이 혼합되어 있다.
  - $\rightarrow$  수용액에 녹아 있는 포도당과 설탕의 질량은 10 g으로 같다.
  - $\rightarrow$  포도당과 설탕은 1 mol의 질량이 각각 다르므로 10% 포도당 수용액과 10% 설탕 수용액에 녹아 있는 포도당과 설탕의 분자 수는 다르다.

#### 개념 체크

##### ● 용액

용매와 용질이 고르게 섞여 있는 혼합물이며, 녹이는 물질을 용매, 녹는 물질을 용질이라고 한다.

##### ● 용액의 농도

용액이 얼마나 진하고 묽은지를 나타내는 값이다.

##### ● 퍼센트 농도

용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸다.

※ ○ 또는 ×

1. 설탕 수용액에서 설탕은 용질이고 물은 용매이다. ( )

2. 퍼센트 농도는 용액 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸다. ( )

3. 10% 포도당 수용액 100 g에 녹아 있는 포도당의 질량은 10 g이다. ( )

4. 25°C, 5% 염화 나트륨 수용액의 온도를 50°C로 높여 주면 퍼센트 농도는 10%가 된다. (단, 물의 증발은 무시한다.) ( )

#### 정답

1. ○
2. ×
3. ○
4. ×

개념 체크

● 물 농도

용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)으로 나타낸 농도이며, 단위는 M 또는 mol/L를 사용한다.

● 용액에 녹아 있는 용질의 양 (mol)

물 농도(M)와 용액의 부피(L)를 곱해서 구한다.

1. 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)으로 나타낸 농도는 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

2. 물 농도(M)와 용액의 부피(L)를 곱하면 용질의 양(mol)을 구할 수 있다. ( )

3. 0.1 M 포도당 수용액 100 mL에 녹아 있는 포도당의 양은 ( ) mol이다.

4. 물 농도는 용액의 ( )를 기준으로 하므로 온도에 따라 달라진다.

5. 표시선까지 용매를 채워 일정한 부피의 용액을 만드는 데 사용하는 실험 기구는 ( )이다.

4 물 농도

(1) 물 농도

용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)으로 나타낸 농도이며, 단위는 M 또는 mol/L를 사용한다.

$$\text{물 농도}(M) = \frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용액의 부피}(L)}$$

- ① 용액의 부피를 기준으로 하기 때문에 사용하기에 편리하다.
- ② 온도에 따라 용질의 양(mol)은 변하지 않지만 용액의 부피가 변하므로 물 농도는 온도에 따라 달라진다.
- ③ 용액의 물 농도와 부피를 알면 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구할 수 있다.

$$\text{용질의 양}(\text{mol}) = \text{물 농도}(\text{mol/L}) \times \text{용액의 부피}(L)$$

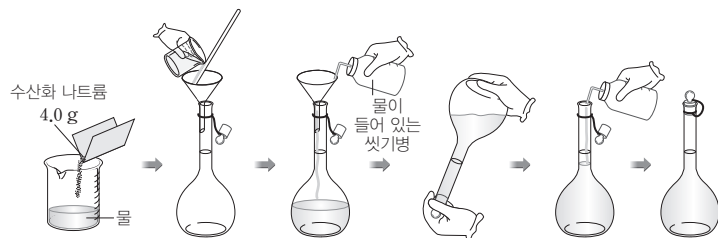
(2) 용액 만들기

특정한 물 농도의 용액을 만들 때 부피 플라스크, 전자저울, 비커, 씻기병 등이 필요하다.

부피 플라스크	전자저울	비커
표시선까지 용매를 채워 일정 부피의 용액을 만들 때 사용한다.	용질의 질량을 측정한다.	용질을 소량의 용매에 용해시킨 후 용액을 부피 플라스크에 옮길 때 사용한다.

예 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 1 L 만들기

- ① 화학식량이 40인 NaOH 4.0 g을 적당량의 물이 들어 있는 비커에 넣어 모두 녹인다.
- ② 1 L 부피 플라스크에 ①의 용액을 넣는다.
- ③ 물로 비커를 씻어 묻어 있는 용액까지 부피 플라스크에 넣는다.
- ④ 부피 플라스크에 물을  $\frac{2}{3}$  정도 넣고, 용액을 섞는다.
- ⑤ 표시선까지 물을 가하고, 용액을 충분히 흔들어 준다.
- ⑥ 실온으로 식힌 후 다시 표시선까지 물을 채운다.



정답

1. 물 농도
2. ○
3. 0.01
4. 부피
5. 부피 플라스크

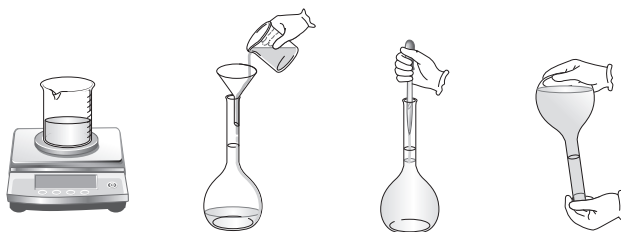
## 탐구자료 살펴보기 0.1 M 황산 구리(Ⅱ) 수용액 만들기

특정한 몰 농도의 수용액을 제조해 보자. (황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 화학식량은 249.70이다.)

**준비물** 황산 구리(Ⅱ) 오수화물( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), 물, 1000 mL 부피 플라스크, 비커, 깔때기, 씻기병, 스포이트, 유리 막대, 약손가락, 전자저울, 실험용 장갑, 보안경

### 실험 과정

- (가) 황산 구리(Ⅱ) 오수화물 24.97 g을 비커에 담아 측정하고, 적당량의 물을 부어 유리 막대로 저어 모두 녹인다.
- (나) 황산 구리(Ⅱ) 수용액을 깔때기를 이용하여 1000 mL 부피 플라스크에 넣는다. 물로 비커를 씻어 묻어 있는 용액까지 넣는다.
- (다) 부피 플라스크에 물을 채운다. 스포이트를 이용하여 표시선까지 맞춰 물을 넣는다.
- (라) 부피 플라스크의 뚜껑을 닫고, 잘 흔들어 섞어 준다.



### 실험 결과

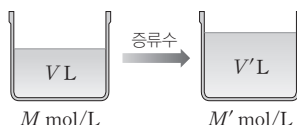
1. 증류수에 녹인 황산 구리(Ⅱ) 오수화물 24.97 g의 양(mol)은 황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 화학식량이 249.70이므로  $\frac{24.97 \text{ g}}{249.7 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.
2. 황산 구리(Ⅱ) 오수화물 0.1 mol이 녹아 있는 용액 전체의 부피가 1 L이므로 황산 구리(Ⅱ) 수용액의 몰 농도는  $\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다.

### 분석 point

1. 용질의 양(mol) = 몰 농도(mol/L) × 용액의 부피(L)이므로 0.1 M 황산 구리(Ⅱ) 수용액 1 L를 만드는 데 필요한 황산 구리(Ⅱ)의 양은  $0.1 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.
2. 황산 구리(Ⅱ) 오수화물을 모두 녹인 후 물을 더 넣어 용액의 부피를 1 L로 맞춰 주어야 황산 구리(Ⅱ) 0.1 mol이 녹아 있는 용액 1 L를 만들 수 있다.

## (3) 용액의 희석과 혼합

- ① 용액 희석하기 : 어떤 용액에 물을 가하여 용액을 희석했을 때 용액의 부피와 몰 농도는 달라지지만 그 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않는다.  
 ➔ 용액의 몰 농도가  $M \text{ mol/L}$ 인 용액  $V \text{ L}$ 에 물을 가하여 몰 농도는  $M' \text{ mol/L}$ , 부피는  $V' \text{ L}$ 가 되었다면 두 용액에서 용질의 양(mol)은 같으므로 다음 관계가 성립한다.



$$\text{용질의 양(mol)} = \text{몰 농도(mol/L)} \times \text{용액의 부피(L)} \Rightarrow MV = M'V' \Rightarrow M' = \frac{MV}{V'} \text{ (mol/L)}$$

## 개념 체크

● 어떤 용액에 물을 가해서 희석할 때 용액의 부피와 몰 농도는 달라지지만 용질의 양(mol)은 변하지 않는다.

1. 어떤 용액에 물을 가하여 희석할 때 용액에 녹아 있는 ( )의 양(mol)은 변하지 않는다.
2. 몰 농도가  $M \text{ mol/L}$ 인 용액  $V \text{ L}$ 에 물을 가해서  $M' \text{ mol/L}$ 인 용액  $V' \text{ L}$ 가 되었다면  $MV = ( )$ 의 관계가 성립한다.

정답

1. 용질
2.  $M'V'$

개념 체크

● 물 농도가 서로 다른 두 용액을 혼합할 때 혼합 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 각 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다.

※ ○ 또는 ×

- 0.2 M 포도당 수용액 500 mL에 물을 가하여 1 L 수용액을 만들었다. (단, 포도당의 분자량은 180이다.)
  - 0.2 M 포도당 수용액 500 mL에 녹아 있는 포도당의 질량은 18 g이다. ( )
  - 물을 가하여 희석한 용액의 물 농도는 0.1 M이다. ( )

- 1 M 포도당 수용액 100 mL와 2 M 포도당 수용액 100 mL를 혼합하여 전체 용액의 부피가 200 mL가 되었다. 이 혼합 용액의 물 농도를 구하시오.

예 0.1 M 포도당 수용액을 희석하여 0.01 M 포도당 수용액 500 mL 만들기

- 용액을 희석해도 그 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로, 희석된 용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)을 계산한다.

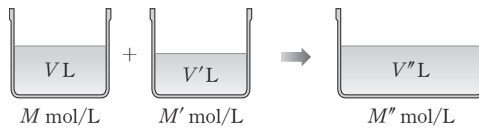
→ 0.01 M 포도당 수용액 0.5 L에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 물 농도 × 부피 = 0.01 M × 0.5 L = 0.005 mol이다.

- 진한 용액에서 같은 양(mol)의 포도당을 얻는 데 필요한 부피를 계산한다.

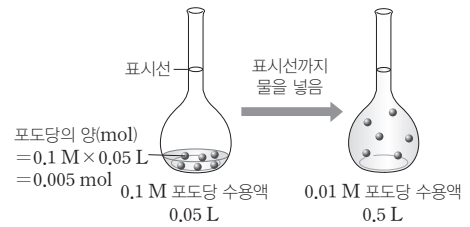
→ 용액의 부피(L) =  $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{물 농도(mol/L)}} = \frac{0.005 \text{ mol}}{0.1 \text{ mol/L}} = 0.05 \text{ L}$ 이므로 0.1 M 포도당 수용액 0.05 L가 필요하다.

- 0.1 M 포도당 수용액 0.05 L를 500 mL 부피 플라스크에 넣고 표시선까지 물을 채워 용액의 부피를 500 mL로 맞춘다.

- 혼합 용액의 물 농도 : 물 농도가 서로 다른 두 용액을 혼합하면 용액의 부피와 물 농도는 달라지지만 혼합 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 두 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다. → 용액의 물 농도가 M mol/L인 용액 V L에 M' mol/L인 용액 V' L를 혼합하여 용액의 물 농도가 M'' mol/L, 용액의 전체 부피가 V'' L가 되었다면 다음 관계가 성립한다.



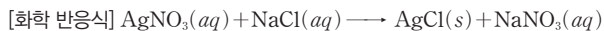
$$MV + M'V' = M''V'' \Rightarrow M'' = \frac{MV + M'V'}{V''} (\text{mol/L})$$



과학 돋보기 화학 반응의 양적 관계에서 물 농도 이용하기

질산 은(AgNO<sub>3</sub>) 수용액과 염화 나트륨(NaCl) 수용액이 반응하면 흰색 앙금인 염화 은(AgCl)이 생성된다. 이와 같이 반응물이나 생성물이 용액인 화학 반응에서 양적 관계를 다루려면 용액의 물 농도로부터 용질의 양(mol)을 계산해야 한다.

예 0.1 M AgNO<sub>3</sub> 수용액 100 mL와 완전히 반응하는 데 필요한 NaCl의 질량 구하기



- 0.1 M AgNO<sub>3</sub> 수용액 100 mL에 녹아 있는 AgNO<sub>3</sub>의 양(mol)을 구한다.

→ 용질의 양(mol) = 물 농도(mol/L) × 용액의 부피(L)이므로  
AgNO<sub>3</sub>의 양(mol) = 0.1 mol/L × 0.1 L = 0.01 mol이다.

- 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같고, AgNO<sub>3</sub>과 NaCl의 계수비는 1 : 1이므로 AgNO<sub>3</sub> 0.01 mol은 NaCl 0.01 mol과 반응한다.

→ NaCl의 화학식량이 58.5이므로 NaCl 0.01 mol의 질량은 0.585 g이며, 0.1 M AgNO<sub>3</sub> 수용액 100 mL와 완전히 반응하는 데 필요한 NaCl의 질량은 0.585 g이다.

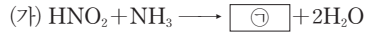
정답

- (1) ○ (2) ○
- 1.5 M

## 기출문제 다시보기 화학 반응식

2022학년도 대학수학능력시험

다음은 2가지 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 &lt;보기&gt;에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

| 보기 |

ㄱ. ㉠은  $\text{N}_2$ 이다.ㄴ.  $a+b=4$ 이다.ㄷ. (가)와 (나)에서 각각  $\text{NH}_3$  1g이 모두 반응했을 때 생성되는  $\text{H}_2\text{O}$ 의 질량은 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

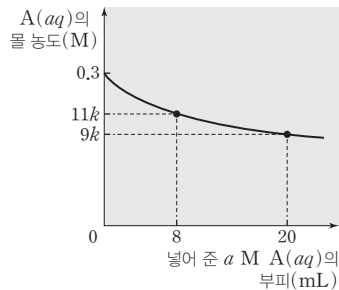
**해설** 화학 반응이 일어날 때 반응 전후 원자의 종류와 수는 일정하다. (가)와 (나)의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다. (가)  $\text{HNO}_2 + \text{NH}_3 \longrightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ , (나)  $3\text{N}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \longrightarrow 4\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

ㄱ. ㉠은  $\text{N}_2$ 이다. ㄴ.  $a=3, b=2$ 이므로  $a+b=5$ 이다. ㄷ. (가)와 (나)에서 각각  $\text{NH}_3$  1 mol이 모두 반응했을 때 생성되는  $\text{H}_2\text{O}$ 의 양은 2 mol, 1.5 mol이므로 (가)와 (나)에서 각각  $\text{NH}_3$  1g이 모두 반응했을 때 생성되는  $\text{H}_2\text{O}$ 의 질량은 (가) > (나)이다. 답 ①

## 기출문제 다시보기 용액의 농도

2022학년도 대학수학능력시험

그림은  $\text{A}(s)$   $x$  g을 모두 물에 녹여 10 mL로 만든 0.3 M  $\text{A}(aq)$ 에  $a$  M  $\text{A}(aq)$ 을 넣었을 때, 넣어 준  $a$  M  $\text{A}(aq)$ 의 부피에 따른 혼합된  $\text{A}(aq)$ 의 몰 농도(M)를 나타낸 것이다.  $\text{A}$ 의 화학식량은 180이다.

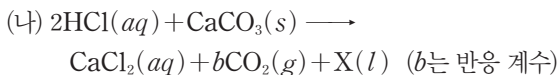
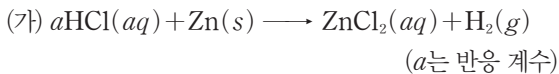


$\frac{x}{a}$ 는? (단, 온도는 일정하며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

- ①  $\frac{7}{3}$                       ②  $\frac{7}{2}$                       ③  $\frac{9}{2}$                       ④  $\frac{27}{4}$                       ⑤  $\frac{27}{2}$

**해설**  $\text{A}(s)$   $x$  g을 녹여 10 mL의 0.3 M  $\text{A}(aq)$ 을 만들었으므로  $\frac{\frac{x}{180} \text{ mol}}{0.01 \text{ L}} = 0.3 \text{ M}$ 에서  $x=0.54$ 이다. 혼합 전 두 수용액의 몰 농도를  $M, M'$ , 부피를  $V, V'$ , 혼합 후 수용액의 몰 농도와 부피를 각각  $M'', V''$ 라고 할 때  $M'' = \frac{MV + M'V'}{V''}$ 의 관계가 성립하므로  $a$  M  $\text{A}(aq)$ 을 각각 8 mL, 20 mL를 넣었을 때 몰 농도비는  $\frac{0.3 \times 10 + a \times 8}{10 + 8} : \frac{0.3 \times 10 + a \times 20}{10 + 20} = 11 : 9$ 에서  $a=0.12$ 이다. 따라서  $\frac{x}{a} = \frac{9}{2}$ 이다. 답 ③

01 [22024-0039] 다음은 2가지 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ.  $a + b = 3$ 이다.  
 ㄴ. X는  $\text{H}_2\text{O}$ 이다.  
 ㄷ. (가)와 (나)에서 1 M  $\text{HCl}(aq)$  100 mL씩 모두 반응시켰을 때, 생성되는 기체의 양은 0.05 mol로 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22024-0040] 다음은 빵을 구울 때 사용하는 베이킹 파우더의 역할에 대한 설명이다.

빵 반죽에 베이킹 파우더를 넣고 가열하면 주성분인 탄산수소 나트륨( $\text{NaHCO}_3$ )이 탄산 나트륨( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )과 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )와 물( $\text{H}_2\text{O}$ )로 열분해되는데, 이때 발생한 기체가 반죽을 부풀어 오르게 한다.

$\text{NaHCO}_3$  8.4 g이 모두 열분해될 때의 생성물에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $\text{NaHCO}_3$ 과  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의 화학식량은 각각 84, 106이고,  $t^\circ\text{C}$ , 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.)

보기

ㄱ.  $\text{H}_2\text{O}$ 의 양은 0.05 mol이다.  
 ㄴ.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의 질량은 10.6 g이다.  
 ㄷ.  $\text{CO}_2$ 의 부피는  $t^\circ\text{C}$ , 1 atm에서 1.2 L이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22024-0041] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)와 D(g)를 생성하는 반응에 대한 자료이다.

- 화학 반응식
- $$xA(g) + xB(g) \longrightarrow C(g) + xD(g)$$
- ( $x$ 는 반응 계수)
- A 11 g이 모두 반응할 때 생성되는 C와 D의 질량은 각각 7.5 g, 8 g이다.  
 ○ 분자량비는 B : C = 1 : 10이다.

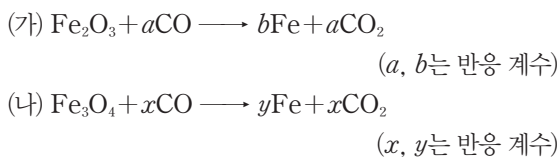
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 반응물의 반응 질량비는 A : B = 22 : 9이다.  
 ㄴ. 분자량비는 A : C = 11 : 45이다.  
 ㄷ.  $x = 2$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22024-0042] 다음은 2가지 산화 철로부터 철을 얻는 반응의 화학 반응식이다.



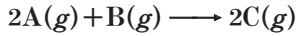
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

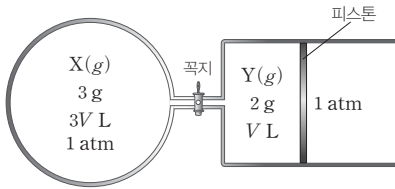
ㄱ.  $x = 2b$ 이다.  
 ㄴ. 1 kg의 철을 얻을 때 발생하는  $\text{CO}_2$ 의 몰비는 (가) : (나) = 9 : 8이다.  
 ㄷ. 1 kg의 철을 얻기 위해 필요한 산화 철의 질량은 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** [2024-0043] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 꼭지로 분리된 강철 용기와 실린더에 각각 X(g)와 Y(g)가 들어 있는 것을 나타낸 것이다. X와 Y는 각각 A와 B 중 하나이고, 분자량은  $A > B$ 이다.



꼭지를 열고 반응을 완결시킨 후 충분한 시간이 지났을 때, 실린더 속 기체의 부피(L)는? (단, 온도와 압력은 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.)

- ① 0.2V      ② 0.3V      ③ 0.5V  
 ④ 0.6V      ⑤ 0.8V

**06** [2024-0044] 다음은 A(aq)의 몰 농도와 관련된 2가지 실험이다.

- I. 1 M A(aq) 100 mL에 A(s)  $w$  g과 물을 넣고 모두 녹여 1.5 M A(aq) 400 mL를 만든다.  
 II. 1 M A(aq)  $x$  mL에 A(s)  $2w$  g과 물을 넣고 모두 녹여 3 M A(aq) 400 mL를 만든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

- 보기
- ㄱ. A의 화학식량은  $2w$ 이다.  
 ㄴ.  $x=200$ 이다.  
 ㄷ. I과 II에서 만든 두 A(aq)을 모두 혼합한 수용액의 몰 농도는  $\frac{9}{4}$  M이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [2024-0045] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 용기에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후에 대한 자료이다.

실험	반응 전		반응 후
	A(g)의 양(mol)	B(g)의 양(mol)	$\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$
I	2	3	$x$
II	3	12	$x$

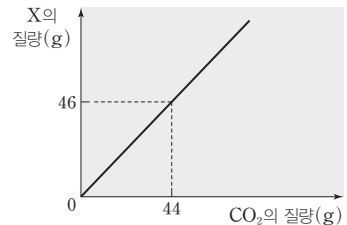
$b \times x$ 는?

- ①  $\frac{1}{3}$       ②  $\frac{2}{3}$       ③ 1  
 ④  $\frac{4}{3}$       ⑤ 2

**08** [2024-0046] 다음은 포도당( $C_6H_{12}O_6$ )으로부터 X와  $CO_2$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 생성되는 이산화 탄소( $CO_2$ )의 질량에 따른 X의 질량을 나타낸 것이다. 분자량 O 원자 수는  $CO_2 > X$ 이다.

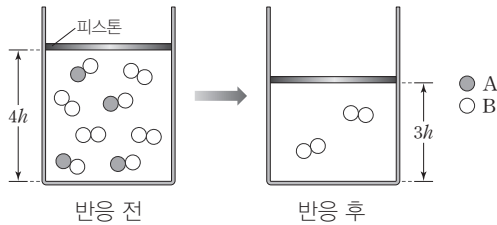


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)

- 보기
- ㄱ.  $b=3$ 이다.  
 ㄴ. X 1 mol에 들어 있는 H 원자의 양은 12 mol이다.  
 ㄷ.  $C_6H_{12}O_6$  9 g이 모두 반응할 때 생성되는 X의 양은 0.1 mol이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22024-0047] 그림은  $AB(g)$ 와  $B_2(g)$ 가 반응하여  $X(g)$ 를 생성하는 반응을 모형으로 나타낸 것이다.  $X$ 는 나타내지 않았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도와 압력은 일정하며, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

보기

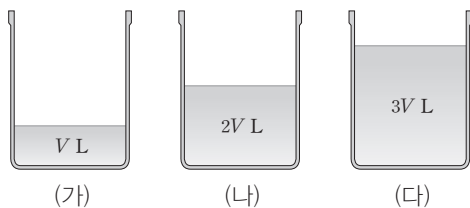
ㄱ. X의 구성 원자 수비는 A : B = 1 : 2이다.

ㄴ. 반응 후 실린더 속  $\frac{X \text{의 양(mol)}}{B_2 \text{의 양(mol)}} = 1$ 이다.

ㄷ. 실린더 속 단위 부피당 총 원자 수는 반응 후가 반응 전의  $\frac{4}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

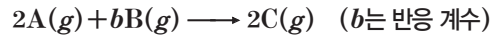
10 [22024-0048] 그림 (가)~(다)는 농도가 서로 다른 3가지  $HCl(aq)$ 을 나타낸 것이다. (가)~(다)의 몰 농도(M)는 각각 0.1, 0.2, 0.3 중 하나이다.



충분한 양의  $Zn(s)$ 을 (가)~(다)에 각각 넣어 반응을 완결시켰을 때, 발생한  $H_2(g)$ 의 몰비는 (가) : (나) : (다) = 2 : 6 : 3이다. (가)~(다)의 몰 농도(M)로 옳은 것은? (단, 온도는 일정하다.)

- |   | (가) | (나) | (다) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| ② | 0.1 | 0.3 | 0.2 |
| ③ | 0.2 | 0.1 | 0.3 |
| ④ | 0.2 | 0.3 | 0.1 |
| ⑤ | 0.3 | 0.1 | 0.2 |

11 [22024-0049] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



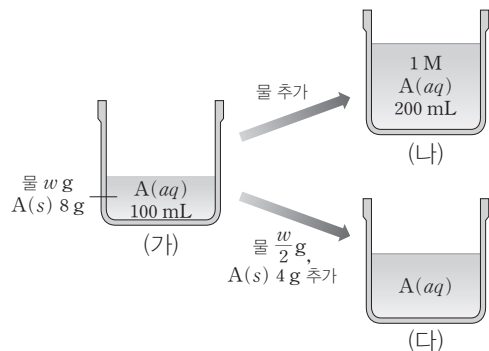
표는  $t^\circ C$ , 1 atm에서 반응물의 부피를 달리하여 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후에 대한 자료이다.

실험	반응 전		반응 후
	A(g)의 부피(L)	B(g)의 부피(L)	전체 기체의 부피(L)
I	2	3	4
II	3	2	x

$b \times x$ 는? (단, 온도와 압력은 일정하다.)

- ① 2                      ② 2.5                      ③ 3  
 ④ 3.5                      ⑤ 4

12 [22024-0050] 그림 (가)는 물 w g에 A(s) 8 g을 녹인 A(aq)을, (나)는 (가)에 물을 추가하여 만든 1 M A(aq)을, (다)는 (가)에 물  $\frac{w}{2}$  g과 A(s) 4 g을 추가하여 모두 녹여 만든 A(aq)을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. A의 화학식량은 40이다.

ㄴ. A(aq) 1 mL에 들어 있는 A의 질량은 (가)가 (나)의 2배이다.

ㄷ. (다)의 몰 농도는 2 M이다.

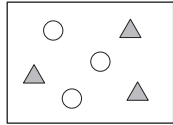

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



01 [22024-0051] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식을 모형으로 나타낸 것이다.



표는 실린더에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시켰을 때 반응 전과 후의 실린더 속 기체에 대한 자료이다. 반응 전과 후에 기체의 온도와 압력은 일정하다.

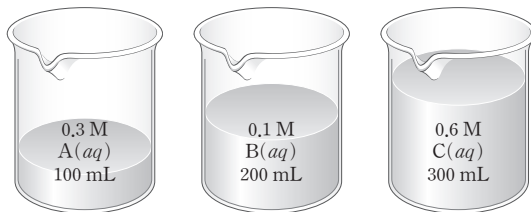
	반응 전	반응 후
단위 부피당 기체 분자 수 모형		

반응 후 단위 부피당 ○ 모형의 수는?

- ① 1                      ② 2                      ③ 3                      ④ 4                      ⑤ 6

반응 몰비는 ○:▲:★=1:2:2이다.

02 [22024-0052] 그림은 3가지 수용액을 나타낸 것이다. A~C는 각각 수산화 나트륨, 요소, 포도당 중 하나이고, 수용액에 들어 있는 A~C의 질량은 각각 w g, 2w g, x g이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수산화 나트륨, 요소, 포도당의 화학식량은 각각 40, 60, 180이다.)

보기

ㄱ. A의 화학식량은  $\frac{10}{3}w$ 이다.

ㄴ. B는 포도당이다.

ㄷ.  $x=4w$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0.3 M A(aq) 100 mL에 녹아 있는 A의 양은 0.03 (=0.3×0.1) mol이다.

같은 온도, 같은 압력에서 반응 전과 후의 전체 기체의 부피가 같으므로 화학 반응식에서 반응물의 계수의 합과 생성물의 계수의 합이 같다.

03 [22024-0053] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 실린더에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후에 대한 자료이다.

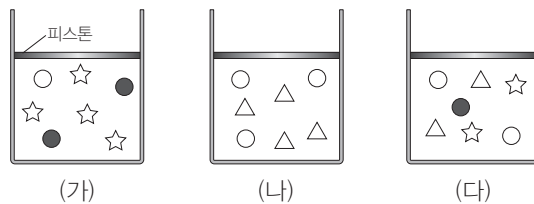
구분	반응 전	반응 후
질량(g)	A	4
	B	w
	C	80
전체 기체의 부피(L)	V	V

$\frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}}$  은? (단, 온도와 압력은 일정하다.)

- ① 0.8                      ② 0.9                      ③ 1.4                      ④ 1.9                      ⑤ 2.2

화학 반응식은  $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ 이고, 기체의 종류가 3가지인 (가)는 반응이 완결된 후 반응물 1가지가 남아 있는 경우이다.

04 [22024-0054] 그림 (가)~(다)는  $t^\circ C$ , 1 atm에서 실린더에  $CH_4(g)$ 과  $O_2(g)$ 를 넣고 완전 연소시켰을 때, 실린더 속 기체의 모형을 반응 경과의 순서에 관계없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $t^\circ C$ , 1 atm에서 반응물과 생성물은 모두 기체이다.)

보기

ㄱ. ☆은  $H_2O$ 에 해당한다.  
 ㄴ. (나)는 반응이 완결되었을 때를 나타낸 것이다.  
 ㄷ. (가)에서 반응물과 생성물의 전체 몰비는 2 : 5이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22024-0055]

다음은 25°C에서 A(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- 용질의 질량비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.
- 용액의 몰 농도(M)비는 (가) : (나) = 1 : 2이다.

(가)와 (나)를 모두 혼합한 용액의 몰 농도(M)는? (단, 온도는 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

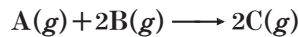
- ① 1.2                      ② 1.4                      ③ 1.5                      ④ 1.6                      ⑤ 1.8

용액의 부피(L)

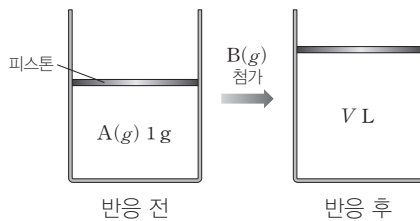
$$= \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 몰 농도(M)}} \text{이다.}$$

06 [22024-0056]

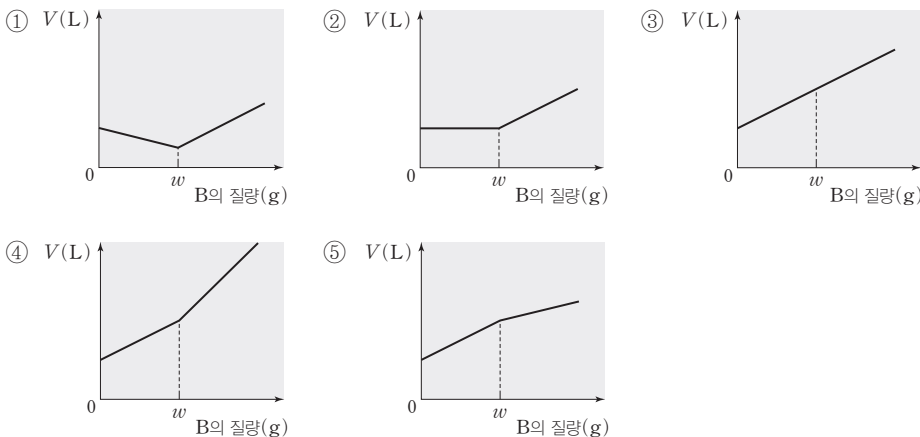
다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 A(g) 1 g이 들어 있는 실린더에 B(g)를 넣고 반응을 완결시켰을 때의 변화를 나타낸 것이다. B(g) w g을 넣었을 때 반응 후 실린더 속 기체의 종류는 1가지이다.



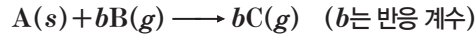
다음 중 반응 전 실린더에 넣어 준 B의 질량(g)에 따른 반응 후 전체 기체의 부피(V(L))를 나타낸 것으로 가장 적절한 것은? (단, 온도와 압력은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)



A(g) 1 g이 모두 반응하기 전까지는 B(g)가 2 mol 반응할 때 전체 기체는 1 mol 증가한다.

반응 질량비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이다.

07 [22024-0057] 다음은 A(s)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 용기에 A(s)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후에 대한 자료이다. 분자량비는 B : C = 1 : 2이다.

실험	반응 전		반응 후
	A(s)의 질량(g)	B(g)의 질량(g)	전체 기체의 질량(g)
I	2w	w	x
II	w	y	1.5x

$\frac{y}{x}$ 는?

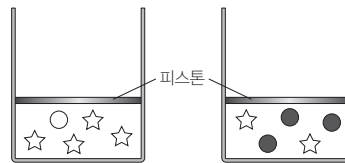
- ①  $\frac{1}{2}$       ②  $\frac{3}{4}$       ③ 1      ④  $\frac{3}{2}$       ⑤ 2

반응 전과 후에 공통으로 들어 있는 ☆이 생성물 C(g)에 해당한다.

08 [22024-0058] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 A(g) x g과 B(g) y g을 실린더에 넣고 반응을 완결시킨 것과 A(g) x g과 B(g) 3y g을 실린더에 넣고 반응을 완결시킨 것을 모형으로 순서 없이 나타낸 것이다.

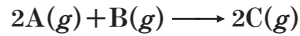


다음 중 A(g) 1.5x g과 B(g) 2y g을 실린더에 넣고 반응을 완결시킨 것을 모형으로 나타낸 것으로 가장 적절한 것은? (단, 온도와 압력은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- ①      ②      ③
- ④      ⑤

09 [22024-0059]

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 실린더에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후에 대한 자료이다. 분자량비는 A : C = 4 : 5이다.

실험	반응 전		반응 후
	A(g)의 질량(g)	B(g)의 질량(g)	실린더 속 전체 기체의 밀도(g/L)
I	2w	3w	d
II	4w	w	x

x는? (단, 온도와 압력은 일정하다.)

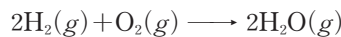
- ①  $\frac{4}{7}d$       ②  $\frac{3}{4}d$       ③  $\frac{4}{3}d$       ④  $\frac{7}{4}d$       ⑤  $\frac{7}{3}d$

A와 B의 분자량비는 2 : 10이므로 I에서 반응 전 A와 B의 몰비는 1 : 3이다.

10 [22024-0060]

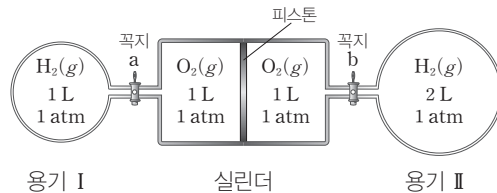
다음은 H<sub>2</sub>(g)와 O<sub>2</sub>(g)가 반응하여 H<sub>2</sub>O(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식과 이와 관련된 실험 과정이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) t°C에서 그림과 같이 용기 I, II, 실린더에 H<sub>2</sub>(g)와 O<sub>2</sub>(g)를 넣는다.



(나) 꼭지 a를 열고 반응을 완결시킨다.

(다) 꼭지 b를 열고 반응을 완결시킨다.

(다) 과정 후 충분한 시간이 지난 후 용기 II에서의 H<sub>2</sub>O의 양(mol)은? (단, 온도는 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.)

- ①  $\frac{1}{3}$       ② 1      ③  $\frac{3}{2}$       ④ 2      ⑤ 3

t°C, 1 atm에서 기체 1 L의 양을 n mol이라고 하면 (나)에서 반응 후에 H<sub>2</sub>O(g) n mol이 생성되고, O<sub>2</sub>(g) 0.5n mol이 남는다.

I 과 II 모두에서 반응 후 용기 속 기체의 몰비가 1 : 1이 되기 위해서는 모두 반응하는 기체의 종류가 같을 수 없다.

$2A(g) + B(g) \longrightarrow cC(g)$ 의 반응에서 일정량의  $A(g)$ 가 들어 있는 실린더에 넣어 준  $B(g)$ 가 모두 반응했을 때, 반응 후 전체 기체의 밀도가 넣어 준  $B(g)$ 의 질량 증가량과 비례하여 증가하면  $c=2$ 이다.

11 [22024-0061] 다음은  $A(g)$ 와  $B(g)$ 가 반응하여  $C(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 용기에  $A(g)$ 와  $B(g)$ 를 넣고 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후에 대한 자료이다.

실험	용기 속 기체의 몰비	
	반응 전(A : B)	반응 후(반응물 : 생성물)
I	1 : 1	1 : 1
II	5 : 1	1 : 1

$\frac{a+b}{c}$ 는?

- ① 1                      ② 1.5                      ③ 2                      ④ 3                      ⑤ 4

12 [22024-0062] 다음은  $A(g)$ 와  $B(g)$ 가 반응하여  $C(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는  $A(g)$   $x$  g이 들어 있는 실린더에  $B(g)$ 의 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시켰을 때, 넣어 준  $B$ 의 질량에 따른 반응 후 실린더 속 전체 기체의 밀도에 대한 자료이다. 분자량비는  $A : C = 7 : 11$ 이다.

넣어 준 $B(g)$ 의 질량(g)	1	2.5	4	$y$
전체 기체의 밀도(상댓값)	8	9.5	11	9.5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

보기

- ㄱ.  $c=2$ 이다.  
 ㄴ.  $x=7$ 이다.  
 ㄷ.  $y=12$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

# II

## 원자의 세계

### 수능 \_ EBS 교재 연계 사례

#### 2022학년도 대학수학능력시험 11번

11. 표는 2주기 바닥상태 원자 X~Z의 전자 배치에 대한 자료이다.

원자	X	Y	Z
전자가 2개 들어 있는 오비탈 수	$a$	$a+1$	$a+2$
$p$ 오비탈에 들어 있는 홀전자 수	$a$	$a$	$b$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

<보기>	
ㄱ.	$a + b = 3$ 이다.
ㄴ.	X의 원자가 전자 수는 2이다.
ㄷ.	전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y와 Z가 같다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### 2022학년도 EBS 수능특강 87쪽 11번

11 [21024-0103]  
다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다.

- 2주기 원소는 1가지이다.
- 원자 번호는  $18 > X > Y > Z$ 이다.
- X~Z에서 전자가 들어 있는 모든 오비탈 수는 16이다.
- 홀전자 수

원자	X	Y	Z
홀전자 수	1	0	$a$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- | <보기> |                           |
|------|---------------------------|
| ㄱ.   | Y는 2주기 원소이다.              |
| ㄴ.   | 원자가 전자 수는 $X > Y > Z$ 이다. |
| ㄷ.   | $a = 1$ 이다.               |

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### 연계 분석

수능 11번 문항은 수능특강 87쪽 11번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 2주기 또는 3주기 원소의 전자 배치에서 홀전자 수, 전자가 들어 있는 오비탈 수, 원자가 전자 수 등의 값들을 찾아낼 수 있는지 묻고 있다. 특히, 전자 배치에 대한 몇 가지 정보를 종합하여 임의의 원소 X~Z를 특정하고, 원자가 전자 수 등 원자에 대한 내용을 묻는 문항으로 유사성이 높은 문항이다.

#### 학습 대책

전자 배치를 학습할 때 바닥상태 전자 배치를 직접 그려보는 것이 가장 중요하며, 쌓음 원리, 훈트 규칙에 어긋나는 들뜬상태의 전자 배치도 그려보는 것이 좋다. 특히, 전자가 들어 있는 오비탈 수, 홀전자가 들어 있는 오비탈 수,  $p$  오비탈에 들어 있는 홀전자 수 등 비슷해 보이지만 전혀 다른 의미를 가지는 표현들이 많으므로 출제 빈도가 높은 2, 3주기 원자들의 전자 배치를 그려 놓고 해당하는 값들을 정리해보는 노력이 필요하다.

## 수능 \_ EBS 교재 연계 사례

### 2022학년도 9월 모의평가 16번

16. 다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.

- 홀전자 수는  $W > Y > X$ 이다.
- 원자 반지름은  $Y > X > Z$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.)

<보기>

- ㄱ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $X > Y$ 이다.
- ㄴ. 이온 반지름은  $X > W$ 이다.
- ㄷ. 제2 이온화 에너지는  $Y > W > Z$ 이다.  
제1 이온화 에너지

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 2022학년도 EBS 수능특강 103쪽 7번

07 [21024-0123]  
다음은 원자 X~Z에 대한 자료이다.

- X~Z는 각각 N, O, F 중 하나이다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $X > Y$ 이다.
- Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은  $Z > X$ 이다.
- 제1 이온화 에너지는  $Z > Y$ 이다.

X~Z로 옳은 것은?

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | X | Y | Z |
| ① | N | O | F |
| ② | O | N | F |
| ③ | O | F | N |
| ④ | F | O | N |
| ⑤ | F | N | O |

### 연계 분석

9월 모의평가 16번 문항은 수능특강 103쪽 7번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 2주기 또는 3주기 원소의 여러 가지 주기적 성질을 비교하여 임의의 원소를 특징하는 문항으로, 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하, 원자 반지름, 이온 반지름, 제1 이온화 에너지 등에 대해 이해하고 있어야 해결할 수 있다. 다만, 모의평가에서는 2, 3주기 원소를 동시에 출제하여 다른 주기 원소 사이의 관계에 대해서도 파악하고 있어야 하므로 2주기 원소의 주기적 성질만 묻는 수능특강에서보다 다소 난이도가 높았지만 전반적으로 두 문항은 유사도가 높다.

### 학습 대책

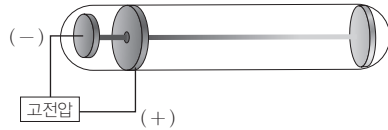
2, 3주기 원소의 주기적 성질을 비교하여 묻는 문항은 출제 빈도가 매우 높으며 제1 이온화 에너지, 제2 이온화 에너지, 원자 반지름, 이온 반지름, 유효 핵전하 등이 같은 주기에서 어떻게 변하는지, 또는 2주기 원소와 3주기 원소에서 주기가 달라짐에 따라 값이 어떻게 바뀌는지 등의 특징에 대해 그래프의 이미지로 기억하는 것이 유리하다. 특히, 경우의 수를 고려해야 하는 상황이 많으므로 주어진 조건에 맞는 원소를 빠르게 찾는 연습이 필요하고, 내용이 한정적 이므로 많은 수의 문항으로 반복 연습하면 어렵지 않게 해결할 수 있는 경우가 많다.



## 1 원자의 구성 입자

### (1) 전자의 발견

① 음극선 : 진공관 안에 전극을 연결하여 높은 전압을 걸어 주면 (-)극에서 (+)극으로 빛의 흐름이 나타나는데, 이를 음극선이라고 한다.



② 음극선 실험 : 1897년 톰슨은 음극선에 대한 몇 가지 실험 결과를 통해 음극선이 질량을 가지며 (-)전하를 띤 입자의 흐름임을 알아내었다. (-)극으로 사용한 금속의 종류와 방전관에 들어 있는 기체의 종류에 관계없이 음극선이 같은 특성을 보이므로 음극선의 구성 입자가 모든 물질의 공통적인 입자라고 생각하였고, 이를 전자라고 하였다.

### 개념 체크

● 톰슨은 음극선이 전자의 흐름이라는 것을 발견하였다.

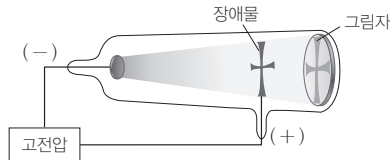
1. 음극선의 진로에 장애물을 설치하면 그림자가 생기는 것은 음극선이 ( )하기 때문이다.

2. 전기장에서 음극선의 진로가 (+)극 쪽으로 휘는 것은 음극선이 ( )를 띠기 때문이다.

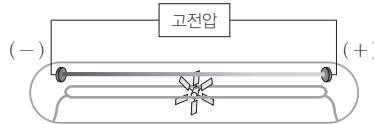
### 탐구자료 살펴보기 음극선의 성질

#### 탐구 자료 및 자료 해석

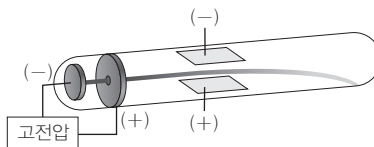
(가) 음극선의 진로에 장애물을 설치하면 그림자가 생긴다.  
→ 음극선이 직진함을 알 수 있다.



(나) 음극선의 진로에 바람개비를 설치하면 바람개비가 회전한다.  
→ 음극선이 질량을 가진 입자의 흐름임을 알 수 있다.



(다) 전기장에서 음극선의 진로가 (+)극 쪽으로 휘다.  
→ 음극선이 (-)전하를 띤다는 것을 알 수 있다.



#### 분석 point

음극선은 질량을 가지며 (-)전하를 띤 입자의 흐름이다.

#### 정답

1. 직진
2. (-)전하

개념 체크

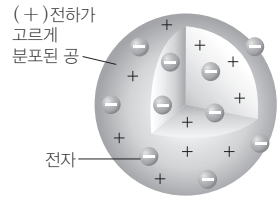
●  $\alpha$  입자 산란 실험에서 대부분의  $\alpha$  입자는 금박을 그대로 통과 하여 직진한다.

●  $\alpha$  입자를 금박에 충돌시켰을 때 극히 일부의  $\alpha$  입자가 크게 휘어 지거나 튕겨 나오는 이유는 원자 중심에 (+)전하를 띤, 크기가 매우 작고 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 있기 때문이다.

1. 톰슨은 (+)전하가 고르게 분포된 공 속에 (-)전하를 띤 ( )가 박혀 있는 원자 모형을 제안하였다.

2. 러더퍼드는  $\alpha$  입자 산란 실험을 통해 ( )을 발견하였다.

③ 톰슨의 원자 모형 : 톰슨은 음극선 실험을 통해 원자가 (-)전하를 띤 입자인 전자를 포함하고 있음을 확인하였고, (+)전하가 고르게 분포된 공 속에 (-)전하를 띤 전자가 박혀 있는 원자 모형을 제안하였다.



톰슨의 원자 모형

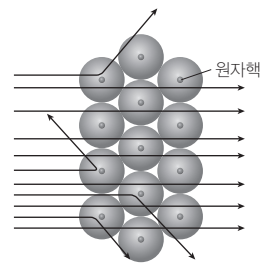
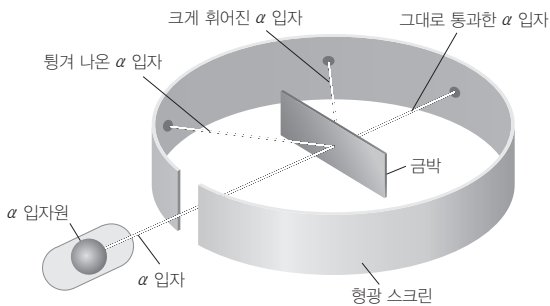
(2) 원자핵의 발견

①  $\alpha$  입자 산란 실험 : 1911년 러더퍼드는 금박에 (+)전하를 띤  $\alpha$  입자를 충돌시키는 실험을 한 결과, 대부분의  $\alpha$  입자는 금박을 그대로 통과하지만 극히 일부의  $\alpha$  입자가 크게 휘어지거나 튕겨 나오는 현상을 관찰하게 되었다. 이를 바탕으로 원자의 대부분이 빈 공간이며 원자의 중심에 원자 질량의 대부분을 차지하면서 크기가 매우 작고 (+)전하를 띤 입자가 있음을 발견하였고, 이를 원자핵이라고 하였다.

과학 돋보기  $\alpha$  입자 산란 실험과 원자핵의 발견

실험 과정

금박 주위에 원형 형광 스크린을 장치하고  $\alpha$  입자를 금박에 충돌시킨다.



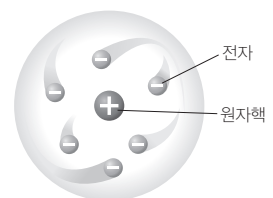
실험 결과

1. 대부분의  $\alpha$  입자는 금박을 그대로 통과하여 직진한다.
2. 극히 일부의  $\alpha$  입자는 경로가 크게 휘어지거나 튕겨 나온다.

분석 point

1. 대부분의  $\alpha$  입자가 금박을 그대로 통과하므로 금박을 구성하고 있는 원자의 대부분은 빈 공간이다.
2. 극히 일부의  $\alpha$  입자가 금박에서 크게 휘어지거나 튕겨 나오므로  $\alpha$  입자를 크게 휘어지게 하거나 튕겨 내는 입자는 크기가 매우 작고, (+)전하를 띤, 원자 질량의 대부분을 차지한다.
3. 러더퍼드는 이 결과를 해석하여 원자의 중심에 원자 질량의 대부분을 차지하면서 (+)전하를 띤 입자가 모여 있을 것으로 생각하고, 이를 원자핵이라고 하였다.

② 러더퍼드의 원자 모형 : 원자핵을 발견한 러더퍼드는 (+)전하를 띤 매우 작은 크기의 원자핵이 원자의 중심에 있고, (-)전하를 띤 전자가 원자핵 주위를 돌고 있는 원자 모형을 제안하였다.



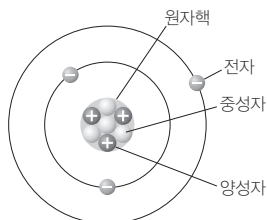
러더퍼드의 원자 모형

정답

1. 전자
2. 원자핵

### (3) 원자를 구성하는 입자의 성질

구성 입자	질량(g)	상대적 질량	전하량(C)	상대적 전하	
원자핵	양성자(p)	$1.673 \times 10^{-24}$	1	$+1.6 \times 10^{-19}$	+1
	중성자(n)	$1.675 \times 10^{-24}$	1	0	0
전자( $e^-$ )	$9.109 \times 10^{-28}$	$\frac{1}{1836}$	$-1.6 \times 10^{-19}$	-1	



- ① 양성자(p) : 중성자와 함께 원자핵을 구성하는 입자로, 원소에 따라 그 수가 다르다. 같은 원소의 원자는 양성자수가 같으며, 원자를 구성하는 양성자수가 그 원소의 원자 번호이다.
- ② 중성자(n) : 양성자와 질량이 거의 같으며 전하를 띠지 않는 입자로 양성자와 함께 원자핵을 구성한다. 같은 원소의 원자라도 중성자수는 다를 수 있다.
- ③ 전자( $e^-$ ) : 양성자와 전하량의 크기는 같고 부호는 반대인 (-)전하를 띠는 입자로, 질량은 양성자 질량의  $\frac{1}{1836}$ 배 정도이다. 원자는 전자 수와 양성자수가 같아 전기적으로 중성이다.

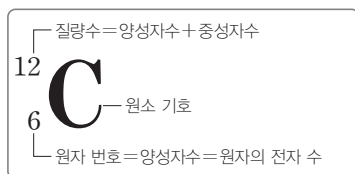
### (4) 원자의 표시

- ① 원자 번호 : 원자의 종류는 원자핵 속 양성자수에 따라 달라지므로 원자 번호는 양성자수로 정하며, 원소 기호의 왼쪽 아래에 표시한다. 전기적으로 중성인 원자는 양성자수와 전자 수가 같다.

$$\text{원자 번호} = \text{양성자수} = \text{원자의 전자 수}$$

- ② 질량수 : 원자핵을 구성하는 양성자수와 중성자수를 합한 수를 질량수라 하고 동위 원소를 구별하기 위해 사용한다. 질량수는 원소 기호의 왼쪽 위에 표시한다.

$$\text{질량수} = \text{양성자수} + \text{중성자수}$$



## 2 동위 원소

### (1) 동위 원소

양성자수가 같아 원자 번호는 같으나 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소로, 질량수가 클수록 더 무겁다. 동위 원소는 화학적 성질은 거의 같으나, 질량이 다르므로 물리적 성질은 다르다.

### 개념 체크

- 양성자와 중성자는 원자핵을 구성한다.
- 전자의 질량은 양성자와 중성자의 질량에 비해 매우 작다.
- 원자 번호 = 양성자수 = 원자의 전자 수
- 질량수 = 양성자수 + 중성자수

1. ( )는 양성자와 질량이 거의 같으며 전하를 띠지 않는 입자이다.
2. 양성자와 ( )는 전하량의 크기는 같고, 부호는 반대이다.
3.  ${}^A_Z$  원자에서 중성자수는 ( )이다. (단, Z는 임의의 원소 기호이다.)

### 정답

1. 중성자
2. 전자
3.  $b - a$

개념 체크


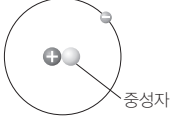
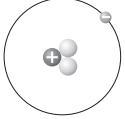
• 동위 원소는 양성자수가 같아 원자 번호는 같으나 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소이다.

• 동위 원소는 화학적 성질은 거의 같으나 물리적 성질은 다르다.

1.  ${}^3\text{H}$  원자는 양성자수가 ( ), 중성자수가 ( ), 전자 수가 ( )이다.

2. 동위 원소는 ( )가 같고, ( )가 다르다.

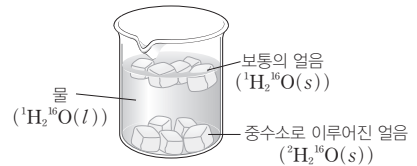
예 수소(H)의 동위 원소

동위 원소	수소( ${}^1\text{H}$ )	중수소( ${}^2\text{H}$ )	삼중수소( ${}^3\text{H}$ )
양성자수	1	1	1
중성자수	0	1	2
전자 수	1	1	1
질량수	1	2	3
원자 모형			

과학 돋보기 수소와 산소의 동위 원소로 이루어진 다양한 물 분자

수소의 동위 원소가  ${}^1\text{H}$ ,  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^3\text{H}$ 의 3가지, 산소의 동위 원소가  ${}^{16}\text{O}$ ,  ${}^{17}\text{O}$ ,  ${}^{18}\text{O}$ 의 3가지로 존재할 경우, 이로부터 생성되는 물( $\text{H}_2\text{O}$ ) 분자의 종류는 모두 18가지이다. 또한 물 분자에서 원자들의 질량수의 합은 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24로 모두 7가지이다. 질량수의 합이 18인 보통의 얼음( ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}(s)$ )은 물( ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}(l)$ )에 따지만 질량수의 합이 20인 중수소( ${}^2\text{H}$ )로 이루어진 얼음( ${}^2\text{H}_2{}^{16}\text{O}(s)$ )은 물( ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}(l)$ )보다 밀도가 커서 가라앉는다.

$\text{H}_2\text{O}$	${}^{16}\text{O}$	${}^{17}\text{O}$	${}^{18}\text{O}$
${}^1\text{H}, {}^1\text{H}$	18	19	20
${}^1\text{H}, {}^2\text{H}$	19	20	21
${}^1\text{H}, {}^3\text{H}$	20	21	22
${}^2\text{H}, {}^2\text{H}$	20	21	22
${}^2\text{H}, {}^3\text{H}$	21	22	23
${}^3\text{H}, {}^3\text{H}$	22	23	24



과학 돋보기 원자의 표시

원자 번호는 원소마다 고유하므로 원자 번호는 생략하고 원소 기호에 질량수만 써서 원자를 표시하기도 하는데, 예를 들어 탄소의 동위 원소 중  ${}^{12}\text{C}$ 는  ${}^{12}\text{C}$ 로,  ${}^{13}\text{C}$ 는  ${}^{13}\text{C}$ 로 나타낼 수 있다. 원자를 표시하는 또 다른 방법에는  ${}^{12}\text{C}$ 를 탄소-12로 나타내는 것과 같이 '원소 이름-질량수'로 표시하는 방법도 있다.

(2) 평균 원자량

- ① 평균 원자량 : 자연계에 존재하는 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 원자량이다.
- ② 평균 원자량을 구하는 방법 : 자연계에 존재하는 모든 동위 원소의 (동위 원소의 원자량 × 동위 원소의 존재 비율)의 합으로 계산한다.

예 탄소(C)의 평균 원자량 구하기 : 원자량이 12인  ${}^{12}\text{C}$ 의 자연 존재 비율은 98.93%이고, 원자량이 13.003인  ${}^{13}\text{C}$ 의 자연 존재 비율은 1.07%이다.

$$\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} {}^{12}\text{C}의 & {}^{12}\text{C}의 & {}^{13}\text{C}의 & {}^{13}\text{C}의 \\ 원자량 & 자연 존재 비율 & 원자량 & 자연 존재 비율 \end{array} \\ \downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\ \boxed{\text{탄소의}} & = & \boxed{12} & \times & \boxed{\frac{98.93}{100}} & + & \boxed{13.003} & \times & \boxed{\frac{1.07}{100}} & = & \boxed{12.011} \\ \text{평균 원자량} & & & & & & & & & & \end{array}$$

정답

1. 1, 2, 1

2. 양성자수, 중성자수

## 탐구자료 살펴보기 봉소의 평균 원자량 구하기

### 탐구 자료

표는 자연계에 존재하는 붕소(B)의 원자량과 존재 비율을 나타낸 것이다.

동위 원소	원자량	존재 비율(%)
$^{10}\text{B}$	10.0	19.9
$^{11}\text{B}$	11.0	80.1

### 자료 해석

- $^{10}\text{B}$ 의 존재 비율인 19.9%와  $^{11}\text{B}$ 의 존재 비율인 80.1%의 합이 100%이므로 자연계에 존재하는 B의 동위 원소는  $^{10}\text{B}$ 와  $^{11}\text{B}$  2가지이다.
- B의 평균 원자량은 다음과 같이 구할 수 있다.  
B의 평균 원자량 = ( $^{10}\text{B}$ 의 원자량) × ( $^{10}\text{B}$ 의 존재 비율) + ( $^{11}\text{B}$ 의 원자량) × ( $^{11}\text{B}$ 의 존재 비율)  
$$= 10.0 \times \frac{19.9}{100} + 11.0 \times \frac{80.1}{100} \approx 10.8$$
- B의 평균 원자량은 존재 비율이 작은  $^{10}\text{B}$ 의 원자량인 10.0보다 존재 비율이 큰  $^{11}\text{B}$ 의 원자량인 11.0에 더 가까운 값이다.

### 분석 point

자연계에 존재하는 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 이용하여 평균 원자량을 구할 수 있다.

## 개념 체크

### ● 평균 원자량

자연계에 존재하는 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 원자량이다.

- ( )은 자연계에 존재하는 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 원자량이다.
- 자연계에 존재하는 염소(Cl)는  $^{35}\text{Cl}$ ,  $^{37}\text{Cl}$  2가지이며, 각각의 원자량은 35.0, 37.0이다. Cl의 평균 원자량이 35.5인 것으로 보아 자연계 존재 비율은 ( )가 ( )보다 크다.

## 기출문제 다시보기 동위 원소

2022학년도 대학수학능력시험

다음은 용기 (가)와 (나)에 각각 들어 있는  $\text{O}_2$ 와  $\text{H}_2\text{O}$ 에 대한 자료이다.

$^{16}\text{O}^{18}\text{O} \ x \text{ mol}$	$^1\text{H}^1\text{H}^{18}\text{O} \ 0.2 \text{ mol}$ $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O} \ y \text{ mol}$
(가)	(나)

○ (가)와 (나)에 들어 있는 양성자의 양은 각각 9.6 mol, z mol이다.  
○ (가)와 (나)에 들어 있는 중성자의 양의 합은 20 mol이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, O의 원자 번호는 각각 1, 8이고,  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ 의 원자량은 각각 1, 2, 16, 18이다.) [3점]

보기

ㄱ. z=10이다.

ㄴ. (나)에 들어 있는  $\frac{^1\text{H} \text{ 원자 수}}{^2\text{H} \text{ 원자 수}} = \frac{3}{2}$ 이다.

ㄷ.  $\frac{\text{(나)에 들어 있는 H}_2\text{O의 질량}}{\text{(가)에 들어 있는 O}_2\text{의 질량}} = \frac{16}{17}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. (가)에 들어 있는 양성자의 양이 9.6 mol이므로  $16 \times x = 9.6$ 에서  $x = 0.6$ 이다. (가)에 들어 있는 중성자의 양은  $18 \times 0.6 = 10.8$  mol이고, (나)에 들어 있는 중성자의 양(mol)은  $(10 \times 0.2) + (9 \times y) = 9.2$ 에서  $y = 0.8$ 이다. (나)에 들어 있는 양성자의 양(mol)은  $2 + 10y = z$ 에서  $z = 10$ 이다. ㄴ. (나)에 들어 있는  $\frac{^1\text{H} \text{ 원자 수}}{^2\text{H} \text{ 원자 수}} = \frac{0.4 + 0.8}{0.8} = \frac{3}{2}$ 이다. ㄷ.  $\frac{\text{(나)에 들어 있는 H}_2\text{O의 질량}}{\text{(가)에 들어 있는 O}_2\text{의 질량}} = \frac{(20 \times 0.2) + (19 \times 0.8)}{34 \times 0.6} = \frac{16}{17}$ 이다. **답** ⑤

정답

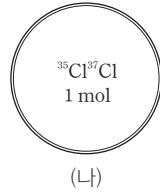
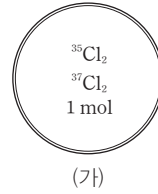
- 평균 원자량
- $^{35}\text{Cl}$ ,  $^{37}\text{Cl}$

기출문제 다시보기 원자의 구성 입자

2022학년도 6월 모의평가

다음은 용기 (가)와 (나)에 각각 들어 있는 Cl<sub>2</sub>에 대한 자료이다.

- (가)에는 <sup>35</sup>Cl<sub>2</sub>와 <sup>37</sup>Cl<sub>2</sub>의 혼합 기체가, (나)에는 <sup>35</sup>Cl<sup>37</sup>Cl 기체가 들어 있다.
- (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 총 양은 각각 1 mol이다.
- <sup>35</sup>Cl 원자의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서의  $\frac{3}{2}$ 배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

- ㄱ. (가)에서  $\frac{{}^{35}\text{Cl}_2 \text{ 분자 수}}{{}^{37}\text{Cl}_2 \text{ 분자 수}} = 4$ 이다.
- ㄴ. <sup>37</sup>Cl 원자 수는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
- ㄷ. 중성자의 양은 (나)에서가 (가)에서보다 2 mol만큼 많다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄴ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. <sup>35</sup>Cl 원자의 양(mol)이 (가)에서가 (나)에서의  $\frac{3}{2}$ 배이므로 (가)에 들어 있는 <sup>35</sup>Cl<sub>2</sub>의 양은  $\frac{3}{4}$  mol, <sup>37</sup>Cl<sub>2</sub>의 양은  $\frac{1}{4}$  mol이므로  $\frac{{}^{35}\text{Cl}_2 \text{ 분자 수}}{{}^{37}\text{Cl}_2 \text{ 분자 수}} = 3$ 이다. ㄴ. (가)에서 <sup>37</sup>Cl<sub>2</sub>의 양이  $\frac{1}{4}$  mol이므로 <sup>37</sup>Cl 원자의 양은  $\frac{1}{2}$  mol이다. (나)에서 <sup>37</sup>Cl 원자의 양은 1 mol이므로 <sup>37</sup>Cl 원자 수는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. ㄷ. <sup>35</sup>Cl 원자의 양은 (가)에서가 (나)에서보다 0.5 mol만큼 많고, <sup>37</sup>Cl 원자의 양은 (나)에서가 (가)에서보다 0.5 mol만큼 많다. 따라서 중성자의 양은 (나)에서가 (가)에서보다 1 mol만큼 많다. 답 ②

기출문제 다시보기 원자의 구성 입자

2022학년도 9월 모의평가

다음은 용기 속에 들어 있는 X<sub>2</sub>Y에 대한 자료이다.

- 용기 속 X<sub>2</sub>Y를 구성하는 원자 X와 Y에 대한 자료
- 용기 속에는 <sup>a</sup>X<sup>a</sup><sup>c</sup>Y, <sup>a</sup>X<sup>b</sup><sup>c</sup>Y, <sup>b</sup>X<sup>b</sup><sup>c</sup>Y만 들어 있다.
- 용기 속에 들어 있는 <sup>a</sup>X 원자 수 =  $\frac{2}{3}$ 이다.  
용기 속에 들어 있는 <sup>b</sup>X 원자 수 =  $\frac{2}{3}$ 이다.

원자	<sup>a</sup> X	<sup>b</sup> X	<sup>c</sup> Y
양성자 수	<i>n</i>		<i>n</i> + 1
중성자 수	<i>n</i> + 1	<i>n</i>	<i>n</i> + 3
중성자 수 / 전자 수 (상댓값)		4	5

용기 속  $\frac{\text{전체 중성자 수}}{\text{전체 양성자 수}}$ 는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

- ①  $\frac{58}{55}$                       ②  $\frac{12}{11}$                       ③  $\frac{62}{55}$                       ④  $\frac{64}{55}$                       ⑤  $\frac{6}{5}$

**해설** 중성자 수 / 전자 수 = <sup>b</sup>X : <sup>c</sup>Y = 1 :  $\frac{n+3}{n+1} = 4 : 5$ 이므로 *n* = 7이다. 원자 수비는 <sup>a</sup>X : <sup>b</sup>X = 2 : 3이므로 분자 수비는 <sup>a</sup>X<sup>a</sup><sup>c</sup>Y : <sup>a</sup>X<sup>b</sup><sup>c</sup>Y : <sup>b</sup>X<sup>b</sup><sup>c</sup>Y =  $\frac{2}{5} \times \frac{2}{5} : 2 \times \frac{2}{5} \times \frac{3}{5} : \frac{3}{5} \times \frac{3}{5} = 4 : 12 : 9$ 이다. 용기 속에 들어 있는 전체 분자 수를 25*N*이라고 할 때, <sup>a</sup>X<sup>a</sup><sup>c</sup>Y, <sup>a</sup>X<sup>b</sup><sup>c</sup>Y, <sup>b</sup>X<sup>b</sup><sup>c</sup>Y의 양성자 수는 모두 22로 같고, <sup>a</sup>X<sup>a</sup><sup>c</sup>Y, <sup>a</sup>X<sup>b</sup><sup>c</sup>Y, <sup>b</sup>X<sup>b</sup><sup>c</sup>Y의 중성자 수는 각각 26, 25, 24이므로 용기 속 전체 양성자 수는 22 × 25*N*, 전체 중성자 수는 26 × 4*N* + 25 × 12*N* + 24 × 9*N* = 620*N*이므로  $\frac{\text{전체 중성자 수}}{\text{전체 양성자 수}} = \frac{620N}{22 \times 25N} = \frac{62}{55}$ 이다. 답 ③

01 [22024-0063] 표는 원자 X~Z에 대한 자료이다.

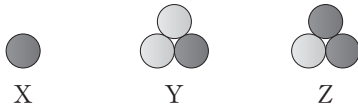
원자	양성자수	중성자수	전자 수	질량수
X	$a$	$b$	2	4
Y	$3a$	$3b$		
Z	$3a$	$4b$		$c$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ.  $a=b$ 이다.
  - ㄴ. Y와 Z는 동위 원소이다.
  - ㄷ.  $c=14$ 이다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22024-0064] 그림은 각각 원자 X~Z의 원자핵을 모형으로 나타낸 것이다.  
●, ○은 각각 양성자, 중성자 중 하나이다.

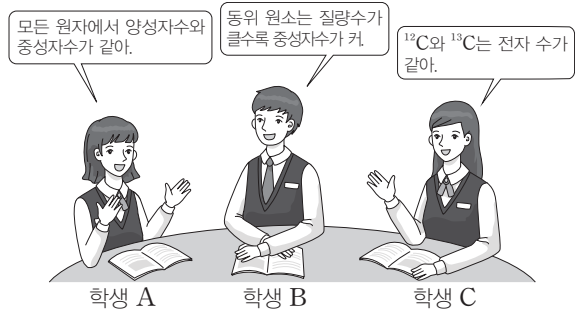


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. ○은 양성자이다.
  - ㄴ. 원자 번호는  $Y > X$ 이다.
  - ㄷ. Y와 Z는 질량수가 같다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22024-0065] 다음은 원자의 구성 입자에 대한 학생들의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① B
- ② C
- ③ A, B
- ④ B, C
- ⑤ A, B, C

04 [22024-0066] 표는 3가지 원자에 대한 자료이다.

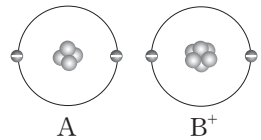
원자	${}^x\text{C}$	${}^y\text{Cl}$	${}^z\text{Cl}$
원자량	12	34.969	36.966

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ.  $x=12$ 이다.
  - ㄴ. 중성자수는  ${}^z\text{Cl} > {}^y\text{Cl}$ 이다.
  - ㄷ. 원자 1개의 질량은  ${}^y\text{Cl}$ 가  ${}^x\text{C}$ 의 34.969배이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

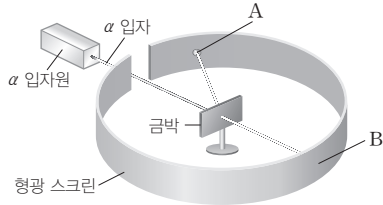
05 [22024-0067] 그림은 A와 B<sup>+</sup>을 모형으로 나타낸 것이다. 양성자와 중성자는 모두 표시하였으나 구분하지 않았다.  
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)



- 보기
- ㄱ. 질량수는  $B > A$ 이다.
  - ㄴ. A와 B는 같은 주기 원소이다.
  - ㄷ.  $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 는  $A > B$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22024-0068] 그림은  $\alpha$  입자 산란 실험을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 검출된  $\alpha$  입자 수는 B 지점이 A 지점보다 크다.
  - ㄴ. 이 실험으로 발견한 입자는 (+)전하를 띠고 있다.
  - ㄷ. 이 실험으로 발견한 입자는 원자 질량의 대부분을 차지한다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22024-0069] 표는 자연계에 존재하는 구리(Cu)의 원자량과 존재 비율을 나타낸 것이다.

원자	$^{63}\text{Cu}$	$^{65}\text{Cu}$
원자량	$x$	$y$
존재 비율(%)	69	31

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

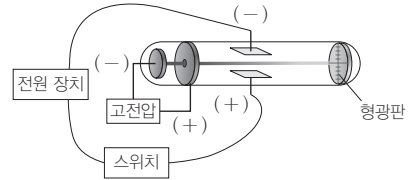
- 보기
- ㄱ. 중성자수는  $^{65}\text{Cu} > ^{63}\text{Cu}$ 이다.
  - ㄴ.  $y > x$ 이다.
  - ㄷ. Cu의 평균 원자량은  $\frac{x+y}{2}$ 보다 작다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0070] 다음은 음극선의 특징을 알아보기 위한 실험이다. ㉠과 ㉡은 각각 (나)와 (다)의 결과 중 하나이고, ㉢에는 형광을 나타내지 않았다.

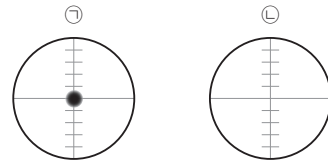
[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 음극선의 경로에 전극을 설치한다.
- (나) 전극의 스위치를 열고 형광관을 관찰한다.
- (다) 전극의 스위치를 닫고 형광관을 관찰한다.



[실험 결과]

○ 음극선이 형광관에 도달하는 위치에 형광(●)이 나타났다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 (나)의 결과이다.
  - ㄴ. ㉡에는 형광관의 중심보다 아래쪽에 형광이 나타난다.
  - ㄷ. 이 실험을 통해 음극선은 (-)전하를 띤다는 사실을 알 수 있다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



01 [22024-0071] 다음은 자연계에 존재하는 탄소(C), 산소(O)와 일산화 탄소(CO)에 대한 자료이다.

○ 자연계에 존재하는 C와 O 동위 원소의 원자량과 존재 비율

동위 원소	<sup>12</sup> C	<sup>13</sup> C	<sup>16</sup> O	<sup>17</sup> O	<sup>18</sup> O
원자량	12	13	16	17	18
존재 비율(%)	98.93	1.07	99.78	0.02	0.20

○ 자연계에 존재하는 CO 분자 중 존재 비율이 가장 큰 것은 (가)이고, 분자량이 가장 큰 것은 (나)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, C와 O의 원자 번호는 각각 6, 8이다.)

보기

ㄱ. (가)는 <sup>12</sup>C<sup>16</sup>O이다.

ㄴ.  $\frac{\text{(나)의 중성자수}}{\text{(가)의 중성자수}} < 1$ 이다.

ㄷ. O의 평균 원자량은 17보다 16에 가깝다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

자연계에 가장 많이 존재하는 분자는 존재 비율이 가장 큰 원소들의 결합으로 만들어진 분자이다.

02 [22024-0072] 다음은 서로 다른 질량수를 가진 원자 X~Z에 대한 자료이다.

- X, Z의 질량수는 각각 4 이하이고, Y의 질량수는 3 이하이다.
- Y는 중성자수가 양성자수보다 크다.
- X의 질량수는 Y의 원자 번호와 같다.
- Y와 Z는 중성자수가 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. X와 Y는 동위 원소이다.

ㄴ. 질량수는 Z가 X의 4배이다.

ㄷ.  $\frac{\text{X의 질량수} + \text{Z의 질량수}}{2} > \text{Y의 질량수}$ 이다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Y로 가능한 원자는 <sup>3</sup>H이다.

질량수는 양성자수와 중성자수의 합이다.

03 [22024-0073] 표는 원자 X, Y와 탄소(C)에 대한 자료이다. ㉠~㉣은 각각 질량수, 중성자수, 전자 수 중 하나이다.

원자	㉠	㉡	㉣
X	$2a$	$a$	
Y	$\frac{a}{2}$	2	1
C			$a+2$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, C의 원자 번호는 6이다.)

㉠ 보기 ㉡

㉢ 가. ㉠은 질량수이다.  
 ㉣ 나. X는 C의 동위 원소이다.  
 ㉤ 다. Y는 2주기 원소이다.

- ① 나                      ② 다                      ③ 가, 나                      ④ 가, 다                      ⑤ 가, 나, 다

양성자와 전자는 전하량의 크기가 같고 부호가 반대이다.

04 [22024-0074] 표는 양이온  $A^{m+}$ 과 원자  ${}^1\text{H}$ 에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 각각 양성자와 전자 중 하나이다.

이온 또는 원자	$A^{m+}$	${}^1\text{H}$
㉠의 총 전하량	$1.76 \times 10^{-18} \text{ C}$	$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
㉡의 총 전하량	$1.6 \times 10^{-18} \text{ C}$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A는 임의의 원소 기호이다.)

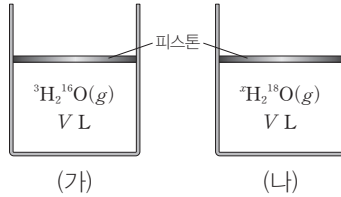
㉠ 보기 ㉡

㉢ 가. ㉠은 전자이다.  
 ㉣ 나.  $m=1$ 이다.  
 ㉤ 다. A는 3주기 원소이다.

- ① 가                      ② 나                      ③ 가, 다                      ④ 나, 다                      ⑤ 가, 나, 다

05 [22024-0075]

그림은  $t^{\circ}\text{C}$ 에서 실린더 (가)와 (나)에  ${}^3\text{H}_2{}^{16}\text{O}(\text{g})$ 와  ${}^x\text{H}_2{}^{18}\text{O}(\text{g})$ 가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 중성자수는 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, H와 O의 원자 번호는 각각 1, 8이고,  ${}^x\text{H}$ ,  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^{16}\text{O}$ ,  ${}^{18}\text{O}$ 의 원자량은 각각  $x$ , 3, 16, 18이다.)

보기

- ㄱ.  $x=1$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 중성자수 > 양성자수이다.
- ㄷ. 기체의 밀도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

온도와 압력이 일정할 때 같은 부피에는 같은 수의 분자가 들어 있다.

06 [22024-0076]

표는 3가지 원자 또는 이온에 대한 자료이다. ㉠~㉢은 각각 양성자수, 중성자수, 전자 수 중 하나이다.

원자 또는 이온	㉠	㉡	㉢
${}^{12}\text{C}$	$a$		$a$
${}^{a+c}\text{O}^{2-}$		$b$	$b$
${}^m\text{F}^-$	$c$	$c$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, C, O, F의 원자 번호는 각각 6, 8, 9이다.)

보기

- ㄱ. ㉢은 중성자수이다.
- ㄴ.  $m=19$ 이다.
- ㄷ.  $a+b+c=24$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

원자에서 양성자수와 전자 수는 같다.

$^{13}\text{C}$ 의 양성자수는 6, 중성자수는 7이다.

07 [22024-0077] 다음은 탄소( $^{13}\text{C}$ )와 2주기 원소  $^{15}\text{X}$ 에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 각각 양성자수와 중성자수 중 하나이다.

$$\frac{{}^{15}\text{X의 } \boxed{\text{㉠}}}{{}^{13}\text{C의 } \boxed{\text{㉡}}} = 1 \qquad \frac{{}^{15}\text{X의 } \boxed{\text{㉠}}}{{}^{13}\text{C의 } \boxed{\text{㉠}}} > 1$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이고, C의 원자 번호는 6이다.)

보기

ㄱ. ㉠은 중성자수이다.

ㄴ.  $^{15}\text{X}$ 와  $^{13}\text{C}$ 의 원자 번호 차이는 1이다.

ㄷ.  $\frac{{}^{15}\text{X의 } \boxed{\text{㉡}}}{{}^{13}\text{C의 } \boxed{\text{㉠}}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

원자에서 전자 수는 양성자수와 같고 질량수는 양성자수와 중성자수의 합과 같다.

08 [22024-0078] 표는 2, 3주기 원소의 이온 (가)~(다)에 대한 자료이다. 이온 (가)~(다)의 전자 수는 같다.

이온	중성자수 전자 수	질량수	이온의 전하 (상댓값)
(가)	$\frac{6}{5}$	24	㉠
(나)	$\frac{4}{5}$	16	-2
(다)	1	㉡	-1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 +2이다.

ㄴ. ㉡은 20이다.

ㄷ. (나)는 3주기 원소의 이온이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**09** [2024-0079] 다음은 산소(O)의 평균 원자량에 관한 원격 수업의 일부이다.

**선생님** 자연계에 존재하는 산소(O) 동위 원소의 원자량과 존재 비율은 다음과 같습니다. 산소(O)의 평균 원자량을 계산해 볼 친구 있나요?

동위 원소	<sup>16</sup> O	<sup>17</sup> O	<sup>18</sup> O
원자량	15.992	16.999	17.999
존재 비율(%)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>

**학생 1** 평균 원자량은 (동위 원소의 질량수 × 동위 원소 존재 비율)의 합으로 계산합니다. 따라서 산소(O)의 평균 원자량은  $\frac{16 \times a + 17 \times b + 18 \times c}{100}$ 이므로 16보다 큼니다.

**선생님** 발표를 잘 했지만 틀린 부분이 있습니다. 학생 1의 계산에서 잘못된 부분을 수정해 볼 친구 있나요?

**학생 2** 평균 원자량은 (동위 원소의 (가) × 동위 원소 존재 비율)의 합으로 계산해야 되므로 산소(O)의 평균 원자량은  $\frac{\text{㉠} \times a + \text{㉡} \times b + \text{㉢} \times c}{100}$ 입니다.

**선생님** 잘했습니다. 학생 2의 계산식으로 산소(O)의 평균 원자량을 구하면 15.999로 16보다 작습니다.

평균 원자량은 각 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 고려하여 계산한다.

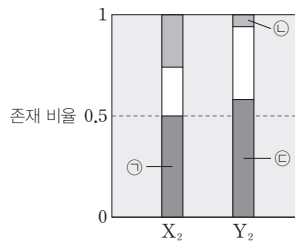
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 원자량이다.
  - ㄴ. ㉠은 15.992이다.
  - ㄷ.  $a \sim c$  중 *a*가 가장 크다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** [2024-0080] 표는 자연계에 존재하는 염소(Cl)와 브로민(Br) 동위 원소의 원자량과 존재 비율에 대한 자료이고, 그림은 X<sub>2</sub>와 Y<sub>2</sub>의 분자량에 따른 존재 비율을 나타낸 것이다. X와 Y는 각각 Cl와 Br 중 하나이다.

원자	<sup>35</sup> Cl	<sup>37</sup> Cl	<sup>79</sup> Br	<sup>81</sup> Br
원자량	35	37	79	81
존재 비율	0.75	0.25	0.5	0.5



X<sub>2</sub>의 분자량에 따른 존재 비율도 X의 존재 비율을 고려하여 계산한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. X는 Br이다.
  - ㄴ.  $\frac{\text{㉠의 분자량}}{2} > Y$ 의 평균 원자량이다.
  - ㄷ.  $\frac{\text{㉢의 분자량}}{\text{㉠의 분자량}} = \frac{37}{79}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 개념 체크

● 보어의 원자 모형은 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼을 설명하기 위하여 제안된 모형이다.

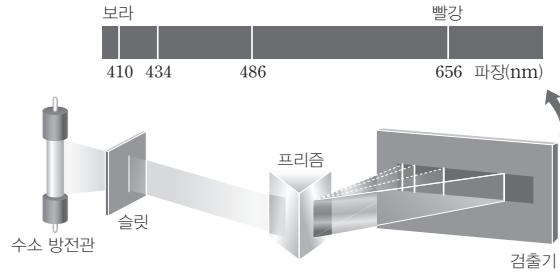
● 전자의 에너지 준위가 가장 낮은 안정한 상태를 바닥상태라고 하고, 전자가 에너지 준위가 높은 전자 껍질로 전이되어 불안정한 상태를 들뜬상태라고 한다.

1. 보어의 원자 모형에서 전자의 궤도를 ( )이라고 한다.
2. 전자의 에너지 준위가 가장 낮아서 안정한 상태를 ( )라고 한다.
3. 전자가 다른 전자 껍질로 전이될 때 두 전자 껍질의 ( ) 차이만큼의 에너지를 흡수하거나 방출한다.

## 1 보어의 원자 모형

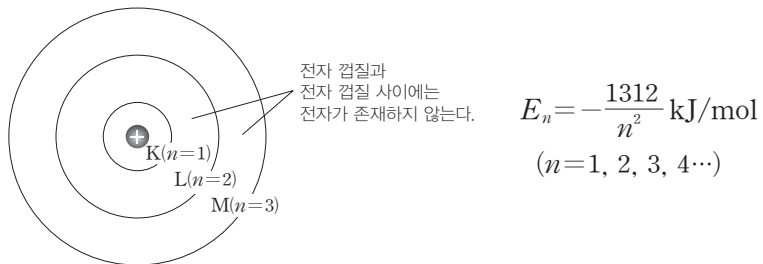
### (1) 수소 원자의 선 스펙트럼

수소 기체를 방전관에 넣고 고전압으로 방전시키면 수소 방전관에서 빛이 방출되는데, 이 빛을 프리즘에 통과시키면 불연속적인 선 스펙트럼이 생긴다. 이는 전자가 에너지를 흡수하여 에너지가 높은 상태로 되었다가 다시 에너지를 방출하면서 에너지가 낮은 상태로 되기 때문이다. 이때 그 차이만큼의 에너지를 빛의 형태로 방출한다.



### (2) 보어의 원자 모형

- ① 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼을 설명하기 위하여 제안된 모형으로, 전자는 원자핵 주위의 일정한 궤도를 따라 원운동하며, 불연속적인 전자의 궤도를 전자 껍질이라고 한다. 전자 껍질의 에너지 준위는 불연속적이며, 핵에 가까운 쪽에서부터 K( $n=1$ ), L( $n=2$ ), M( $n=3$ ), N( $n=4$ )... 등의 기호를 사용하여 나타낸다. 이때  $n$ 은 주 양자수라고 하며, 양의 정수이다.
- ② 수소 원자에서 전자 껍질의 에너지 준위는 주 양자수  $n$ 에 의해서만 결정된다.



- ③ 원자핵에서 멀어질수록 전자 껍질의 에너지 준위는 높아지며, 인접한 두 전자 껍질 사이의 에너지 간격은 좁아진다. 전자가 원자핵에 가장 가까운 전자 껍질에 존재하는 상태, 즉 에너지 준위가 가장 낮아서 안정한 상태를 바닥상태라고 하고, 전자가 에너지 준위가 높은 전자 껍질로 전이되어 불안정한 상태를 들뜬상태라고 한다.
- ④ 전자는 같은 전자 껍질에서 원운동할 때 에너지를 흡수하거나 방출하지 않는다. 전자가 다른 전자 껍질로 전이될 때 두 전자 껍질의 에너지 차이만큼의 에너지를 흡수하거나 방출한다.
- ⑤ 빛에너지와 파장은 반비례하므로 전자가 전이할 때 방출하는 에너지가 클수록 빛의 파장은 짧고, 에너지가 작을수록 빛의 파장은 길다.
- ⑥ 전자가  $n=3, 4, 5, 6$ 인 전자 껍질에서  $n=2$ 인 전자 껍질로 전이할 때 가시광선의 빛이 방출된다.

### 정답

1. 전자 껍질
2. 바닥상태
3. 에너지

## 2 현대적 원자 모형

### (1) 현대적 원자 모형 등장 배경

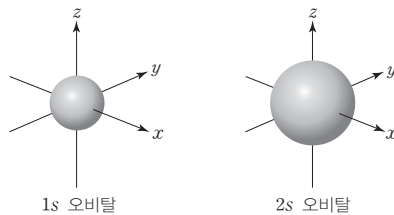
- 보어 모형의 한계 : 보어 모형은 전자가 1개인 수소 원자의 선 스펙트럼을 잘 설명할 수 있었으나, 전자가 2개 이상인 다전자 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 없었다.
- 전자는 질량이 매우 작아 정확한 위치와 운동량(속도)을 동시에 측정할 수 없지만, 파동의 성질을 지니므로 전자가 발견될 확률을 파동 함수로 나타낼 수 있다.

### (2) 현대적 원자 모형

- 오비탈(궤도 함수) : 일정한 에너지를 가진 전자가 원자핵 주위에서 발견될 확률을 나타내는 함수이며, 궤도 함수의 모양, 전자의 에너지 상태를 의미하기도 한다.
  - 주 양자수( $n$ )와 오비탈의 모양을 의미하는  $s, p, d, f$  등의 기호를 사용하여 나타낸다.
  - 주 양자수에 따른 오비탈의 종류

전자 껍질	K		L			M	
주 양자수( $n$ )	1		2			3	
오비탈의 종류	1s	2s	2p	3s	3p	3d	

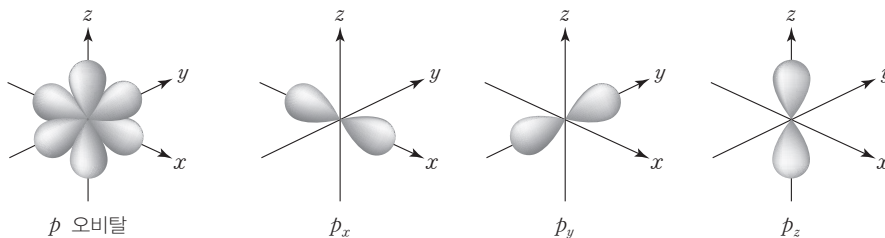
- $s$  오비탈 : 공 모양(구형)으로 모든 전자 껍질에 존재하며, 전자가 발견될 확률이 90%인 공간을 경계면으로 나타내면 다음과 같다.



- 핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자가 발견될 확률이 같다.
- 1s 오비탈과 2s 오비탈의 모양은 같지만, 같은 원자에서 2s 오비탈이 1s 오비탈보다 크기가 크다.

- $p$  오비탈 : 아령 모양으로 L 전자 껍질( $n=2$ )부터 존재한다.

- 방향성이 있어서 핵으로부터의 거리와 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 다르다.
- $p$  오비탈은 3차원 공간의 각 축 방향으로 분포하며, 한 전자 껍질에 에너지 준위가 같은  $p_x, p_y, p_z$  오비탈이 존재한다.



### 개념 체크

●  $s$  오비탈은 핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자가 발견될 확률이 같다.

●  $p$  오비탈은 핵으로부터 거리와 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 다르다.

1. 주 양자수가 2인 L 전자 껍질에는 ( ), ( ) 오비탈이 있다.

2. 주 양자수가 3인 M 전자 껍질에는 ( ), ( ), ( ) 오비탈이 있다.

3.  $s$  오비탈의 모양은 ( ) 이다.

### 정답

- 2s, 2p
- 3s, 3p, 3d
- 공 모양(구형)

개념 체크

● 오비탈들을 구분하기 위한 오비탈의 에너지, 크기, 모양 등을 나타내는 요소들을 양자수라고 한다.

● 주 양자수는 오비탈의 에너지와 크기를 결정한다.

● 방위(부) 양자수는 오비탈의 모양을 결정한다.

1. 주 양자수가 2인 전자 껍질에는 ( )개의 오비탈이 존재한다.

2. 주 양자수가 2일 때, 방위(부) 양자수는 ( ), ( )이다.

3. ( ) 오비탈은 방위(부) 양자 수가 0이고, ( ) 오비탈은 방위(부) 양자 수가 1이다.

④ 오비탈의 표시



주 양자수는 2이고 오비탈은  $p$ 이며, 이 오비탈에 전자가 1개 존재한다.

⑤ 각 전자 껍질의 오비탈 수

전자 껍질	K		L			M			N					
주 양자수 ( $n$ )	1		2			3			4					
오비탈의 종류	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f				
오비탈 수	1	1	3	1	3	5	1	3	5	7				
오비탈 총 수 ( $n^2$ )	1		4			9			16					

3 양자수

현대의 원자 모형은 오비탈의 에너지와 크기, 모양 등을 나타내기 위해 양자수라는 개념을 도입하였으며, 주 양자수, 방위(부) 양자수, 자기 양자수, 스핀 자기 양자수가 있다.

(1) 주 양자수 ( $n$ )

- ① 오비탈의 에너지와 크기를 결정하는 양자수이다.
- ② 보어 원자 모형에서 전자 껍질을 나타낸다.
- ③  $n=1, 2, 3, 4, \dots$  등의 양의 정숫값을 갖는다.
- ④ 수소 원자에서 주 양자수가 증가할수록 오비탈의 크기와 에너지 준위는 커진다.

주 양자수 ( $n$ )	1	2	3	4
전자 껍질	K	L	M	N
에너지 준위	K < L < M < N			

(2) 방위(부) 양자수 ( $l$ )

- ① 오비탈의 모양을 결정하는 양자수이다.
- ② 주 양자수가  $n$ 일 때 방위(부) 양자수는  $0 \leq l \leq n-1$ 의 정숫값을 갖는다.

예 주 양자수가 1일 때 방위(부) 양자수는 0이다.

주 양자수가 2일 때 방위(부) 양자수는 0, 1이다.

주 양자수가 3일 때 방위(부) 양자수는 0, 1, 2이다.

- ③ 주 양자수에 따른 방위(부) 양자수와 오비탈의 종류

주 양자수 ( $n$ )	1	2			3		
방위(부) 양자수 ( $l$ )	0	0	1	0	1	2	
오비탈의 종류	1s	2s	2p	3s	3p	3d	

- ④ 다전자 원자에서는 주 양자수가 같을 때 방위(부) 양자수가 클수록 오비탈의 에너지 준위가 높다.

(3) 자기 양자수 ( $m_l$ )

- ① 오비탈이 어떤 방향으로 존재하는지에 관련된 양자수이다.
- ② 방위(부) 양자수가  $l$ 일 때 자기 양자수는  $-l \leq m_l \leq l$ 의 정숫값을 갖는다.

정답

- 1. 4
- 2. 0, 1
- 3. s, p



**예** 방위(부) 양자수( $l$ )가 1일 때 자기 양자수( $m_l$ )는  $-1, 0, 1$ 이고, 이는 방위(부) 양자수가 1인 오비탈이 3개임을 의미한다.

- ③ 방위(부) 양자수가  $l$ 인 오비탈 수는  $(2l + 1)$ 이고, 각각 방향은 다르지만 에너지 준위는 같다.  
 ④ 양자수에 따른 오비탈의 종류와 수

주 양자수( $n$ )	1	2		3		
방위(부) 양자수( $l$ )	0	0	1	0	1	2
자기 양자수( $m_l$ )	0	0	$-1, 0, 1$	0	$-1, 0, 1$	$-2, -1, 0, 1, 2$
오비탈의 종류	1s	2s	2p	3s	3p	3d
오비탈 수	1	1	3	1	3	5
주 양자수에 따른 오비탈의 총 수( $n^2$ )	1	4		9		

#### (4) 스핀 자기 양자수( $m_s$ )

- ① 외부에서 자기장을 걸어 주었을 때, 전자의 자기 상태가 서로 반대 방향으로 나누어지는 것과 관련된 양자수이다.  
 ② 스핀 자기 양자수는  $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ 의 2가지가 가능하며 스핀 자기 양자수가 다른 전자는  $\uparrow, \downarrow$ 와 같이 서로 반대 방향의 화살표를 사용하여 표시한다.

### 4 오비탈의 에너지 준위

오비탈의 에너지 준위는 전자가 1개인 수소 원자와 전자가 2개 이상인 다전자 원자에서 서로 다르다.

#### (1) 수소 원자

- ① 전자가 1개인 수소 원자의 경우 오비탈의 에너지 준위는 오비탈의 종류에 관계없이 주 양자수에 의해서만 결정된다.  
 ② 주 양자수가 커질수록 원자핵에서 전자가 멀어지므로 원자핵과의 인력이 약해져 에너지 준위가 높아진다.

$$\text{수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위 : } 1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < \dots$$

#### (2) 다전자 원자

전자가 2개 이상인 원자의 경우 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수뿐만 아니라 오비탈의 종류에 따라서도 달라진다. 즉, 주 양자수가 같아도  $s, p, d, f$  순으로 에너지 준위가 높아진다.

$$\text{다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위 : } 1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < \dots$$

### 5 현대적 원자 모형에 따른 전자 배치

#### (1) 쌓음 원리

전자는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 순서대로 채워진다.

#### 개념 체크

● 자기 양자수는 오비탈이 어떤 방향으로 존재하는지와 관련된 양자수이다.

● 스핀 자기 양자수는 외부에서 자기장을 걸어 주었을 때, 전자의 자기 상태가 서로 반대 방향으로 나누어지는 것과 관련된 양자수이다.

● 전자가 1개인 수소 원자의 경우 오비탈의 에너지 준위는 오비탈의 종류에 관계없이 주 양자수에 의해서만 결정된다.

1. 스핀 자기 양자수는 ( ), ( )의 2가지가 가능하다.

※ ○ 또는 ×

2. 같은 원자에서 2s 오비탈의 에너지 준위는 1s 오비탈보다 높다. ( )

3. 다전자 원자에서 3s 오비탈의 에너지 준위는 3p 오비탈의 에너지 준위보다 높다. ( )

4. 다전자 원자에서 4s 오비탈의 에너지 준위는 3d 오비탈의 에너지 준위보다 높다. ( )

정답

1.  $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$

2. ○

3. ×

4. ×

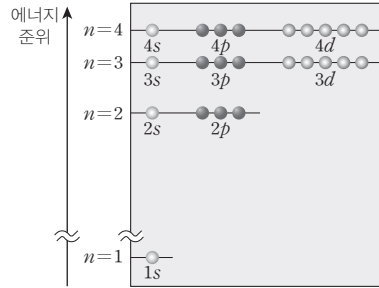
개념 체크

● 쌓음 원리에 의하면 전자는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 순서대로 채워진다.

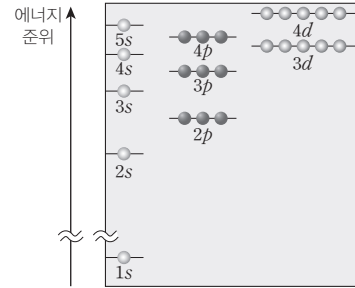
● 파울리 배타 원리에 의하면 1개의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 방향을 갖는다.

1. 1개의 오비탈에는 전자가 최대 ( )개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 방향을 갖는다.

- 전자가 1개인 수소 원자의 경우 오비탈의 에너지 준위는 오비탈의 종류에 관계없이 주 양자수에 의해서만 결정된다.  $1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < \dots$
- 전자가 2개 이상인 다전자 원자의 경우에는 주 양자수뿐만 아니라 오비탈의 종류에 따라 에너지 준위가 달라진다.  $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < \dots$

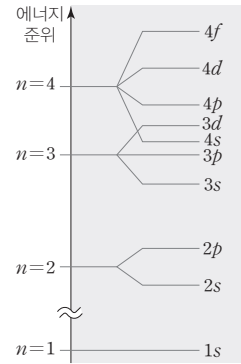
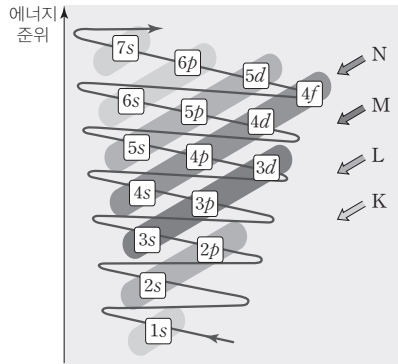


수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위



다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위

③ 다전자 원자의 전자 배치 순서

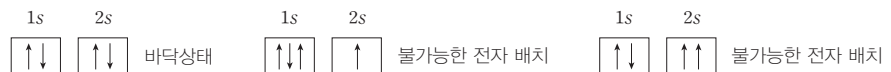


(2) 파울리 배타 원리

1개의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 자기 양자수를 갖는다.

- 1개의 오비탈에는 스핀 자기 양자수가 같은 전자가 존재할 수 없으며, 스핀 자기 양자수가 다른 2개의 전자가 쌓을 이루면서 함께 존재할 수 있다.
- 1개의 오비탈에 3개 이상의 전자가 들어가거나 스핀 자기 양자수가 같은 2개의 전자가 들어가는 것은 파울리 배타 원리에 어긋나는 전자 배치로, 불가능한 전자 배치이다.

예 베릴륨(Be)의 전자 배치



Be의 2s 오비탈에 배치된 전자 2개는 주 양자수가 각각 2, 방위(부) 양자수는 각각 0, 자기 양자수는 각각 0으로 같지만, 스핀 자기 양자수는 각각  $+\frac{1}{2}$ ,  $-\frac{1}{2}$ 로 다르다. 따라서 두 전자의 (주 양자수, 방위(부) 양자수, 자기 양자수, 스핀 자기 양자수)를 나타내면 각각  $(2, 0, 0, +\frac{1}{2})$ ,  $(2, 0, 0, -\frac{1}{2})$ 이다.

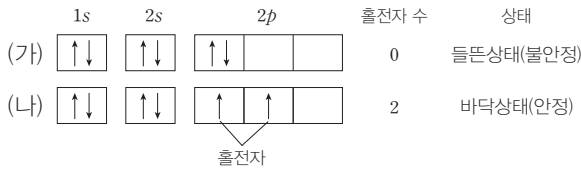
정답 1. 2

### (3) 훈트 규칙

에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 쌍을 이루지 않는 전자(홀전자) 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다.

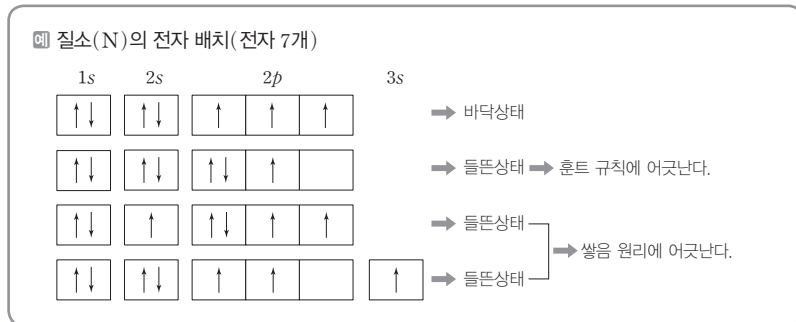
- $p$  오비탈처럼 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 각 오비탈에 전자가 먼저 1개씩 배치된 후, 다음 전자가 쌍을 이루면서 배치된다.
- 전자들이 1개의 오비탈에 쌍을 이루어 들어가는 것보다 에너지 준위가 같은 여러 개의 오비탈에 1개씩 들어가는 것이 전자 간의 반발력이 작아서 더 안정하다.

**예** 탄소(C)의 전자 배치 :  $2p$  오비탈에 있는 전자가 2개이므로 홀전자 수가 2인 (나)가 (가)보다 안정하다. (나)가 안정한 바닥상태의 전자 배치이고, (가)는 (나)보다 불안정한 들뜬상태 전자 배치이다.



### (4) 바닥상태와 들뜬상태

- 바닥상태 전자 배치는 쌍을 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족한다.
- 들뜬상태 전자 배치는 파울리 배타 원리를 반드시 만족해야 하지만 쌍을 원리 또는 훈트 규칙을 만족할 필요는 없다.



## 6 전자 껍질에 따른 전자 배치

### (1) 전자 껍질과 전자 배치

- 수소 원자에서 전자 껍질의 에너지 준위는 주 양자수( $n$ )가 클수록 높아진다.  
 $K < L < M < N < \dots$
- 각 전자 껍질에는 최대  $2n^2$ 개의 전자가 채워질 수 있다. 각 전자 껍질에는  $n^2$ 개의 오비탈이 존재하며, 1개의 오비탈에는 최대 2개의 전자가 채워지기 때문이다.

전자 껍질	K( $n=1$ )	L( $n=2$ )	M( $n=3$ )
최대 수용 전자 수( $2n^2$ )	2	8	18

- 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수는 8을 넘지 못한다.  $np$  오비탈에 전자가 채워지고 나면,  $nd$  오비탈에 전자가 배치되기 전에 바깥 전자 껍질의  $(n+1)s$  오비탈에 전자가 먼저 배치되기 때문이다.

### 개념 체크

● 바닥상태의 전자 배치는 쌍을 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족한다.

● 훈트 규칙에 의하면  $p$  오비탈처럼 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때는 각 오비탈에 전자가 먼저 1개씩 배치된 후, 다음 전자가 쌍을 이루며 배치된다.

1. 훈트 규칙에 의하면 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때는 ( ) 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다.

2.  $1s \uparrow\downarrow \quad 2s \uparrow\downarrow \quad 2p \uparrow \uparrow \square$ 의 바닥상태 전자 배치를 갖는 원자의 홀전자 수는 ( )이다.

3.  $1s \uparrow\downarrow \quad 2s \uparrow\downarrow \quad 2p \uparrow \uparrow \square$ 의 전자 배치는 ( ) 규칙에 어긋나므로 들뜬상태이다.

4. 주 양자수가  $n$ 인 전자 껍질에는 최대 ( )개의 전자가 채워질 수 있다.

### 정답

- 홀전자
- 2
- 훈트
- $2n^2$

개념 체크

● 바닥상태의 전자 배치에서 화학 결합에 관여하는 가장 바깥 전자 껍질에 있는 전자를 원자가 전자라고 한다.

● 원자가 양이온이 될 때 가장 바깥 전자 껍질에 있는 전자를 잃는다.

● 원자가 음이온이 될 때 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 채워진다.

1. 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수는 ( )을 넘지 못한다.

2. 원자가 ( )를 잃으면 (+)전하를 띠는 양이온이 된다.

3. 플루오린(F) 원자가 안정한 음이온이 되면 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 ( )인 네온(Ne)과 전자 배치가 같아진다.

원소	전자 배치	가장 바깥 전자 껍질에 있는 전자 수
Ar	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	8
K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	1
Ca	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$	2
Sc	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$	2

(2) 원자가 전자

- ① 바닥상태의 전자 배치에서 화학 결합에 관여하는 가장 바깥 전자 껍질에 있는 전자로 원소의 화학적 성질을 결정한다.
- ② 원자가 전자 수가 같은 원소는 화학적 성질이 비슷하다.

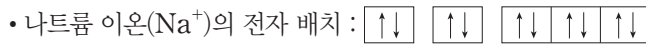
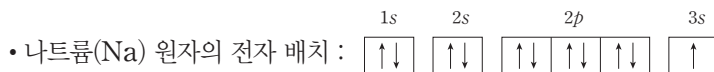
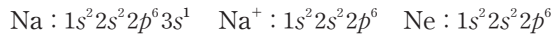
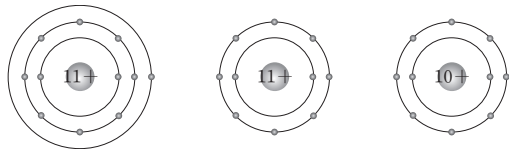
원소	전자 배치	원자가 전자 수	원소	전자 배치	원자가 전자 수
Li	K(2)L(1)	1	F	K(2)L(7)	7
Na	K(2)L(8)M(1)	1	Cl	K(2)L(8)M(7)	7

7 이온의 전자 배치

(1) 양이온의 전자 배치

원자가 가장 바깥 전자 껍질의 전자를 모두 잃고 양이온이 되면 전자 배치가 비활성 기체의 전자 배치와 같아진다.

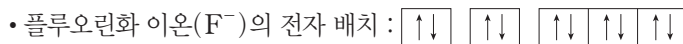
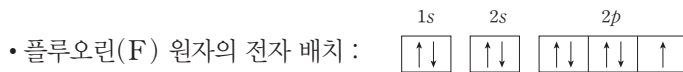
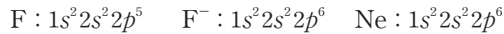
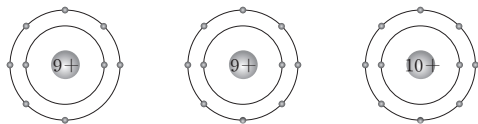
예 나트륨 원자가 전자를 1개 잃어 양이온이 되면 전자 배치가 네온의 전자 배치와 같아진다.



(2) 음이온의 전자 배치

원자가 전자를 얻어 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 8개인 음이온이 되면 전자 배치가 비활성 기체의 전자 배치와 같아진다.

예 플루오린 원자가 전자를 1개 얻어 음이온이 되면 전자 배치가 네온의 전자 배치와 같아진다.



정답

- 1. 8
- 2. 전자
- 3. 8

**탐구자료** 살펴보기 원자의 바닥상태 전자 배치

원자 번호	전자 껍질 오비탈	K		L			M			N	전자 배치	홀전자 수
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s				
1	H	↑									$1s^1$	1
2	He	↑↓									$1s^2$	0
3	Li	↑↓	↑								$1s^2 2s^1$	1
4	Be	↑↓	↑↓								$1s^2 2s^2$	0
5	B	↑↓	↑↓	↑							$1s^2 2s^2 2p^1$	1
6	C	↑↓	↑↓	↑↑							$1s^2 2s^2 2p^2$	2
7	N	↑↓	↑↓	↑↑↑							$1s^2 2s^2 2p^3$	3
8	O	↑↓	↑↓	↑↓↑↑							$1s^2 2s^2 2p^4$	2
9	F	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑							$1s^2 2s^2 2p^5$	1
10	Ne	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓							$1s^2 2s^2 2p^6$	0
11	Na	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑						$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	1
12	Mg	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓						$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	0
13	Al	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑					$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	1
14	Si	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↑					$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	2
15	P	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↑↑					$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	3
16	S	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↑↑					$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	2
17	Cl	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↑					$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	1
18	Ar	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓					$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	0
19	K	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑				$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	1
20	Ca	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓	↑↓				$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$	0

- 쌓음 원리 : 전자는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 차례대로 채워진다.
- 파울리 배타 원리 : 각 오비탈에 스핀 자기 양자수가 다른 2개의 전자가 쌓을 이루며 채워질 수 있다.
- 훈트 규칙 : 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때 홀전자 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다.
- 바닥상태는 전자 배치 원리와 규칙을 모두 만족하도록 전자를 배치한, 에너지가 가장 낮은 안정한 상태이다.
- 들뜬상태는 쌓음 원리 또는 훈트 규칙을 만족하지 않는 상태로 바닥상태보다 불안정한 상태이다.
- 파울리 배타 원리를 만족하지 않는 전자 배치는 불가능한 전자 배치이다.

**개념 체크**

● 바닥상태는 전자 배치 원리와 규칙을 모두 만족하는 가장 안정한 상태이다.

● 들뜬상태는 쌓음 원리 또는 훈트 규칙을 만족하지 않는 불안정한 상태이다.

1. 나트륨(Na) 원자의 바닥상태 전자 배치는 ( )이다.

2. 황(S) 원자는 바닥상태에서 홀전자 수가 ( )이다.

3. 바닥상태의 탄소(C), 질소(N), 산소(O) 원자 중 홀전자 수가 가장 큰 것은 ( )이다.

정답

- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
- 2
- 질소(N)

기출문제 다시보기 오비탈의 양자수

2022학년도 6월 모의평가

다음은 수소 원자의 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다.  $n$ 은 주 양자수이고,  $l$ 은 방위(부) 양자수이다.

- (가)~(다)는 각각  $2s, 2p, 3s, 3p$  중 하나이다.
- (나)의 모양은 구형이다.
- $n-l$ 는 (다) $>$ (나) $>$ (가)이다.

(가)~(다)의 에너지 준위를 비교한 것으로 옳은 것은?

- ① (가) $=$ (나) $>$ (다)                      ② (나) $>$ (가) $>$ (다)                      ③ (나) $>$ (다) $>$ (가)
- ④ (다) $>$ (가) $=$ (나)                      ⑤ (다) $>$ (가) $>$ (나)

**해설**  $2s, 2p, 3s, 3p$  오비탈의  $n-l$ 는 각각 2, 1, 3, 2이다.  $n-l$ 는 (다) $>$ (나) $>$ (가)이므로 (가)는  $2p$ , (다)는  $3s$ 이고  $2s$ 와  $3p$  오비탈 중 모양이 구형인 것은  $2s$ 이므로 (나)는  $2s$ 이다. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 방위(부) 양자수( $l$ )와 관계없이 주 양자수( $n$ )가 클수록 높아지므로 오비탈의 에너지 준위는 (다) $>$ (가) $=$ (나)이다.

답 ④

기출문제 다시보기 오비탈의 양자수

2022학년도 대학수학능력시험

다음은 수소 원자의 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다.  $n$ 은 주 양자수이고,  $l$ 은 방위(부) 양자수이다.

- (가)~(다)는 각각  $2s, 2p, 3s$  중 하나이다.
- 에너지 준위는 (가) $>$ (나)이다.
- $n+l$ 는 (나) $>$ (다)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

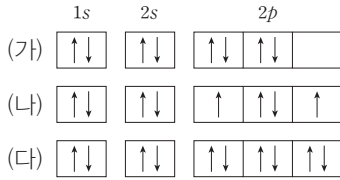
- 보기 □
- ㄱ. (가)의 자기 양자수( $m_l$ )는 0이다.
  - ㄴ. (나)의  $n+l=2$ 이다.
  - ㄷ. (다)의 모양은 구형이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수( $n$ )가 클수록 높아지므로 오비탈의 에너지 준위는  $3s > 2s = 2p$ 이다. 에너지 준위는 (가) $>$ (나)이므로 (가)는  $3s$ 이고,  $2s, 2p$ 의  $n+l$ 는 각각 2, 3이므로 (나)는  $2p$ , (다)는  $2s$ 이다.  $s$  오비탈의 자기 양자수( $m_l$ )는 0이므로 (가)의 자기 양자수( $m_l$ )는 0이다.  
 ㄴ. (나)의  $n+l$ 는 3이다.  
 ㄷ. (다)는  $2s$ 이므로 오비탈의 모양은 구형이다.

답 ③

01 [22024-0081] 그림은 산소(O)의 원자 또는 이온의 전자 배치 (가)~(다)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
 (단, O의 원자 번호는 8이다.)

보기

- ㄱ. (가)는 파울리 배타 원리에 어긋난다.
- ㄴ. (나)는 O 원자의 바닥상태 전자 배치이다.
- ㄷ. (다)는  $O^{2-}$ 의 전자 배치이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

02 [22024-0082] 다음은 원자 X의 바닥상태 전자 배치에 대한 설명이다.

- 모든 전자의 주 양자수( $n$ )는  $x$  또는  $y$ 이다.
- 방위(부) 양자수( $l$ )가  $x$ 인 전자 수는 5이다.

X는? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

- ① B                      ② N                      ③ F
- ④ Na                    ⑤ Mg

03 [22024-0083] 다음은 바닥상태 원자 X에 대한 자료이다. X의 원자 번호는 20 이하이다.

- s 오비탈의 전자 수 = p 오비탈의 전자 수
- 홀전자 수 = 원소의 주기
- 중성자수 = 전자 수

X에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
 (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. 2주기 원소이다.
- ㄴ. 양성자수는 8이다.
- ㄷ. 질량수는 16이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22024-0084] 다음은 오비탈의 양자수에 대한 내용이다. (가)~(다)는 각각 주 양자수( $n$ ), 방위(부) 양자수( $l$ ), 스핀 자기 양자수( $m_s$ ) 중 하나이다.

- (가) : 오비탈의 모양을 결정한다.
- (나) : 양의 정숫값만을 갖는다.
- (다) : 정수가 아닌 음의 값을 가질 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)가 1인 오비탈의 모양은 구형이다.
- ㄴ. (나)가 2인 오비탈 수는 4이다.
- ㄷ. (다)는 스핀 자기 양자수( $m_s$ )이다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

2점 수능 테스트

05 [22024-0085] 표는 수소 원자의 오비탈의 주 양자수( $n$ )와 방위(부) 양자수( $l$ )를 나타낸 것이다.  $x \sim z$ 는 서로 다르다.

오비탈	1s	2p	(가)
$n$	$x$	$y$	$y$
$l$		$x$	$z$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ.  $x+y=3$ 이다.  
 ㄴ. 에너지 준위는 (가)가 2p 오비탈보다 높다.  
 ㄷ.  $n=x, l=y$ 인 오비탈은 존재하지 않는다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

06 [22024-0086] 다음은 바닥상태 원자 X와 Y에 대한 자료이다.

- 모든 전자의 방위(부) 양자수( $l$ )의 합은 0이다.
- 홀전자 수는  $X > Y$ 이다.
- 원자 번호는  $X > Y$ 이다.

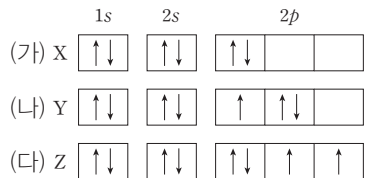
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
 (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. X는 리튬(Li)이다.  
 ㄴ. X와 Y는 다른 주기 원소이다.  
 ㄷ. X와 Y의 전자 수의 합은 4이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22024-0087] 그림은 2주기 원자 X~Z의 전자 배치 (가)~(다)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
 (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 원자 번호는  $Y > X$ 이다.  
 ㄴ. (나)는 바닥상태이다.  
 ㄷ. (다)는 파울리 배타 원리를 만족한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [22024-0088] 표는 원자 A~C의 바닥상태 전자 배치에 대한 자료이다.

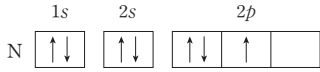
원자	A	B	C
s 오비탈에 들어 있는 전자 수		5	$y$
p 오비탈에 들어 있는 전자 수	5	$x$	7
홀전자 수	$z$		

$x+y+z$ 는? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 7                      ② 9                      ③ 10  
 ④ 11                    ⑤ 13



09 [22024-0089] 그림은 질소(N) 원자의 들뜬상태 전자 배치를 나타낸 것이다.  $l$ 은 방위(부) 양자수이다.



위 상태에서 바닥상태로 바뀔 때 전자 배치에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 전자 2개가 들어 있는 오비탈 수는 증가한다.
  - ㄴ. 전자가 들어 있는  $p$  오비탈 수는 증가한다.
  - ㄷ.  $l=1$ 인 전자 수는 감소한다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

10 [22024-0090] 표는 바닥상태 원자 X와 Y에 대한 자료이다.

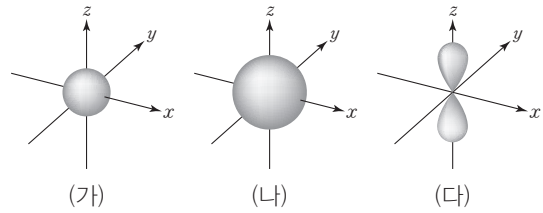
원자	홀전자 수	전자 2개가 들어 있는 오비탈 수	원자가 전자의 주 양자수
X		3	2
Y	2		2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 원자 번호는  $X > Y$ 이다.
  - ㄴ. X의 홀전자 수는 2이다.
  - ㄷ. Y의 원자가 전자 수는 2이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22024-0091] 그림은 주 양자수( $n$ )가 2 이하인 3가지 오비탈 (가)~(다)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 핵으로부터 거리가 같으면 전자가 발견될 확률이 같다.
  - ㄴ. 주 양자수( $n$ )는 (다) > (나)이다.
  - ㄷ. (다)에는 스핀 자기 양자수( $m_s$ )가 서로 같은 전자가 들어갈 수 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

12 [22024-0092] 표는 바닥상태 원자 X에 들어 있는 전자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

전자	주 양자수 ( $n$ )	방위(부) 양자수 ( $l$ )	자기 양자수 ( $m_l$ )	스핀 자기 양자수 ( $m_s$ )
(가)	3	0	$\ominus$	$+\frac{1}{2}$
(나)	3	0		$-\frac{1}{2}$
(다)	2	1	0	$+\frac{1}{2}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

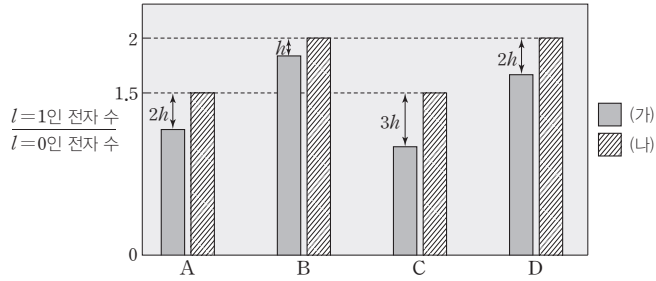
- 보기
- ㄱ. X는 2주기 원소이다.
  - ㄴ.  $\ominus=0$ 이다.
  - ㄷ. X에는 (다)와  $n, l, m_l$ 가 같은 전자가 존재한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

3주기 원소의 바닥상태 음이온은 원자일 때보다  $3p$  오비탈의 전자 수가 증가한다.

전자의 주 양자수( $n$ )가 2일 때 가능한 방위(부) 양자수( $l$ )는 1과 0이다.

01 [2024-0093] 그림은 18족을 제외한 3주기 원소 A~D의 바닥상태 원자 또는 이온의  $l=1$ 인 전자 수를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 원자나 이온 중 하나이다. A와 C는 금속 원소, B와 D는 비금속 원소이고,  $l$ 은 방위(부) 양자수이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. (나)는 이온이다.
- ㄴ. 홀전자 수는 A와 B가 같다.
- ㄷ. C의 원자가 전자의  $l$ 는 모두 0이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [2024-0094] 다음은 원자 번호가 10 이하인 바닥상태 원자 A와 B에 대한 자료이다.  $b > a$ 이고,  $n, l$ 은 각각 주 양자수와 방위(부) 양자수이다.

- A와 B는 모두 ( $l=a$ 가 아닌 전자 수) > ( $l=a$ 인 전자 수)이다.
- A와 B는 모두 ( $n=b$ 인 전자 수) > ( $n=b$ 가 아닌 전자 수)이다.
- 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는  $A > B$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ.  $a+b=3$ 이다.
- ㄴ. A와 B의 원자 번호 차이는 1이다.
- ㄷ. 홀전자 수는  $B > A$ 이다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

**03** [22024-0095]

다음은 18족을 제외한 바닥상태 2, 3주기 원자 X~Z에 대한 자료이다.  $n, l, m_s$ 는 각각 주 양자수, 방위(부) 양자수, 스핀 자기 양자수이다.

- X에서 모든 전자의  $m_s$ 의 합은 0이다.
- Y와 Z에 있는 홀전자의  $n+l$ 는 각각 3이다.
- Z에서 원자가 전자의  $\frac{l=1인 전자 수}{l=0인 전자 수}=1$ 이다.
- X와 Y는 전자가 들어 있는 오비탈의 수가 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. X는 2주기 원소이다.
  - ㄴ. Y의 홀전자 수는 1이다.
  - ㄷ. Z는  $l=0$ 인 전자 수가 6이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

바닥상태 원자에서 홀전자가 없으면 모든 전자의  $m_s$ 의 합은 0이다.

**04** [22024-0096]

표는 원자 번호가 20 이하인 원자 X의 전자 배치 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나) 중 하나는 바닥상태의 전자 배치이고, (가)와 (나)에서 전자의 가장 큰 주 양자수는 같다.  $n, l$ 은 각각 주 양자수와 방위(부) 양자수이다.

전자 배치	$n+l=3$ 인 전자 수	전자가 들어 있는 $p$ 오비탈 수	$\frac{l=1인 전자 수}{l=0인 전자 수}$
(가)	4	3	$x$
(나)	4	2	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. X는 2주기 원소이다.
  - ㄴ. (나)는 바닥상태이다.
  - ㄷ.  $x=1$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$n+l=3$ 인 경우는  $n=2, l=1$ 이거나  $n=3, l=0$ 인 경우이다.

2주기 원소 중 홀전자 수가 3인 원소는 질소(N)뿐이다.

s 오비탈의  $m_l$ 은 0이다.

05 [22024-0097] 표는 2주기 바닥상태 원자 X~Z에 대한 내용이다.

원자	X	Y	Z
전자가 들어 있는 p 오비탈 수	a	b	b
홀전자 수	a	a	b
홀전자가 들어 있는 p 오비탈 수		c	c+1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, n은 주 양자수이다.)

보기

- ㄱ.  $a > c$ 이다.
- ㄴ. X는  $n=2$ 인 전자 수가  $n=1$ 인 전자 수보다 크다.
- ㄷ. Z는 p 오비탈의 전자 수가 s 오비탈의 전자 수보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄴ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

06 [22024-0098] 다음은 2주기 바닥상태 원자 X와 Y에 대한 설명이다. l,  $m_l$ 은 각각 방위(부) 양자수와 자기 양자수이다.

- 홀전자 수는  $X=Y$ 이다.
- X의  $m_l=0$ 인 전자 수는 3이다.
- Y에서 ( $l=1$ 인 전자 수) > ( $l=0$ 인 전자 수)이다.

바닥상태 원자 Y의 전자 배치로 옳은 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 1s    2s                      2p                      ② 1s    2s                      2p
- ↑↓    ↑                      □ □ □                      ↑↓    ↑↓                      ↑    □ □ □
- ③ 1s    2s                      2p                      ④ 1s    2s                      2p
- ↑↓    ↑↓                      ↑    ↑    □                      ↑↓    ↑↓                      ↑↓    ↑↓    ↑
- ⑤ 1s    2s                      2p
- ↑↓    ↑↓                      ↑↓    ↑↓    ↑↓

**07** [22024-0099] 표는 산소(O)의 3가지 전자 배치 (가)~(다)에 대한 자료이다.  $n, l$ 은 각각 주 양자수와 방위(부) 양자수이고, 모든 전자의  $n$ 은 2 이하이며, (가)~(다) 중 바닥상태 전자 배치는 1가지이다.

전자 배치	(가)	(나)	(다)
$l=1$ 인 전자 수 전자가 들어 있는 오비탈 수	$\frac{3}{2}$	1	$\frac{4}{5}$
$n=1$ 인 전자 수	2	2	2
홀전자 수		$a$	$a$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 쌓음 원리를 만족한다.  
 ㄴ. (나)에서  $l=0$ 인 전자 수는 3이다.  
 ㄷ. (다)는 바닥상태이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄴ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

산소(O)의 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5이다.

**08** [22024-0100] 표는 원자 X, Y와 양이온  $X^{x+}, Y^{y+}$ 의 바닥상태 전자 배치에 대한 자료이다. X와 Y의 원자 번호는 20 이하이고,  $n, l$ 은 각각 주 양자수와 방위(부) 양자수이다.

원자 또는 이온	X	$X^{x+}$	Y	$Y^{y+}$
모든 전자의 $n$ 의 합	$a$	$a-9$	$c$	$c-3$
모든 전자의 $l$ 의 합	$b$	$b-1$	$d$	$d$
홀전자 수		0		0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

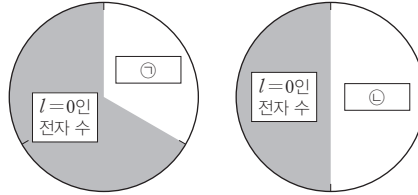
ㄱ.  $x=2$ 이다.  
 ㄴ. X와 Y는 모두 3주기 원소이다.  
 ㄷ.  $d=6$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$3s$  오비탈의 전자는 주 양자수( $n$ )가 3, 방위(부) 양자수가 0이다.

s 오비탈의 방위(부) 양자수 ( $l$ )는 0이다.

09 [22024-0101] 그림은 바닥상태 원자 X에서 전자 수의 비율을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 방위(부) 양자수 ( $l$ )가 1인 전자 수, 주 양자수( $n$ )가 2인 전자 수 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. ㉠은  $l=1$ 인 전자 수이다.  
 ㄴ. X의 홀전자 수는 2이다.  
 ㄷ. X의 전자 배치에서 ㉠+㉡=6이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하나의 오비탈에 전자가 2개 들어 있을 때 오비탈에 들어 있는 전자의 스핀 자기 양자수( $m_s$ )의 합은 0이다.

10 [22024-0102] 표는 바닥상태 3주기 원자 X의 오비탈 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

오비탈	주 양자수( $n$ )	방위(부) 양자수( $l$ )	자기 양자수( $m_l$ )	들어 있는 전자의 스핀 자기 양자수( $m_s$ )의 합
(가)	$a+2$	0		$+\frac{1}{2}$
(나)	$a+1$	$a$	0	$b$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ.  $a=0$ 이다.  
 ㄴ.  $b=0$ 이다.  
 ㄷ. X에서 홀전자 수는 원자가 전자 수와 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22024-0103]

다음은 원자 번호가 20 이하인 18족을 제외한 바닥상태 원자 X와 Y의 전자 배치에 대한 자료이다.  $n, l$ 은 각각 주 양자수와 방위(부) 양자수이다.

- $n+l=3$ 인 전자 수는  $X=Y$ 이다.
- 홀전자 수는  $X>Y$ 이다.
- 원자가 전자의  $n$ 은  $X>Y$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. Y는 2주기 원소이다.
  - ㄴ. Y의 홀전자 수는 0이다.
  - ㄷ. 원자가 전자 수는  $X>Y$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$n+l=3$ 인 오비탈은  $2p$  오비탈과  $3s$  오비탈이다.

12 [22024-0104]

표는 원자 번호가 17 이하인 바닥상태 원자 A~C에 대한 자료이다.  $l, m_s$ 는 각각 방위(부) 양자수와 스핀 자기 양자수이다.

원자	A	B	C
$l=0$ 인 전자 수	6		5
$l=1$ 인 전자 수		6	6
모든 전자의 $m_s$ 의 합	0	0	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. A에는 홀전자가 존재한다.
  - ㄴ. A와 C는 같은 주기 원소이다.
  - ㄷ. B에서  $s$  오비탈에 들어 있는 전자 수는 6이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

바닥상태에서 모든 전자의 스핀 자기 양자수( $m_s$ )의 합이 0이면 홀전자가 존재하지 않는다.

### 개념 체크

● 원소를 원자 번호 순으로 배열할 때 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타나는 것을 주기율이라고 한다.

1. 주기율은 원소의 화학적 성질을 결정하는 ( ) 수가 원자 번호에 따라 주기적으로 변하기 때문에 나타난다.



















2. 멘델레예프는 원소를 ( ) 순으로 배열하여 주기율표를 만들었다.

3. 모즐리는 원자의 ( ) 를 원자 번호로 결정하고, 원소를 원자 번호 순으로 배열하여 주기율표를 만들었다.

## 1 원소의 분류와 주기율

### (1) 주기율

- 주기율 : 원소를 원자 번호 순으로 배열할 때, 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타나는 것을 주기율이라고 한다.
- 주기율이 나타나는 원인 : 원소의 화학적 성질을 결정하는 원자가 전자 수가 주기적으로 변하기 때문에 주기율이 나타난다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	 H							 He
2	 Li	 Be	 B	 C	 N	 O	 F	 Ne
3	 Na	 Mg	 Al	 Si	 P	 S	 Cl	 Ar
원자가 전자 수	1	2	3	4	5	6	7	0

### (2) 주기율의 발견 과정

- 라부아지에(1789년) : 당시에 더 이상 분해할 수 없는 33종의 물질을 기체, 비금속, 금속, 화합물의 네 그룹으로 분류하였다.
- 되베라이너(1816년) : 화학적 성질이 비슷하고 물리적 성질은 규칙적으로 변하는 세 원소가 있다는 것을 알고, 성질이 비슷한 원소를 3개씩 묶어 세 쌍 원소라고 하였다.
- 뉴랜즈(1865년) : 원소를 원자량 순으로 나열하면 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타나는 규칙성을 발견하고, 옥타브설을 발표하였다.
- 멘델레예프(1869년)
  - 당시까지 발견된 63종의 원소를 화학적 성질에 기준을 두어 원자량 순서로 배열하여 주기율표를 만들었는데, 이것이 최초의 주기율표이다.
  - 당시까지 발견되지 않은 원소의 자리는 빈칸으로 두고, 주기율표 상의 위치로부터 새로운 원소의 존재 가능성과 성질을 예측하였다.
  - 원자량 순서로 나열하였을 때 주기성이 맞지 않는 부분이 있다.
    - Ar(원자량 39.9)과 K(원자량 39.1)
- 모즐리(1913년)
  - X선 연구를 통해 원소에서 원자핵의 양성자수를 결정하는 방법을 알아내어 원자의 양성자수를 원자 번호로 정하였다.
  - 원소의 주기적 성질이 양성자수(원자 번호)와 관련이 있다는 것을 발견하였고, 원소들을 원자 번호 순서대로 배열하여 현재 사용하고 있는 것과 비슷한 주기율표를 완성하였다.

#### 정답

- 원자가 전자
- 원자량
- 양성자수



## 2 주기율표

### (1) 주기율표

원소들을 원자 번호 순으로 배열하여 화학적 성질이 비슷한 원소가 같은 세로줄에 오도록 배열한 표이다.

#### ① 주기

- 주기율표의 가로줄로, 1~7주기가 있다.
- 같은 주기 원소는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다. 이때 주기는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수와 같다.

주기	원소	원소의 가짓수	전자 껍질	전자 껍질 수
1	H ~ He	2	K	1
2	Li ~ Ne	8	K L	2
3	Na ~ Ar	8	K L M	3
4	K ~ Kr	18	K L M N	4
5	Rb ~ Xe	18	K L M N O	5
6	Cs ~ Rn	32	K L M N O P	6
7	Fr ~ Og	32	K L M N O P Q	7

#### ② 족

- 주기율표의 세로줄로, 1~18족이 있다.
- 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다(단, 수소는 1족에 위치하고 있지만 비금속 원소로, 1족에 속해 있는 나머지 금속 원소들과는 화학적 성질이 다르다).
- 1~2족, 13~17족의 경우 원자가 전자 수는 족의 끝자리 수와 같다.

족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
원자가 전자 수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	0

### (2) 주기율표에서 원소의 분류

주기 \ 족	1	2	3~12	13	14	15	16	17	18
1	H								He
2	Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca		Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra		Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

□ 금속   □ 준금속   □ 비금속

※ 1 atm, 25°C에서의 상태 : H, N, O, F, Cl 및 18족 원소는 기체이며, Br, Hg은 액체이고, 나머지는 고체로 존재한다.

#### ① 금속 원소

- 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.  $M \longrightarrow M^{n+} + ne^{-}$
- 열전도성, 전기 전도성이 크다.

### 개념 체크

● 주기율표는 원소들을 원자 번호 순으로 배열하여 화학적 성질이 비슷한 원소가 같은 세로줄에 오도록 배열한 표이다.

1. 현대의 주기율표는 원소를 ( ) 순으로 배열하였다.
2. 같은 주기 원소는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 ( ) 수가 같다.
3. 같은 ( ) 원소는 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

#### 정답

1. 원자 번호
2. 전자 껍질
3. 족

개념 체크

● 금속 원소는 열전도성이나 전기 전도성이 크고, 25°C에서 대부분 고체 상태로 존재하며, 비금속 원소는 열전도성이나 전기 전도성이 매우 작고 25°C에서 대부분 기체와 고체로 존재한다.

● 유효 핵전하는 전자에 작용하는 실질적인 핵전하이다.

1. 금속 원소는 전자를 잃고 ( )이 되기 쉬운 원소이다.

2. 비금속 원소는 전자를 얻어 ( )이 되기 쉬운 원소이다.

※ ○ 또는 ×

3. 전자가 1개인 수소 원자에서 전자에 작용하는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하와 같다. ( )

② 비금속 원소

- 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다(18족 원소 제외).  $X + ne^- \longrightarrow X^{n-}$
- 열전도성, 전기 전도성이 매우 작다(탄소(흑연)는 예외).

	금속 원소	비금속 원소
열 및 전기 전도성	크다	매우 작다 (흑연은 예외)
이온의 형성	양이온이 되기 쉽다	음이온이 되기 쉽다 (18족 원소 제외)
실온(25°C)에서의 상태	대부분 고체 (수은(Hg)은 액체)	대부분 기체, 고체 (브로민(Br <sub>2</sub> )은 액체)

③ 준금속 원소

- 금속보다는 전기 전도성이 작고, 비금속보다는 전기 전도성이 커서 금속과 비금속의 구분이 명확하지 않은 원소이다.
- 예 붕소(B), 규소(Si), 저마늄(Ge), 비소(As) 등
- 규소와 저마늄은 반도체 칩과 태양 전지를 만드는 데 이용된다.

과학 돋보기 원자가 전자의 전자 배치와 주기율

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	1s <sup>1</sup>							1s <sup>2</sup>
2	2s <sup>1</sup>	2s <sup>2</sup>	2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>
3	3s <sup>1</sup>	3s <sup>2</sup>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>
4	4s <sup>1</sup>	4s <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>	4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>	4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>	4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>	4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>
가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치	ns <sup>1</sup>	ns <sup>2</sup>	ns <sup>2</sup> np <sup>1</sup>	ns <sup>2</sup> np <sup>2</sup>	ns <sup>2</sup> np <sup>3</sup>	ns <sup>2</sup> np <sup>4</sup>	ns <sup>2</sup> np <sup>5</sup>	ns <sup>2</sup> np <sup>6</sup>
원자가 전자 수	1	2	3	4	5	6	7	0

- 원자가 전자 수가 주기적으로 반복되어 나타나기 때문에 원소의 화학적 성질이 주기적으로 반복된다.
- 주기를 통해 전자가 들어 있는 가장 바깥 전자 껍질의 주 양자수를 알 수 있다.
- 원자가 전자 수는 족의 끝자리 수와 같다(단, 18족은 제외).  
→ 주기율표에서 위치를 통해 전자 배치를 알 수 있다.

예 3주기 17족 원소인 Cl는 3주기이므로 가장 바깥 전자 껍질의 주 양자수가 3이고, 17족이므로 원자가 전자 수가 7이다. 따라서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치가 3s<sup>2</sup>3p<sup>5</sup>이므로 Cl의 바닥상태 전자 배치는 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>5</sup>이다.

3 원소의 주기적 성질

(1) 유효 핵전하

① 유효 핵전하 : 전자에 작용하는 실질적인 핵전하

- 수소 원자는 전자가 1개밖에 없으므로 전자 사이의 반발력은 없고, 원자핵과 전자 사이의 인력만 존재한다. 따라서 수소 원자에서 전자에 작용하는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하와 같은 1+이다.

정답

1. 양이온
2. 음이온
3. ○

- 전자가 2개 이상인 다전자 원자에서 전자에 작용하는 실질적인 핵전하를 따지려면 원자핵과 전자 사이의 인력뿐만 아니라 전자 사이의 반발력도 고려해야 한다. 한 전자에 작용하는 유효 핵전하는 다른 전자와의 반발력 때문에 양성자수에 의한 핵전하보다 작아진다.

예 원자 번호가 6인 탄소(C) 원자의 경우 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하인 6+보다 작다.

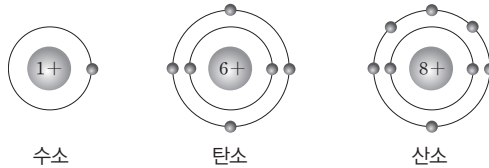
## ② 가려막기 효과(가림 효과)

- 다전자 원자에서 전자에 작용하는 유효 핵전하가 양성자수에 의한 핵전하보다 작아지는 것은 다른 전자에 의해 핵이 가려지기 때문이다. 이러한 현상은 자신보다 안쪽 전자 껍질에 있는 전자뿐만 아니라 자신과 같은 전자 껍질에 있는 다른 전자에 의해서도 나타나며, 이를 가려막기 효과라고 한다.
- 가려막기 효과는 전자 사이의 반발력 때문에 원자핵과 전자 사이의 실질적인 인력이 약해지는 현상을 의미한다.
- 같은 전자 껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과보다 작다.

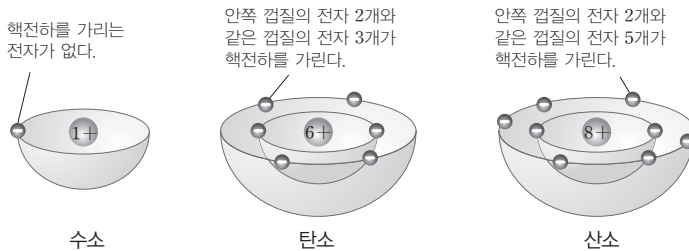
## 탐구자료 살펴보기 가려막기 효과

### 탐구 자료

그림은 수소(H), 탄소(C), 산소(O)의 전자 배치를 나타낸 것이다.



### 자료 해석



1. 수소 원자는 전자가 1개이므로 수소의 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하는 1+ 그대로이다.
2. 탄소의 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하는 K 전자 껍질의 전자와 L 전자 껍질의 다른 전자의 가려막기 효과 때문에 6+보다 작다. 마찬가지로 산소의 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하도 8+보다 작다.

### 분석 point

전자가 1개뿐인 수소에서는 원자가 전자의 유효 핵전하가 양성자수에 의한 핵전하와 같지만, 전자가 2개 이상인 탄소나 산소에서는 원자가 전자의 유효 핵전하가 양성자수에 의한 핵전하보다 작다.

## ③ 같은 주기에서 원자 번호에 따른 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하

- 다전자 원자에서 전자에 작용하는 핵전하는 전자 사이의 반발력에 의해 감소하기 때문에 전자에는 양성자수에 의한 핵전하만큼의 인력이 작용하지 못한다.

## 개념 체크

1. 전자가 2개 이상인 다전자 원자에서 한 전자에 작용하는 유효 핵전하는 다른 전자의 가려막기 효과 때문에 양성자수에 의한 핵전하보다 작다.

2. 같은 전자 껍질에 있는 전자의 가려막기 효과는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자의 가려막기 효과보다 작다.

※ ○ 또는 ×

1. 전자가 2개 이상인 다전자 원자에서 전자에 작용하는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하와 같다.

(      )

2. 가려막기 효과는 전자 사이의 (      )으로 인해 원자핵과 전자 사이의 실질적인 인력이 약해지는 현상이다.

3. 산소(O) 원자에서 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하는 8+보다 ( 작 / 크 )다.

### 정답

1. ×
2. 반발력
3. 작

개념 체크

● 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커진다.

● 원자가 음이온이 되면 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 감소한다.

1. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 산소(O) 원자가 탄소(C) 원자보다 (작/크)다.

2. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 나트륨(Na) 원자가 네온(Ne) 원자보다 (작/크)다.

3. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 나트륨(Na) 원자가 리튬(Li) 원자보다 (작/크)다.

4. 원자가 전자를 잃어 양이온이 되면 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (감소 / 증가)한다.

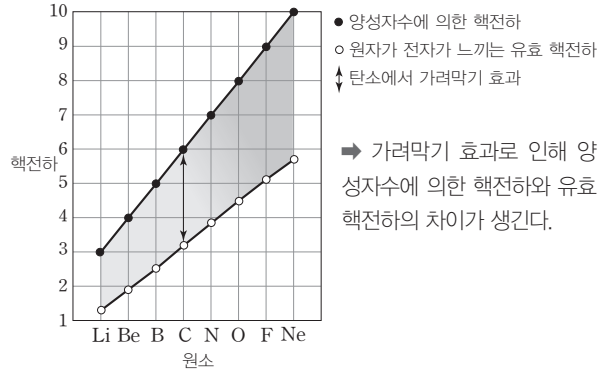
• 2주기에서 원자 번호가 1 증가할 때 핵전하(양성자수에 의한 핵전하, 유효 핵전하)의 변화

양성자가 1개 많아지므로 양성자수에 의한 핵전하는 1 증가함

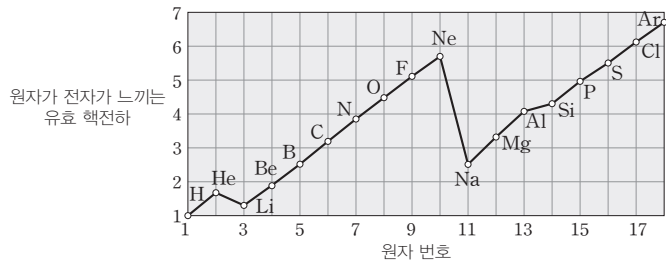
하지만 양성자수 증가에 따른 핵전하의 증가가 전자수 증가에 따른 가려막기 효과의 증가보다 큼

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 증가함

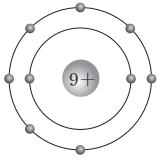
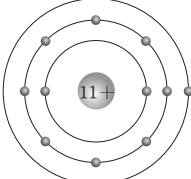
전자도 1개 많아지므로 가려막기 효과도 증가함



- 2주기에서는 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크다.
- 3주기 이상에서도 2주기와 같은 경향을 보인다.
- 18족 원소에서 다음 주기의 1족 원소로 원자 번호가 증가할 때에는 원자가 전자의 껍질이 바뀌므로 안쪽 전자 껍질 수가 증가한다. 그러므로 안쪽 껍질의 전자 수 증가로 인한 가려막기 효과가 크게 증가하므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 감소한다.



- ④ 같은 족에서 원자 번호에 따른 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하 : 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 증가한다. 이는 양성자수의 증가에 따른 핵전하의 증가가 전자 수 증가에 따른 가려막기 효과의 증가보다 크기 때문이다.
- ⑤ 전자 수 증가와 감소에 따른 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하

전자 수 증가	전자 수 감소
전자들 사이의 반발력이 커짐 ⇒ 유효 핵전하 감소 예 F이 F <sup>-</sup> 이 되면 전자 수가 증가하여 전자 사이의 반발력이 커지므로 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 감소한다.	전자들 사이의 반발력이 작아짐 ⇒ 유효 핵전하 증가 예 Na이 Na <sup>+</sup> 이 되면 전자 수가 감소하여 전자들 사이의 반발력이 작아지므로 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다.
	
F > F <sup>-</sup>	Na < Na <sup>+</sup>

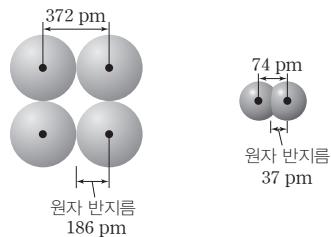
정답

1. 크
2. 작
3. 크
4. 증가

## (2) 원자 반지름

### ① 원자 반지름의 측정

- 현대적 원자 모형인 오비탈 모형에서는 핵으로부터 거리가 아무리 멀어지더라도 전자가 발견될 확률이 0이 되지 않기 때문에 원자의 크기를 정확하게 정의하기 어렵다. 따라서 같은 종류의 두 원자가 결합했을 때 그 두 원자의 원자핵 사이의 거리를 측정하고, 그 거리의 절반을 원자 반지름으로 정의한다.
- 나트륨(Na)과 같은 금속의 경우, 원자 반지름은 나트륨 결정에서 가장 가까운 원자핵 사이 거리의 절반으로 정의한다. 수소(H<sub>2</sub>), 염소(Cl<sub>2</sub>)와 같이 동일한 원자로 구성된 2원자 분자의 형태로 존재하는 비금속 원소의 원자 반지름은 원자핵 사이 거리의 절반으로 정의한다.

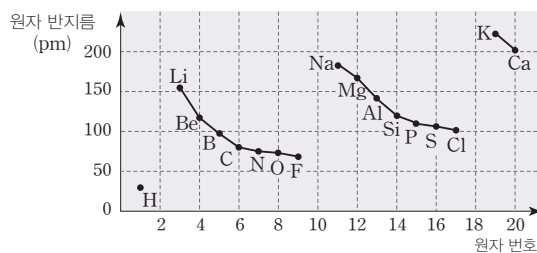


나트륨(금속 원소)    수소 분자(비금속 원소)

### ② 원자 반지름에 영향을 주는 요인

전자 껍질 수	유효 핵전하
같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 증가하며, 전자 껍질 수가 많아질수록 원자가 전자와 핵 사이의 거리가 멀어지므로 원자 반지름이 커진다. <b>예</b> Li < Na	같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하며, 유효 핵전하가 커질수록 핵과 원자가 전자 사이의 전기적 인력이 증가하므로 원자 반지름이 작아진다. <b>예</b> Li > Be

### ③ 원자 반지름의 주기적 변화(18족 원소 제외)



같은 족	같은 주기
원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 커진다. <b>예</b>	원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름이 작아진다. <b>예</b>
<p>Li &lt; Na &lt; K</p>	<p>Na &gt; Mg &gt; Al</p>

## 개념 체크

- 원자 반지름은 같은 종류의 두 원자가 결합했을 때 그 두 원자의 원자핵 사이의 거리를 측정하고, 그 거리의 절반으로 정의한다.
- 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 커진다.
- 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 작아진다.

1. 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 증가하여 원자 반지름이 (감소 / 증가)한다.
2. 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하여 원자 반지름이 (감소 / 증가)한다.
3. Na는 Li보다 원자 반지름이 (작 / 크)다.
4. Li는 Be보다 원자 반지름이 (작 / 크)다.

### 정답

1. 증가
2. 감소
3. 크
4. 크

개념 체크

● 금속 원소의 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 양이온을 형성할 때, 양이온 반지름은 원자 반지름보다 작아진다.

● 비금속 원소의 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 음이온이 될 때, 음이온 반지름은 원자 반지름보다 커진다.

● 전자 수가 같은 이온은 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 크므로 이온 반지름이 작다.

1. 양이온과 음이온 중 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 이온은 ( )이다.

2. 금속 원소의 원자가 비활성 기체의 전자 배치와 같은 전자 배치를 갖는 양이온이 되면 이온 반지름은 원자 반지름보다 (작 / 크)다.

3. 비금속 원소의 원자가 비활성 기체의 전자 배치와 같은 전자 배치를 갖는 음이온이 되면 이온 반지름은 원자 반지름보다 (작 / 크)다.





















(3) 이온 반지름

양이온 반지름	음이온 반지름
금속 원소의 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 양이온이 되면 전자 껍질 수가 감소하므로 이온 반지름은 원자 반지름보다 작아진다. 예 Na → Na <sup>+</sup> 일 때, M 전자 껍질의 원자가 전자 1개를 잃으며 전자 껍질 수가 감소한다.	비금속 원소의 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 음이온이 되면 전자 수가 증가하여 전자 사이의 반발력이 증가하고, 가려막기 효과가 커져서 유효 핵전하가 감소하므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 커진다. 예 Cl → Cl <sup>-</sup> 일 때, M 전자 껍질의 전자 수가 7에서 8로 증가하여 전자 사이의 반발력이 증가하고, 가려막기 효과가 커져서 유효 핵전하가 감소한다.

① 이온 반지름의 비교

같은 족 원소의 이온 반지름	같은 주기 원소의 양이온과 음이온 반지름
원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 증가하므로 이온 반지름이 커진다. 예 Li <sup>+</sup> < Na <sup>+</sup> , F <sup>-</sup> < Cl <sup>-</sup>	양이온은 같은 주기 원소의 음이온보다 전자 껍질 수 1개 적기 때문에 반지름이 작다. 예 Na <sup>+</sup> < Cl <sup>-</sup>

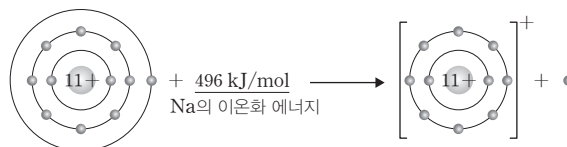
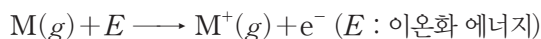
● 원자 ○ 양이온 ○ 음이온 (단위 : pm)

주기 \ 족	1	2	13	16	17
2	Li 152  Li <sup>+</sup> 60 	Be 112  Be <sup>2+</sup> 31 	B 87  B <sup>3+</sup> 20 	O 73  O <sup>2-</sup> 140 	F 71  F <sup>-</sup> 136 
3	Na 186  Na <sup>+</sup> 95 	Mg 160  Mg <sup>2+</sup> 65 	Al 143  Al <sup>3+</sup> 50 	S 103  S <sup>2-</sup> 184 	Cl 99  Cl <sup>-</sup> 181 

② 전자 수가 같은 이온(등전자 이온)의 이온 반지름

- 전자 수가 같은 이온의 경우 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 크므로 이온 반지름이 작아진다.
- 전자 수가 같은 양이온과 음이온은 원소의 주기가 다르다. 2주기 비금속 원소의 음이온과 3주기 금속 원소의 양이온은 네온(Ne)과 전자 배치가 같은 이온들이고, 3주기 비금속 원소의 음이온과 4주기 금속 원소의 양이온은 아르곤(Ar)과 전자 배치가 같은 이온들이다.  
 예 O<sup>2-</sup> > F<sup>-</sup> > Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Al<sup>3+</sup> → 전자 배치는 네온(Ne)의 전자 배치(1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup>)와 같다.  
 S<sup>2-</sup> > Cl<sup>-</sup> > K<sup>+</sup> > Ca<sup>2+</sup> → 전자 배치는 아르곤(Ar)의 전자 배치(1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>6</sup>)와 같다.

(4) 이온화 에너지 : 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자 1 mol을 떼어 내어 기체 상태의 +1가 양이온 1 mol로 만드는 데 필요한 에너지이다.



● 이온화 에너지가 작을수록 전자를 떼어 내기가 쉬워지므로 양이온이 되기 쉽다.

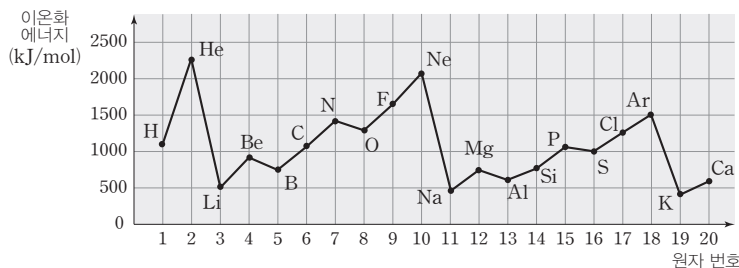
정답

1. 음이온
2. 작
3. 크

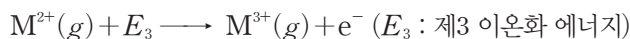
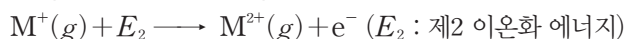
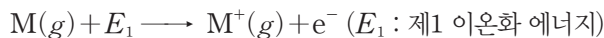
## ① 이온화 에너지의 주기적 변화

같은 족	같은 주기
원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 증가하여 핵과 원자가 전자 사이의 거리가 멀어 전기적 인력이 작아지므로 이온화 에너지가 감소한다.	원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하여, 핵과 원자가 전자 사이의 전기적 인력이 커지므로 이온화 에너지가 대체로 증가한다. 1족 원소의 이온화 에너지가 가장 작고, 18족 원소의 이온화 에너지가 가장 크다.

- 2, 3주기에서 2족에서 13족으로 될 때, 15족에서 16족으로 될 때는 이온화 에너지가 감소한다.
- 2주기 원소의 이온화 에너지는  $Li < B < Be < C < O < N < F < Ne$ 이다.
- 3주기 원소의 이온화 에너지는  $Na < Al < Mg < Si < S < P < Cl < Ar$ 이다.



② 순차 이온화 에너지: 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자를 1 mol씩 차례대로 떼어 내는 데 필요한 단계별 에너지이다.



⋮

- 전자를 떼어 낼수록 이온의 전자 수가 감소한다. 전자 수가 감소할수록 전자 사이의 반발력이 감소하고 가려막기 효과가 감소하므로 유효 핵전하가 증가하여 다음 전자를 떼어 내기 어려워지므로 순차 이온화 에너지는 차수가 커질수록 증가한다.

$$\Rightarrow E_1 < E_2 < E_3 < E_4 < \dots$$

- 순차 이온화 에너지 변화와 원자가 전자 수 결정: 원자가 전자를 모두 떼어 낸 후, 그 다음 전자를 떼어 낼 때는 안쪽 전자 껍질에서 전자가 떨어지게 되어 순차 이온화 에너지가 급격히 증가하게 된다. 따라서 순차 이온화 에너지가 급격히 증가하기 직전까지 떼어 낸 전자 수는 원자가 전자 수와 같다.

원자	전자 배치			순차 이온화 에너지(kJ/mol)				원자가 전자 수
	K	L	M	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	
Na	2	8	1	496	4562	6912	9543	1
Mg	2	8	2	738	1451	7733	10540	2
Al	2	8	3	578	1817	2745	11577	3

- Na의 경우 순차 이온화 에너지가  $E_1 \ll E_2 < E_3$ 이므로 원자가 전자 수가 1이며, Mg의 경우 순차 이온화 에너지가  $E_1 < E_2 \ll E_3$ 이므로 원자가 전자 수가 2이다.
- Al의 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 이온은  $Al^{3+}$ 이며, Al으로부터  $Al^{3+}$ 을 생성하기 위한 최소 에너지는 Al의 원자가 전자를 모두 떼어 내는 데 필요한 순차 이온화 에너지의 합( $E_1 + E_2 + E_3$ )이다.

## 개념 체크

● 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자 1 mol을 떼어 내어 기체 상태의 +1가 양이온으로 만드는 데 필요한 에너지를 이온화 에너지라고 한다.

● 이온화 에너지가 작을수록 전자를 떼어 내기가 쉬워 양이온이 되기 쉽다.

1. 같은 족에서 원자 번호가 증가하면 전자 껍질 수가 증가하여 원자핵과 ( ) 사이의 거리가 멀어 전기적 인력이 작아지므로 이온화 에너지가 ( 증가 / 감소 ) 한다.

2. 같은 주기에서는 ( ) 족 원소의 이온화 에너지가 가장 작고, ( ) 족 원소의 이온화 에너지가 가장 크다.

정답

1. 원자가 전자, 감소
2. 1, 18

기출문제 다시보기 원소의 주기적 성질

2022학년도 대학수학능력시험

다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z는 각각 O, F, P, S 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

- 원자가 전자 수는  $W > X$ 이다.
- 원자 반지름은  $W > Y$ 이다.
- 제1 이온화 에너지는  $Z > Y > W$ 이다.

보기

- ㄱ. Y는 P이다.
- ㄴ. W와 X는 같은 주기 원소이다.
- ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $Y > Z$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** O, F, P, S의 원자가 전자 수는 각각 6, 7, 5, 6이고 원자가 전자 수가  $W > X$ 이므로, W는 P일 가능성이 없으므로 O, F, S 중 하나이다. O, F, P, S의 원자 반지름은  $P > S > O > F$ 이고 원자 반지름이  $W > Y$ 이므로, W는 F일 가능성이 없으므로 O, S 중 하나이다. 제1 이온화 에너지는  $F > O, P > S, O > S$ 이므로, O, F, P, S 중 이온화 에너지가 가장 큰 것은 F이고, 가장 작은 것은 S이다. W가 O인 경우를 가정하면 X는 P이고, Y는 F이므로 Z는 S이다. 이 조합은 제1 이온화 에너지 조건을 만족하지 않으므로 자료에 부합하지 않는다. W가 S인 경우를 가정하면 X는 P이고, Y는 O가 되고, Z는 F이므로 모든 조건을 만족한다. 그러므로 W~Z는 각각 S, P, O, F이다.

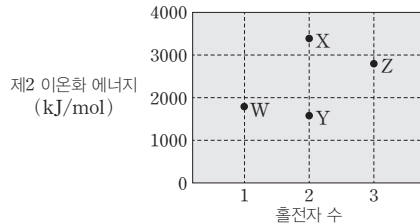
ㄱ. Y는 O이다. ㄴ. W(S), X(P)는 둘 다 3주기 원소이다. ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $Z(F) > Y(O)$ 이다. **답** ②

기출문제 다시보기 원소의 주기적 성질

2022학년도 6월 모의평가

다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- W~Z의 원자 번호는 각각 7~14 중 하나이다.
- W~Z의 홀전자 수와 제2 이온화 에너지



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

보기

- ㄱ. W는 13족 원소이다.
- ㄴ. 원자 반지름은  $X > Y$ 이다.
- ㄷ. 제2 이온화 에너지는  $Z > X$ 이다.
- ㄹ. 제1 이온화 에너지

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** W~Z 중 홀전자 수가 3인 Z는 원자 번호 7인 N이다. 홀전자 수가 2인 X, Y는 각각 O, Si 중 하나이고, 제2 이온화 에너지가  $X > Y$ 이므로 X는 O, Y는 Si이다. 홀전자 수가 1인 W의 제2 이온화 에너지가 Y(Si)보다 크고 Z(N)보다 작으므로 W는 Al이다.

ㄱ. W는 Al이므로 13족 원소이다. ㄴ. 원자 반지름은  $Y(Si) > X(O)$ 이다. ㄷ. 제1 이온화 에너지는  $Z(N) > X(O)$ 이고, 제2 이온화 에너지는  $X(O) > Z(N)$ 이므로 제2 이온화 에너지 / 제1 이온화 에너지는  $X(O) > Z(N)$ 이다. **답** ①



01 [22024-0105] 다음은 주기율표의 발전에 기여한 세 과학자의 업적과 관련된 내용이다.

- (가) 당시까지 발견된 원소의 화학적 성질과 원자량 순서를 고려한 최초의 주기율표를 발표하였다.
- (나) 원소를 원자량 순으로 나열하면 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타나는 규칙성을 발견하고 옥타브설을 발표하였다.
- (다) X선 연구를 통해 원자핵의 양성자수를 결정하고, 원자핵의 양성자수를 원자 번호로 정하여 주기율표를 만들었다.

(가)~(다)를 시대 순으로 옳게 나열한 것은?

- ① (가) - (나) - (다)                      ② (가) - (다) - (나)
- ③ (나) - (가) - (다)                      ④ (나) - (다) - (가)
- ⑤ (다) - (나) - (가)

02 [22024-0106] 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2								
3			(가)			(나)		

영역 (가)와 (나)에 해당하는 바닥상태 원자에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 원자는 원자가 전자 수가 같다.
  - ㄴ. (나)의 원자는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 같다.
  - ㄷ. (가)와 (나)의 원자는 모두 홀전자를 갖는다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22024-0107] 표는 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	15
2		A	B
3	C		D

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 원자 반지름은  $A > B$ 이다.
  - ㄴ. 바닥상태 원자에서 홀전자 수는  $A > C$ 이다.
  - ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $C > D$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22024-0108] 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2	A					B		
3		C						

바닥상태 원자 A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 원자가 전자 수는  $B > C$ 이다.
  - ㄴ. 원자가 전자의 주 양자수는  $A = B$ 이다.
  - ㄷ. 원자가 전자의 방위(부) 양자수는  $A = C$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05~06 다음은 비대면 화학 공부방에서 유효 핵전하에 대한 교사와 학생의 대화이다.

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 Be이 Li보다 크고, Na이 Li보다 큰 까닭이 뭐죠?

같은 주기에서나 같은 족에서는 원자 번호가 커질 때, 핵전하의 증가에 비해 전자의 가려막기 효과 증가가  때문입니다.

그러면 원자 번호가 증가할 때는 언제나 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하나요, 쌤?

꼭 그렇진 않아요. 자료를 첨부하고 설명할게요.

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하

원자 번호

He에서 Li으로, Ne에서 Na으로 원자 번호가 증가할 때에는 인쪽 전자 껍질의 전자에 의한 가려막기 효과가 크게 하므로, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 합니다.

아, 그렇군요. 감사합니다!

05 [22024-0109] ㉠~㉣에 들어갈 말로 적절한 것은?

- |   |    |    |    |
|---|----|----|----|
|   | ㉠  | ㉡  | ㉢  |
| ① | 크기 | 증가 | 증가 |
| ② | 크기 | 감소 | 감소 |
| ③ | 작기 | 증가 | 증가 |
| ④ | 작기 | 증가 | 감소 |
| ⑤ | 작기 | 감소 | 감소 |

06 [22024-0110] 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 크기를 비교한 것으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

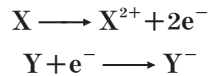
ㄱ. S > Cl

ㄴ. Ar > K

ㄷ. Ca > Mg

- |        |           |        |
|--------|-----------|--------|
| ① ㄱ    | ② ㄴ       | ③ ㄱ, ㄷ |
| ④ ㄴ, ㄷ | ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ |        |

07 [22024-0111] 다음은 X와 Y가 전자를 잃거나 얻어 Ne과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 되는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X, Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 원자 반지름은 X > Y이다.

ㄴ. X와 Y의 원자가 전자 수의 차는 5이다.

ㄷ. 바닥상태 원자에서 X와 Y의 홀전자 수의 합은 3이다.

- |        |           |        |
|--------|-----------|--------|
| ① ㄱ    | ② ㄷ       | ③ ㄱ, ㄴ |
| ④ ㄴ, ㄷ | ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ |        |

08 [22024-0112] 다음은 2주기 원자 A~C의 이온화 에너지에 대한 자료이다. A~C는 각각 Li, Be, B 중 하나이다.

○ 제n 이온화 에너지 ( $E_n$ )

제1 이온화 에너지 ( $E_1$ ) :  $M(g) + E_1 \rightarrow M^{+}(g) + e^{-}$

제2 이온화 에너지 ( $E_2$ ) :  $M^{+}(g) + E_2 \rightarrow M^{2+}(g) + e^{-}$

제3 이온화 에너지 ( $E_3$ ) :  $M^{2+}(g) + E_3 \rightarrow M^{3+}(g) + e^{-}$

○ A~C의 제n 이온화 에너지 ( $E_n$ , kJ/mol)

원자	$E_1$	$E_2$	$E_3$
A	520	$x$	11815
B	801	2430	3660
C	$y$	1757	14850

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ.  $x < 2430$ 이다.

ㄴ.  $y > 801$ 이다.

ㄷ. A~C 중  $\frac{E_2}{E_1}$ 는 B가 가장 크다.

- |        |           |        |
|--------|-----------|--------|
| ① ㄴ    | ② ㄷ       | ③ ㄱ, ㄴ |
| ④ ㄱ, ㄷ | ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ |        |

**09** [22024-0113] 다음은 원자 A~D에 대한 자료이다. A~D의 원자 번호는 각각 8, 9, 12, 13 중 하나이고, A~D의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

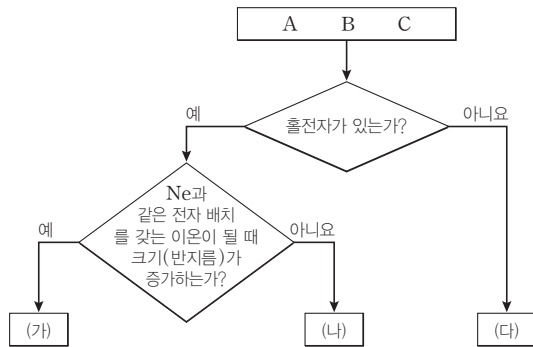
- 원자 반지름은 A가 가장 크다.
- 이온 반지름은 B가 가장 작다.
- 제2 이온화 에너지는 C>D이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 원자 반지름은 D>C이다.
  - ㄴ. 원자가 전자 수는 A>C이다.
  - ㄷ. 제2 이온화 에너지는 B>A이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**10** [22024-0114] 그림은 바닥상태 원자 A~C를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다. (가)~(다)는 각각 A~C 중 하나이다.



A~C로 적절한 조합만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. He, O, Al
  - ㄴ. B, C, N
  - ㄷ. F, Na, Mg

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**11** [22024-0115] 다음은 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 Be, B, N 중 하나이다.

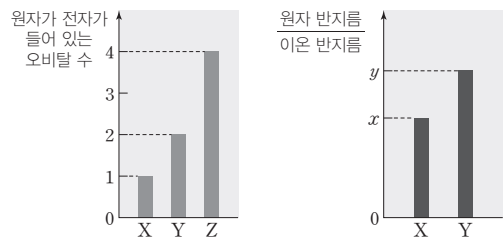
- 원자 반지름은 X>Y이다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Y>Z이다.
- 제2 이온화 에너지는 X>Z이다.
- 제1 이온화 에너지

X~Z로 옳은 것은?

- |   |          |          |          |   |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|---|----------|----------|----------|
|   | <u>X</u> | <u>Y</u> | <u>Z</u> |   | <u>X</u> | <u>Y</u> | <u>Z</u> |
| ① | Be       | B        | N        | ② | Be       | N        | B        |
| ③ | B        | Be       | N        | ④ | B        | N        | Be       |
| ⑤ | N        | B        | Be       |   |          |          |          |

**12** [22024-0116] 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다.

- X~Z의 원자 번호는 각각 8~13 중 하나이다.
- X~Z의 홀전자 수는 서로 다르다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.
- 원자가 전자가 들어 있는 오비탈 수와 원자 반지름 이온 반지름



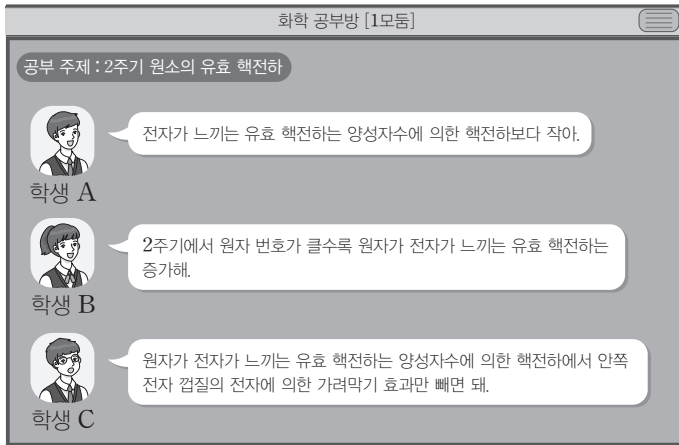
X~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. Y의 홀전자 수는 1이다.
  - ㄴ. Z의 원자 반지름 이온 반지름 는 x보다 크고 y보다 작다.
  - ㄷ. 제3 이온화 에너지 제1 이온화 에너지 는 X가 가장 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

다전자 원자에서 전자가 느끼는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하에서 다른 전자에 의하여 핵이 가려지는 가려막기 효과를 뺀 실질적인 핵전하이다.

01 [2024-0117] 다음은 비대면 화학 공부방에서 2주기 원소의 유효 핵전하에 대한 세 학생의 대화이다.

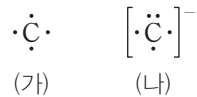


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① B                      ② C                      ③ A, B                      ④ A, C                      ⑤ B, C

바닥상태의 전자 배치는 (가)는  $1s^2 2s^2 2p^2$ , (나)는  $1s^2 2s^2 2p^3$  ( $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ )이다.

02 [2024-0118] 그림 (가)는 원자 C를, (나)는 이온  $C^-$ 을 각각 루이스 전자점식으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

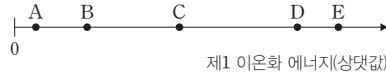
보기

ㄱ. 반지름은 (나) > (가)이다.  
 ㄴ. 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 (가) > (나)이다.  
 ㄷ. 바닥상태 전자 배치에서 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지는 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22024-0119]

그림은 원자 번호가 연속인 2주기 원자 A~E의 이온화 에너지를 나타낸 것이다. 바닥상태 원자에서 홀전자 수는 C와 D가 같고, A~E는 원자 번호 순이 아니다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. 원자 반지름은  $A > B$ 이다.
- ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $D > E$ 이다.
- ㄷ. A~E 중 제3 이온화 에너지는 B가 가장 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2주기 원소의 제1 이온화 에너지는  $Li < B < Be < C < O < N < F < Ne$ 이다.

04 [22024-0120]

다음은 2, 3주기 원자 A와 B에 대한 자료이다.

- 원자 반지름은  $A > B$ 이다.
- 바닥상태 원자에서 홀전자 수는  $A = B$ 이다.
- 원자가 전자의 주 양자수( $n$ )는  $B > A$ 이다.
- A와 B의 원자가 전자 수의 합은 8이다.

|A의 원자 번호 - B의 원자 번호|는? (단, A, B는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 2                      ② 4                      ③ 6                      ④ 10                      ⑤ 14

원자가 전자의 주 양자수( $n$ )는  $B > A$ 이므로, B는 3주기 원소, A는 2주기 원소이다. 바닥상태에서 홀전자 수가 같고, 원자가 전자 수의 합은 8이 되려면 A와 B는 각각 1족, 17족 중 하나이어야 한다.

2주기 바닥상태 원자의 전자가 들어 있는 오비탈 수는 2, 3, 4, 5 중 하나이고, 3주기 바닥상태 원자의 전자가 들어 있는 오비탈 수는 6, 7, 8, 9 중 하나이다.

Li~C의 제1 이온화 에너지는  $Li < B < Be < C$ 이고, 제2 이온화 에너지는  $A > B > C$ 이므로, A는 Be, C 중 하나이다.

05 [22024-0121] 표는 2, 3주기 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료이다.

원자	A	B	C	D
전자가 들어 있는 오비탈 수	$a$	$a+1$		$2a$
$s$ 오비탈에 들어 있는 전자 수 홀전자 수	2	2	2	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 원자 반지름은  $C > B$ 이다.  
 ㄴ. 홀전자 수는 B와 D가 같다.  
 ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $D > C$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

06 [22024-0122] 다음은 2주기 원자 A~D에 대한 자료이다.

○ A~D의 원자 번호는 각각 3~6 중 하나이다.  
 ○ 제1 이온화 에너지는  $A > B > C$ 이다.  
 ○ 원자 반지름은  $D > A$ 이다.  
 ○ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는  $D > B$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A의 원자 번호는 6이다.  
 ㄴ. 제2 이온화 에너지는  $A > D$ 이다.  
 ㄷ. 바닥상태 원자에서 홀전자 수는  $B > D$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [22024-0123]

다음은 바닥상태 원자 A~C와 A~C의 들뜬상태 원자 A\*~C\*에 대한 자료이다. A~C는 18족 원소가 아니다.

- A~C에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 5 또는 6이다.
- A~C에서 각각 1개의 전자가 전이한 A\*~C\*가 될 때 모두 홀전자 수가 변한다.
- A\*~C\*의 홀전자 수

들뜬상태 원자	A*	B*	C*
홀전자 수	1	2	4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

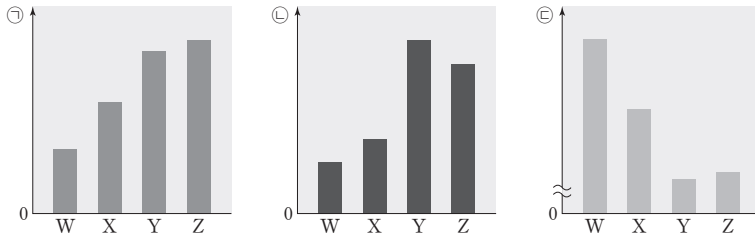
- ㄱ. 원자가 전자 수는  $A > B$ 이다.
- ㄴ. 제2 이온화 에너지는  $A > C$ 이다.
- ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는  $C^* > B^*$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

**08** [22024-0124]

다음은 2주기 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- 바닥상태 전자 배치에서 W~Z의 홀전자 수는 각각 0, 1, 2, 3 중 하나이다.
- ㉠~㉣은 각각 원자 반지름, 제1 이온화 에너지, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하 중 하나이다.



W~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 원자 반지름이다.
- ㄴ. 제3 이온화 에너지 / 제1 이온화 에너지 는  $W > Y$ 이다.
- ㄷ. 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Z가 W보다 2만큼 크다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A~C에서 각각 1개의 전자가 전이한 들뜬상태 A\*~C\*가 될 때 모두 홀전자 수가 변하므로, 바닥상태 A~C에서 홀전자 수는 각각 들뜬상태(A\*~C\*)에서와 2만큼 차이가 난다.

㉠( $W < X < Z < Y$ )과 ㉡( $W > X > Z > Y$ )의 대소 관계가 반대이므로 ㉠과 ㉡은 각각 원자 반지름과 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하 중 하나이다.

바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는  $B=C$ 이고 홀전자수가  $A=C>0$ 이므로, B와 C는 15~17족에 해당한다.

Na는 1족 원소이므로  $E_1 \ll E_2 < E_3$ 이고, Mg는 2족 원소이므로  $E_1 < E_2 \ll E_3$ 이다.  $E_1$ 은  $\text{Na} < \text{Mg}$ ,  $E_2$ 는  $\text{Na} > \text{Mg}$ ,  $E_3$ 은  $\text{Na} < \text{Mg}$ 이다.

09 [22024-0125] 다음은 바닥상태 원자 A~C에 대한 자료이다.

○ 주기율표에서 원자 A~C의 위치 ( $x < y < z$ )

주기 \ 족	x	y	z
2	A		
3		B	C

- 홀전자 수는  $A=C>0$ 이다.
- 전자가 들어 있는 오비탈 수는  $B=C$ 이다.
- 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지 모두  $C>B$ 이다.
- $x+y+z < 42$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

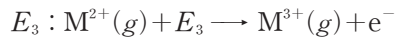
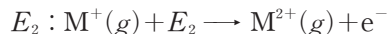
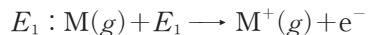
보기

- ㄱ.  $z=y+1$ 이다.
- ㄴ. 홀전자 수는 B가 A보다 2만큼 크다.
- ㄷ. B가 바닥상태의  $B^+$ 이 될 때 전자가 들어 있는 오비탈 수는 감소한다.

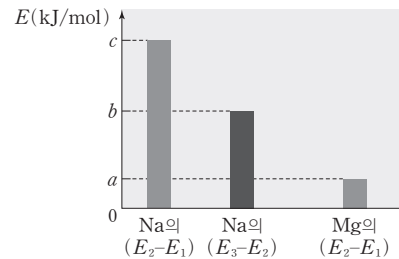
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22024-0126] 다음은 Na과 Mg의 이온화 에너지에 대한 자료이다.

○ 제n 이온화 에너지( $E_n$ )



○ Na과 Mg의  $E_2-E_1$ ,  $E_3-E_2$ 에 대한 자료



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 제1 이온화 에너지( $E_1$ )는  $\text{Mg} > \text{Na}$ 이다.
- ㄴ. Mg의  $E_3 > c$  kJ/mol이다.
- ㄷ. Mg의  $(E_3-E_2) > b$  kJ/mol이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



11 [2024-0127] 표는 원자 또는 이온의 바닥상태 전자 배치를 나타낸 것이다.

원자 또는 이온	전자 배치	원자 또는 이온	전자 배치
W	$1s^2 2s^2 2p^3$	Y	$1s^2 2s^2 2p^4$
$X^-$	$1s^2 2s^2 2p^3$	$Z^+$	$1s^2 2s^2 2p^4$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 반지름은  $X^- > W$ 이다.  
 ㄴ. 제2 이온화 에너지는  $Y > W$ 이다.  
 ㄷ. 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지는 Y에서가  $Z^+$ 에서보다 크다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [2024-0128] 다음은 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- W~Z의 원자 번호는 각각 8~13 중 하나이다.
- 바닥상태 원자에서 X, Y, Z의 홀전자 수는 서로 다르다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.
- W~Z의 이온화 에너지, 원자와 이온 반지름에 대한 자료는 그림과 같다.

제3 이온화 에너지( $E_3$ )  
제1 이온화 에너지( $E_1$ )

이온 반지름  
원자 반지름

X~Z의 원자 반지름으로 가장 적절한 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

① 원자 반지름      ② 원자 반지름      ③ 원자 반지름

④ 원자 반지름      ⑤ 원자 반지름

W와  $X^-$ 의 전자 배치가  $1s^2 2s^2 2p^3$ 로 같으므로, W와 X는 각각 원자 번호가 7, 6이다. Y와  $Z^+$ 의 전자 배치가  $1s^2 2s^2 2p^4$ 로 같으므로, W와 X는 각각 원자 번호가 8, 9이다.

제3 이온화 에너지 자료로부터 제1 이온화 에너지 Y는 1족과 2족인 Na 또는 Mg임을, W와 X는 1족과 2족 원소가 아님을 알 수 있다. 이온 반지름 자료에서  $X < 1$ 이고, X는 1족과 2족 원소가 아니므로 X는 Al이다.

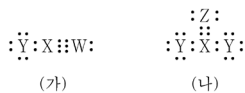
# III

## 화학 결합과 분자의 세계

### 2022학년도 대학수학능력시험 8번

8. 표는 원자 X와 Y의 원자가 전자 수를 나타낸 것이고, 그림은 원자 W~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)를 루이스 전자점식으로 나타낸 것이다. W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이다.

원자	X	Y
원자가 전자 수	a	a+3



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

<보 기>

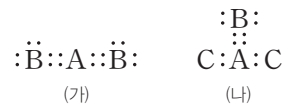
- ㄱ. a=4이다.  
 ㄴ. Z는 N이다.  
 ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의  $\frac{8}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 2021학년도 EBS 수능특강 132쪽 8번

[21024-0152]

08 그림은 1, 2주기 원소 A~C로 이루어진 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. 전기 음성도는 B>A이다.  
 ㄴ. C는 2주기 원소이다.  
 ㄷ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### 연계 분석

수능 8번 문항은 수능특강 132쪽 8번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 분자의 루이스 전자점식을 제시하여 구성 원자를 판단하고, 원자가 전자 수나 전기 음성도, 공유 전자쌍 수나 비공유 전자쌍 수를 비교하도록 하는 점에서 높은 유사성을 보인다. 수능에서는 구성 원자 4가지가 모두 제시되어 있고, X와 Y 원자의 원자가 전자 수의 차이가 3이라는 자료를 활용하도록 하였고, 수능특강에서는 구성 원자가 1, 2주기 원소라는 조건을 이용하도록 하고 있다.

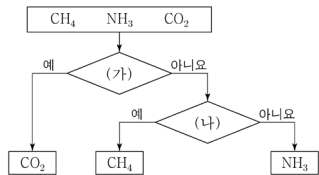
#### 학습 대책

루이스 전자점식을 통해 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 파악하고 전자쌍 반발 이론을 적용하여 분자 모양을 추론할 수 있으며, 극성 유무를 판단하는 내용까지 학습 내용이 연계된다는 점에서 루이스 전자점식은 3단원의 매우 중요한 학습 내용이다. 원자, 분자, 이온의 루이스 전자점식을 이용하여 구성 원자를 판단하고, 각 원자의 특징을 파악하는 문항은 출제 빈도가 매우 높은 편이다. 원자 번호 1~20의 원소로 이루어진 이온이나 분자의 루이스 전자점식을 그릴 수 있도록 충분한 연습을 해두어야 하며, 특히 14족~17족 원소의 원자가 형성할 수 있는 공유 전자쌍 수를 미리 파악하고 있다면 제시된 루이스 전자점식에서 구성 원자를 쉽게 판단할 수 있을 것이다. <보기>에서는 분자를 구성하는 원소의 주기적 성질을 묻는 경우가 많으므로 전기 음성도와 같은 원소의 주기적 성질을 정확하게 정리한다.

## 수능 \_ EBS 교재 연계 사례

### 2022학년도 대학수학능력시험 7번

7. 그림은 3가지 분자를 기준 (가)와 (나)에 따라 분류한 것이다.



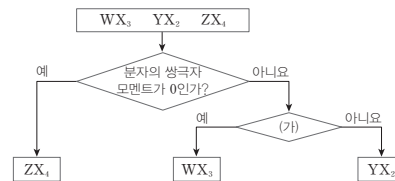
다음 중 (가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| (가)               | (나)             |
| ① 무극성 분자인가?       | 공유 전자쌍 수는 3인가?  |
| ② 공유 전자쌍 수는 4인가?  | 무극성 분자인가?       |
| ③ 분자 모양이 직선형인가?   | 비공유 전자쌍 수는 4인가? |
| ④ 다중 결합이 존재하는가?   | 분자 모양이 정사면체형인가? |
| ⑤ 비공유 전자쌍 수는 4인가? | 다중 결합이 존재하는가?   |

### 2021학년도 EBS 수능완성 125쪽 9번

▶ 21067-0259

09 그림은 2주기 원소 W~Z로 이루어진 3가지 분자를 기준에 따라 분류한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이고, 모든 분자에서 구성 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.)

**보기**

- ㄱ. (가)로 '입체 구조인가?'는 적절하다.
- ㄴ. WX<sub>3</sub>에서 W는 부분적인 (-)전하를 띤다.
- ㄷ. 공유 전자쌍 수는 YX<sub>2</sub>와 ZX<sub>4</sub>가 같다.

- |        |           |        |
|--------|-----------|--------|
| ① ㄱ    | ② ㄷ       | ③ ㄱ, ㄴ |
| ④ ㄴ, ㄷ | ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ |        |

### 연계 분석

수능 7번 문항은 수능완성 125쪽 9번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 3가지 분자를 기준에 따라 분류한 결과를 이용하고 있다는 점에서 문항 구성 형식이 매우 유사하며, 분자 모양과 성질을 파악하고 있어야 해결이 가능하다. 수능에서는 정해진 분자에 대하여 분자 모양, 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수, 다중 결합 유무, 분자의 극성 등을 비교하여 분류 기준을 찾으도록 하고 있고, 수능완성에서는 2주기 원소로 이루어진 3가지 분자를 쌍극자 모멘트를 기준으로 구분한 후 분자식을 비교하여 해당되는 분자를 판단한 다음, 구성 원자의 부분 전하 종류와 공유 전자쌍 수를 비교하는 <보기> 내용을 해결하도록 하고 있다.

### 학습 대책

분자에 대하여 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수, 분자 모양, 다중 결합 유무, 극성 유무에 대한 특징을 정확하게 이해하고 있는가를 묻는 문항은 3단원의 핵심적인 학습 내용을 다룬다는 점에서 중요할 뿐 아니라 출제 빈도가 매우 높다. 수능완성에서와 같이 분자의 구성 원자를 판단하여 분자식을 결정한 다음에 분자 모양과 성질에 대한 <보기> 내용을 풀이해야 하는 경우도 있다는 것을 알고, 평소에 다양한 분자에 대한 연계 교재의 내용을 반복해서 공부하여 포괄적인 이해력과 적용력을 길러두어야 한다.

## 개념 체크

### ● 이온 결합 물질

서로 다른 전하를 띤 이온들이 정전기적 인력에 의해 결합하여 생성되는 화합물이다.

### ● 이온 결합과 전자

이온 결합이 형성될 때 전자가 관여한다.

1. 염화 나트륨(NaCl) 용융액에 전류를 흘려주면 ( )은 (-)극으로 이동하고, ( )은 (+)극으로 이동한다.

2. 용융 상태의 이온 결합 물질이 전기 분해가 되는 것으로 보아 이온 결합이 형성될 때 ( )가 관여한다는 것을 알 수 있다.

※ ○ 또는 ×

3. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전류가 흐른다. ( )

4. 염화 나트륨(NaCl) 용융액에서는 이온이 자유롭게 움직일 수 있다. ( )

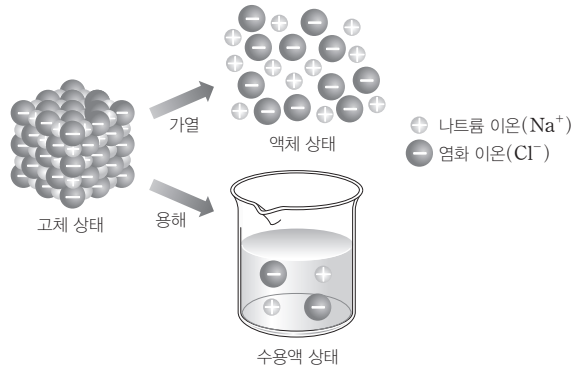
## 1 화학 결합의 전기적 성질

### (1) 이온 결합의 전기적 성질

① 이온 결합 물질 : 염화 나트륨(NaCl), 플루오린화 칼륨(KF)과 같이 이온으로 구성된 물질은 서로 다른 전하를 띤 이온들이 정전기적 인력에 의해 단단히 결합을 하고 있어 상온에서 대부분 고체 상태이다.

② 전기 전도성 : 이온 결합 물질은 고체 상태에서 이온들이 단단히 결합하고 있어서 자유롭게 이동하지 못하므로 전류가 흐르지 않지만, 액체 상태나 수용액 상태에서는 이온들이 자유롭게 움직일 수 있으므로 전압을 걸어 주면 양이온은 (-)극으로, 음이온은 (+)극으로 이동하여 전류가 흐른다.

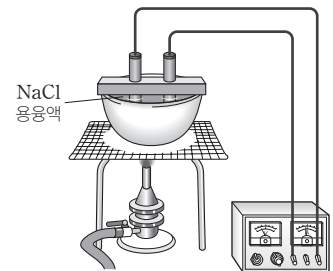
예 염화 나트륨(NaCl)



③ 이온 결합과 전자 : 이온 결합 물질의 용융액에 전류를 흘려주었을 때 성분 원소로 분해되는 것으로 보아 이온 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

### 과학 돋보기 염화 나트륨(NaCl) 용융액의 전기 분해

- 고체 염화 나트륨을 가열하면 801°C에서 녹아 용융액이 얻어진다.
- 염화 나트륨 용융액에 전류를 흘려주면 전기 분해가 일어나서 (+)극에서는 염소 기체, (-)극에서는 금속 나트륨이 생성된다.
- (+)극 : 음이온인 Cl<sup>-</sup>이 (+)극으로 이동하여 염소 기체(Cl<sub>2</sub>)가 생성된다.
- (-)극 : 양이온인 Na<sup>+</sup>이 (-)극으로 이동하여 금속 나트륨(Na)이 생성된다.



### (2) 공유 결합의 전기적 성질

① 공유 결합 물질 : 물(H<sub>2</sub>O), 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>), 설탕(C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)과 같이 비금속 원소로 구성된 화합물이나 흑연(C), 다이아몬드(C)와 같이 1가지 비금속 원소로 이루어진 순물질은 원자 사이에 전자쌍을 공유하는 공유 결합으로 형성된다.

#### 정답

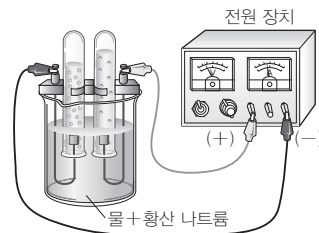
1. Na<sup>+</sup>(나트륨 이온), Cl<sup>-</sup>(염화 이온)
2. 전자
3. ×
4. ○

- ② 전기 전도성 : 공유 결합 물질에는 자유롭게 이동할 수 있는 이온이나 전자가 없으므로 고체 상태나 액체 상태에서 전기 전도성이 없다(단, 흑연(C)은 예외).
- ③ 물의 전기 분해 : 물에 황산 나트륨( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )과 같은 전해질을 소량 넣고 전기 분해하면 (-)극에서는 수소 기체, (+)극에서는 산소 기체가 발생한다.
- ④ 공유 결합과 전자 : 공유 결합 물질인 물에 전류를 흘려주면 성분 원소로 분해되는 것으로 보아 공유 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

### 탐구자료 살펴보기 물( $\text{H}_2\text{O}$ )의 전기 분해

#### 실험 과정

- (가) 비커에 물을 넣고, 황산 나트륨( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )을 소량 녹인다.  
 (나) 그림과 같이 과정 (가)의 수용액으로 가득 채운 2개의 시험관을 전극이 고정된 비커 속에 거꾸로 세우고, 전류를 흘려주어 발생하는 기체를 모은다.



#### 실험 결과

(-)극에서는 수소 기체, (+)극에서는 산소 기체가 2 : 1의 부피비로 생성된다.

- (-)극 : 물이 전자를 얻어 수소( $\text{H}_2$ ) 기체가 발생한다.
- (+)극 : 물이 전자를 잃어 산소( $\text{O}_2$ ) 기체가 발생한다.
- 전체 반응 :  $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$

#### 분석 point

- 순수한 물은 전류가 거의 흐르지 않기 때문에 황산 나트륨과 같은 전해질을 소량 넣어 전류가 잘 흐르게 한다.
- 물을 전기 분해하면 (-)극에서는 수소 기체가 발생하고, (+)극에서는 산소 기체가 발생한다.
- 물에 전류를 흘려주면 수소와 산소의 2가지 성분 물질로 분해되는 것으로 보아 공유 결합에 의해 물이 생성될 때 전자가 관여함을 알 수 있다.

### 탐구자료 살펴보기 염화 나트륨( $\text{NaCl}$ )과 설탕( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )의 전기 전도성

#### 실험 과정

- (가) 고체 상태와 액체 상태의 염화 나트륨에 각각 전극을 연결하여 전류가 흐르는지 확인한다.  
 (나) 설탕에 대해서도 과정 (가)를 반복한다.

#### 실험 결과

	고체 상태	액체 상태
염화 나트륨( $\text{NaCl}$ )	×	○
설탕( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )	×	×

(○ : 전류가 흐름, × : 전류가 흐르지 않음)

#### 분석 point

- 염화 나트륨은 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만 액체 상태에서는 전류가 흐른다. 고체 상태에서는 양이온과 음이온이 강하게 결합하고 있어서 이동할 수 없지만, 액체 상태에서는 양이온과 음이온이 자유롭게 이동하여 전하를 운반할 수 있기 때문이다.
- 설탕에는 자유롭게 이동할 수 있는 이온이나 전자가 없기 때문에 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르지 않는다.

### 개념 체크

#### 공유 결합 물질

비금속 원소들이 전자를 공유하면서 생성되는 물질이다.

#### 공유 결합과 전자

공유 결합이 형성될 때 전자가 관여한다.

- 물을 전기 분해하면 (+)극에서는 ( ) 기체, (-)극에서는 ( ) 기체가 발생한다.

※ ○ 또는 ×

- 공유 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. ( )
- 설탕은 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르지 않는다. ( )

#### 정답

- 산소( $\text{O}_2$ ), 수소( $\text{H}_2$ )
- ×
-

개념 체크

● 비활성 기체

주기율표의 18족에 있는 원소로 반응성이 작아 다른 원소들과 거의 반응하지 않는다.

● 옥텟 규칙

원자들이 화학 결합을 통해 18족 원소와 같이 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려는 경향이 있다.

● 양이온의 형성

원자가 전자를 잃으면 양이온이 된다.

● 음이온의 형성

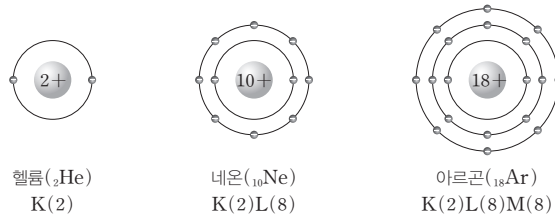
원자가 전자를 얻으면 음이온이 된다.

1. 원자들이 18족 원소인 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려는 경향을 ( ) 규칙이라고 한다.

2. 원자가 전자를 잃으면 ( )이온이 되고, 전자를 얻으면 ( )이온이 된다.

(3) 화학 결합과 옥텟 규칙

① 비활성 기체의 전자 배치 : 18족 원소인 비활성 기체는 바닥상태에서 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자가 배치되어 있다(단, He은 2개).



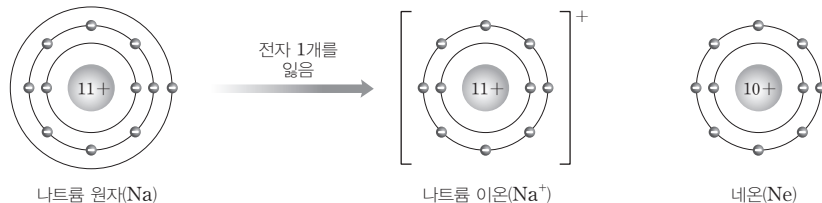
② 옥텟 규칙 : 18족 원소 이외의 원자들이 전자를 잃거나 얻어서 또는 전자를 공유함으로써 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려는 경향을 뜻한다.

③ 18족 원소 이외의 원자들은 화학 결합을 통해 18족 원소와 같은 전자 배치를 이루려고 한다. 따라서 옥텟 규칙은 이온의 형성이나 공유 결합의 형성을 이해하는 데 매우 유용하다.

2 이온 결합

(1) 양이온의 형성 : 원자가 전자를 잃어 양이온이 된다.

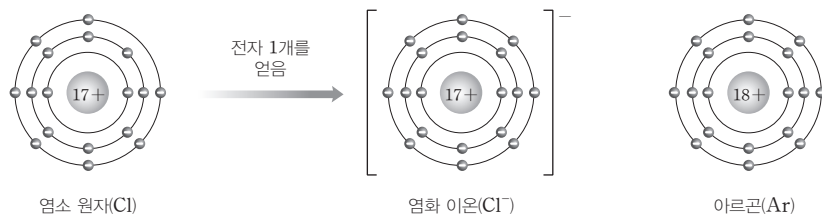
예 나트륨 이온( $\text{Na}^+$ ) : 11개의 전자를 갖는 나트륨 원자가 가장 바깥 전자 껍질의 전자 1개를 잃어서 형성되므로 10개의 전자를 가지며, 비활성 기체인 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 갖는다.



나트륨 이온( $\text{Na}^+$ )의 형성과 전자 배치

(2) 음이온의 형성 : 원자가 전자를 얻어 음이온이 된다.

예 염화 이온( $\text{Cl}^-$ ) : 17개의 전자를 갖는 염소 원자가 가장 바깥 전자 껍질에 전자 1개를 얻어서 형성되므로 18개의 전자를 가지며, 비활성 기체인 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 갖는다.



염화 이온( $\text{Cl}^-$ )의 형성과 전자 배치

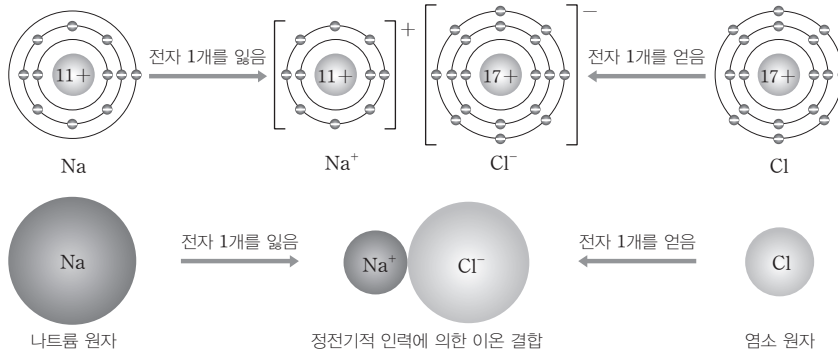
정답

- 1. 옥텟
- 2. 양, 음

### (3) 이온 결합의 형성

- ① 이온 결합 : 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이다.
- ② 이온 결합의 형성 : 이온 결합은 주로 양이온이 되기 쉬운 금속 원소와 음이온이 되기 쉬운 비금속 원소 사이에 형성된다.

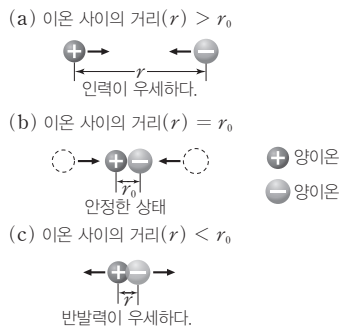
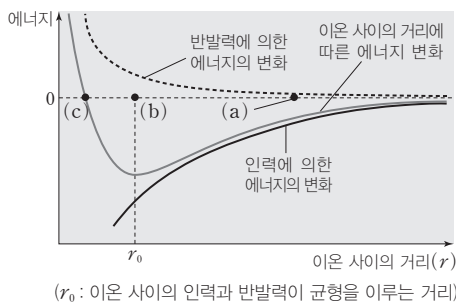
**예** 염화 나트륨의 생성 : 나트륨과 염소가 반응할 때 형성되는 나트륨 이온과 염화 이온이 정전기적 인력에 의해 결합하여 생성된다.



**(4) 이온 사이의 거리에 따른 에너지** : 양이온과 음이온 사이의 거리가 가까워질수록 두 이온 사이에 작용하는 정전기적 인력은 증가하고 에너지가 낮아져 안정한 상태가 되지만, 두 이온이 계속 접근하여 거리가 너무 가까워지면 이온 사이의 반발력이 커지므로 에너지가 높아져 불안정한 상태가 된다. 따라서 양이온과 음이온은 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 이온 결합을 형성한다.

### 탐구자료 살펴보기 이온 사이의 거리에 따른 에너지

#### 탐구 자료



#### 분석 point

1. (a) : 멀리 떨어져 있던 양이온과 음이온이 서로 가까워지면 두 이온 사이에 작용하는 정전기적 인력에 의해 에너지가 낮아지고, 안정해진다.
2. (b) : 이온 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루는 거리( $r_0$ )에서 에너지가 가장 낮아져 안정한 상태가 되며, 이때 이온 결합이 형성된다.
3. (c) : 양이온과 음이온 사이가 너무 가까워지면 전자와 전자 사이, 원자핵과 원자핵 사이의 반발력이 너무 커져 에너지가 높아지므로 불안정해진다.

### 개념 체크

#### 이온 결합

양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이다.

1. ( ) 결합은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이다.
  2. 이온 결합은 주로 양이온이 되기 쉬운 ( ) 원소와 음이온이 되기 쉬운 ( ) 원소 사이에 형성된다.
- ※ ○ 또는 ×
3. 칼륨 원자(K)가 전자 1개를 잃으면  $K^+$ 이 된다. ( )
  4. 산소 원자(O)가 전자 2개를 얻으면  $O^{2-}$ 이 된다. ( )
  5. 이온 결합은 양이온과 음이온 사이의 ( )과 ( )이 균형을 이루어 에너지가 가장 ( ) 거리에서 형성된다.

#### 정답

1. 이온
2. 금속, 비금속
3. ○
4. ○
5. 인력, 반발력, 낮은

개념 체크

● 이온 결합 물질의 화학식

화합물이 전기적으로 중성이 되는 이온 수비로 양이온과 음이온이 결합한다.

1. 이온 결합 물질은 화합물이 전기적으로 ( )이 되는 이온 수비로 양이온과 음이온이 결합한다.

2. 칼륨 이온( $K^+$ )과 탄산 이온( $CO_3^{2-}$ )이 결합한 화합물의 화학식은 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

3.  $Ca^{2+}$ 의 이름은 '칼슘 이온'이다. ( )

4.  $O^{2-}$ 의 이름은 '산소화 이온'이다. ( )

(5) 이온 결합 물질의 화학식과 이름

① 이온의 이름과 이온식

• 간단한 양이온은 원소 이름 뒤에 '~ 이온'을 붙여서 부른다. 구리처럼 2종류 이상의 이온이 존재하면 로마 숫자를 이용하여 구별한다.

예  $Na^+$  : 나트륨 이온,  $Cu^+$  : 구리(I) 이온,  $Cu^{2+}$  : 구리(II) 이온

• 간단한 음이온은 원소 이름 뒤에 '~화 이온'을 붙여서 부른다. 원래 원소 이름에 '~소'가 있는 경우 '소'를 생략한다.

예  $I^-$  : 아이오딘화 이온,  $Cl^-$  : 염화 이온

② 이온 결합 물질의 화학식 : 양이온의 총 전하량의 크기와 음이온의 총 전하량의 크기가 같아서 화합물이 전기적으로 중성이 되는 이온 수 비로 양이온과 음이온이 결합한다.

$$\text{양이온의 총 전하} + \text{음이온의 총 전하} = 0$$

$A^{n+}$ 과  $B^{m-}$ 에 의해 형성되는 화합물의 화학식은  $A_xB_y(x : y = m : n)$ 이다. 일반적으로 양이온의 원소 기호를 앞에 쓰고, 음이온의 원소 기호를 뒤에 쓴다.

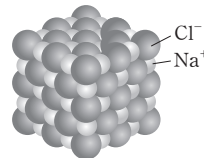
예 나트륨 이온( $Na^+$ )과 염화 이온( $Cl^-$ )이 결합하여 생성되는 염화 나트륨은 양이온과 음이온이 1 : 1의 개수비로 결합하므로 화학식은  $NaCl$ 이다.

칼슘 이온( $Ca^{2+}$ )과 염화 이온( $Cl^-$ )이 결합하여 생성되는 염화 칼슘은 양이온과 음이온이 1 : 2의 개수비로 결합하므로 화학식은  $CaCl_2$ 이다.

③ 이온 결합 물질의 명명법 : 음이온의 이름을 먼저 읽고, 양이온의 이름을 나중에 읽되 '이온'은 생략한다.

화학식	화합물의 이름	화학식	화합물의 이름
$NaCl$	염화 나트륨	$NaF$	플루오린화 나트륨
$MgCl_2$	염화 마그네슘	$KI$	아이오딘화 칼륨
$Na_2CO_3$	탄산 나트륨	$AgNO_3$	질산 은
$CaCO_3$	탄산 칼슘	$CaO$	산화 칼슘
$CuSO_4$	황산 구리(II)	$Mg(OH)_2$	수산화 마그네슘
$Al_2(SO_4)_3$	황산 알루미늄	$BaSO_4$	황산 바륨

④ 이온 결합 물질의 구조 : 이온 결합 물질은 단지 1쌍의 양이온과 음이온만 결합하여 존재하는 것이 아니고, 많은 양이온과 음이온들이 정전기적 인력에 의해 이온 결합을 형성하여 삼차원적으로 서로를 둘러싸며 규칙적으로 배열된 이온 결정으로 존재한다.



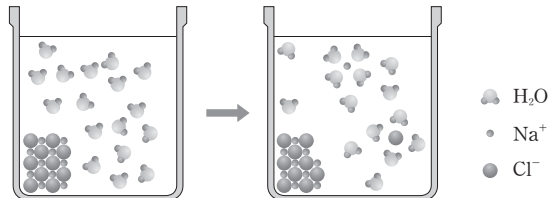
(6) 이온 결합 물질의 성질

① 물에 대한 용해성 : 대부분의 이온 결합 물질은 물에 잘 녹는다. 고체 염화 나트륨이 물에 녹으면 나트륨 이온( $Na^+$ )과 염화 이온( $Cl^-$ )이 각각 물 분자에 의해 둘러싸여 안정한 상태로 존재하게 된다.

정답

1. 중성
2.  $K_2CO_3$
3. ○
4. ×

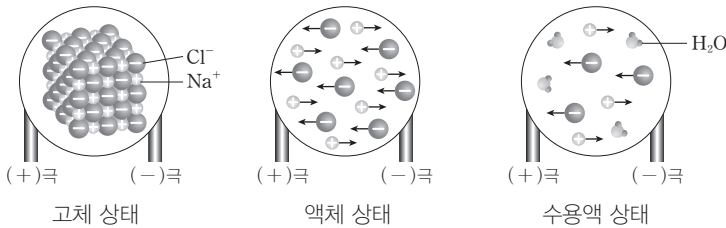




② 결정의 부서짐 : 이온 결합 물질에 힘을 가하면 이온의 층이 밀리면서 두 층의 경계면에서 같은 전하를 띤 이온들 사이의 반발력이 작용하여 쉽게 부서진다.



③ 전기 전도성 : 이온 결합 물질은 고체 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동할 수 없으므로 전류가 흐르지 않는다. 그러나 액체 상태나 수용액 상태에서는 양이온과 음이온이 자유롭게 이동하여 전하를 운반할 수 있기 때문에 전류가 흐른다.



④ 녹는점과 끓는점 : 이온 결합 물질은 양이온과 음이온 사이에 강한 정전기적 인력이 작용하기 때문에 녹는점과 끓는점이 높은 편이다. 이온 사이의 거리가 가까울수록, 이온의 전하량이 클수록 녹는점과 끓는점은 높아진다.

**개념 체크**

● 이온 결합 물질의 전기 전도성  
고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만, 액체 상태와 수용액 상태에서는 전류가 흐른다.

● 이온 결합 물질의 녹는점과 끓는점  
이온 사이의 거리가 가까울수록, 이온의 전하량이 클수록 녹는점과 끓는점은 높아진다.

1. ( ) 물질은 양이온과 음이온 사이에 강한 정전기적 인력이 작용한다.

※ ○ 또는 ×

2. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전류가 흐른다. ( )

3. 녹는점은 NaF이 NaCl보다 높다. ( )

4. 이온 사이의 거리가 비슷한 BaO과 NaCl 중 녹는점이 높은 것은 BaO이다. ( )

**탐구자료 살펴보기 이온 결합 물질에서 이온 사이의 거리, 이온의 전하량과 녹는점**

이온 결합은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이고, 정전기적 인력( $F$ )은 다음과 같다.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (k : \text{비례 상수}, q_1, q_2 : \text{이온의 전하량}, r : \text{이온 사이의 거리})$$

따라서 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 이온 사이에 작용하는 정전기적 인력이 증가하여 이온 사이의 결합이 강해진다. 이온 사이의 정전기적 인력이 강할수록 이온 결합 물질의 녹는점이 높다.

**탐구 자료**

물질	이온 사이의 거리(pm)	녹는점(°C)	물질	이온 사이의 거리(pm)	녹는점(°C)
NaF	231	996	MgO	210	2825
NaCl	276	801	CaO	240	2572
NaBr	291	747	SrO	253	2531
NaI	311	661	BaO	275	1972

**분석 point**

1. 양이온과 음이온의 전하량의 크기가 같은 경우 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점은 높아진다.

☞ 녹는점 : NaF > NaCl > NaBr > NaI

2. 이온의 전하량이 클수록 녹는점은 높아진다. ☞ 녹는점 : BaO > NaCl

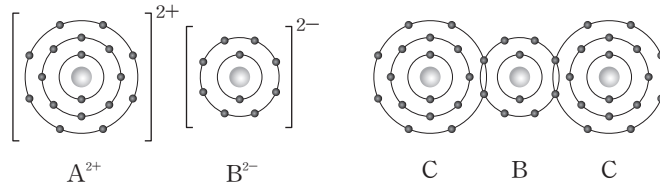
**정답**

1. 이온 결합
2. ×
3. ○
4. ○

기출문제 다시보기 이온 결합 모형과 이온 결합 물질

2022학년도 대학수학능력시험

그림은 화합물 AB와 BC<sub>2</sub>를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. A는 3주기 원소이다.
- ㄴ. AB는 이온 결합 물질이다.
- ㄷ. A와 C는 1:2로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

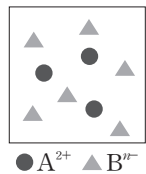
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. 화합물 AB에서 A<sup>2+</sup>은 3주기 18족 원소인 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 가지므로 4주기 2족 원소이다. ㄴ. AB는 양이온인 A<sup>2+</sup>과 음이온인 B<sup>2-</sup>으로 이루어진 이온 결합 물질이다. ㄷ. BC<sub>2</sub>에서 B는 2주기 16족 원소인 산소(O)이며, C는 B(O)와 단일 결합을 이루고 있는 것으로 보아서 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다. A는 전자 2개를 잃고, C는 전자 1개를 얻어서 각각 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 갖는 이온을 형성하므로 A와 C는 1:2로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다. 답 ④

기출문제 다시보기 이온 결합 물질

2022학년도 9월 모의평가

그림은 같은 주기 원소 A와 B로 이루어진 이온 결합 물질 X(s)를 물에 녹였을 때, X(aq)의 단위 부피당 이온 모형을 나타낸 것이다. A<sup>2+</sup>과 B<sup>n-</sup>은 각각 Ne 또는 Ar과 같은 전자 배치를 갖는다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

보기

- ㄱ. X의 화학식은 A<sub>2</sub>B이다.
- ㄴ. B는 3주기 원소이다.
- ㄷ. 원자 번호는 B>A이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄴ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

**해설** 이온 결합 물질 X(s)를 구성하는 양이온과 음이온의 개수비는 A<sup>2+</sup>:B<sup>n-</sup>=1:2이며, 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량이 같아야 하므로 n=1이다. ㄱ. X의 화학식은 AB<sub>2</sub>이다. ㄴ. A와 B는 같은 주기 원소이므로 양이온인 A<sup>2+</sup>은 Ne과 전자 배치가 같고, 음이온인 B<sup>-</sup>은 Ar과 전자 배치가 같다. 따라서 A와 B는 3주기 원소이다. ㄷ. A는 3주기 금속 원소, B는 3주기 비금속 원소이므로 원자 번호는 B>A이다. 답 ⑤

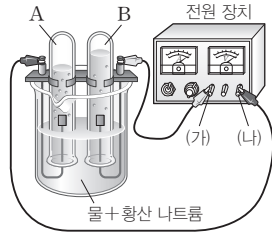
01 [2024-0129] 다음은 물(H<sub>2</sub>O)의 전기 분해 실험이다.

[실험 과정]

황산 나트륨(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)을 소량 녹인 물을 가득 채운 시험관 A와 B에 전원 장치를 연결하고 전류를 흘려준다.

[실험 결과]

- 생성된 기체는 수소(H<sub>2</sub>)와 산소(O<sub>2</sub>)이다.
- 시험관 A, B에 각각 모인 기체의 부피를 V<sub>A</sub>, V<sub>B</sub>라고 할 때 V<sub>A</sub> : V<sub>B</sub> = 2 : 1이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

「 보기 」

- ㄱ. A에 모인 기체는 산소(O<sub>2</sub>)이다.
- ㄴ. (가)는 (+)극이다.
- ㄷ. 이 실험으로 물 분자에서 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합에 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [2024-0130] 표는 이온 결합 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)를 구성하는 이온은 모두 옥텟 규칙을 만족하며, M은 금속 원소이다.

물질	(가)	(나)	(다)
성분 원소	Ca, O	M, Cl	K, O
물질 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)	a	b	b

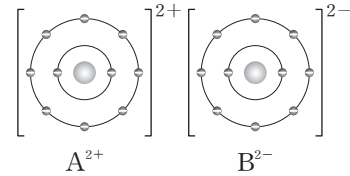
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, M은 임의의 원소 기호이다.)

「 보기 」

- ㄱ. a + b = 5이다.
- ㄴ. 양이온의 전하는 (가) > (나)이다.
- ㄷ.  $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}}$ 은 (나) > (다)이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [2024-0131] 그림은 화합물 AB를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

「 보기 」

- ㄱ. A와 B는 같은 주기 원소이다.
- ㄴ. AB(l)는 전기 전도성이 있다.
- ㄷ. 이온 반지름은 B > A이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ  
④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [2024-0132] 표는 3가지 물질의 양이온과 음이온 사이의 거리와 녹는점에 대한 자료이다. M과 N은 각각 1족과 2족 원소 중 하나이고, X~Z는 16족과 17족 원소 중 하나이며, 원자 번호는 20 이하이다.

물질	양이온과 음이온 사이의 거리(pm)	녹는점(°C)
MX	231	996
MY	276	Ⓣ
NZ	240	2572

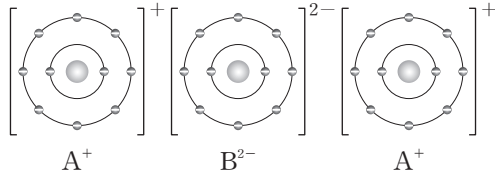
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, M, N과 X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

「 보기 」

- ㄱ. 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력은 NZ > MX이다.
- ㄴ. 양이온의 전하는 NZ > MY이다.
- ㄷ. 996 < Ⓣ < 2572이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22024-0133] 다음은 물질 A와 B<sub>2</sub>가 반응하여 A<sub>2</sub>B가 생성되는 반응의 화학 반응식과 A<sub>2</sub>B의 화학 결합 모형이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

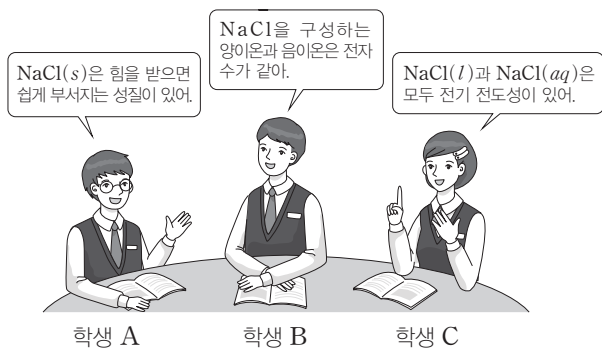
ㄱ.  $\frac{a+b}{c} = \frac{5}{2}$ 이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 B > A이다.

ㄷ. 이온 반지름은 B<sup>2-</sup> > A<sup>+</sup>이다.

- ① ㄱ                  ② ㄷ                  ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ            ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22024-0134] 다음은 염화 나트륨(NaCl)에 대한 세 학생의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① B                  ② C                  ③ A, B  
 ④ A, C              ⑤ A, B, C

07 [22024-0135] 표는 화합물 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 MgO, NaF, NaCl 중 하나이다.

화합물	(가)	(나)	(다)
화학식	AC	AD	BE
액체 상태에서 전기 전도성	㉠	있음	있음
녹는점(°C)	996	801	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

보기

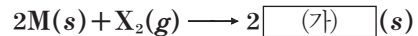
ㄱ. '없음'은 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. (나)는 NaCl이다.

ㄷ. 화합물 1 mol에 포함된 전자의 양(mol)은 (가) > (다)이다.

- ① ㄴ                  ② ㄷ                  ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ            ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0136] 다음은 물질 M과 X<sub>2</sub>가 반응하여 (가)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다. M과 X는 모두 3주기 원소이다.



표는 물질 (가)에 대한 자료이다.

녹는점(°C)	끓는점(°C)	전기 전도성		
		고체	액체	수용액
801	1413	없음	있음	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, M과 X는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. (가) 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양은 3 mol이다.

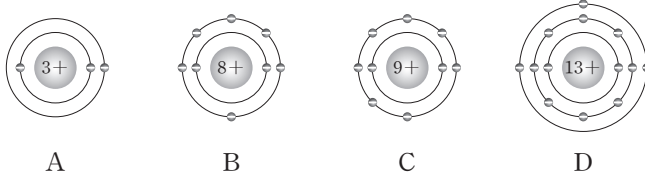
ㄴ. (가)에서  $\frac{\text{양이온의 전자 수}}{\text{음이온의 전자 수}} = 1$ 이다.

ㄷ. '있음'은 ㉠으로 적절하다.

- ① ㄴ                  ② ㄷ                  ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ            ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 [2024-0137]

그림은 바닥상태 원자 A~D를 모형으로 나타낸 것이고, 표는 A~D로 이루어진 화합물 (가)~(다)에 대한 자료이다. 화합물에서 A는 He의 전자 배치를, B~D는 Ne의 전자 배치를 가지며,  $a > b > c$ 이다.



화합물	(가)	(나)	(다)
성분 원소	A, B	A, C	B, D
화합물 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)	3	2	$x$
양이온 수 음이온 수	$a$	$b$	$c$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ.  $x=5$ 이다.
- ㄴ. (나)를 구성하는 원소의 원자가 전자 수의 합은 8이다.
- ㄷ. (가)~(다)는 모두 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [2024-0138]

그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다. A~D의 이온은 18족 원소와 전자 수가 같다.

주기 \ 족	1	2	15	16	17	18
2				A		
3		B			C	
4		D				

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. 녹는점은  $BA > DA$ 이다.
- ㄴ.  $\left| \frac{\text{이온의 전하}}{\text{이온 반지름}} \right|$ 는  $A > C$ 이다.
- ㄷ.  $DC_2$ 를 구성하는 이온은 전자 수가 모두 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이온 결합은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이므로 이온 결합 물질은 금속 원소와 비금속 원소로 구성된다.

이온 결합 물질의 화학식에서 양이온의 총 전하와 음이온의 총 전하의 합은 0이다.

양이온은 원자가 전자를 잃어서 생성되고, 음이온은 원자가 전자를 얻어서 생성된다.

양이온은 이온 반지름이 원자 반지름보다 작고, 음이온은 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다.

03 [2024-0139] 표는 2, 3주기 원소 X~Z로 이루어진 화합물 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

화합물	(가)	(나)
구성 원소	X, Y	Y, Z
화합물 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)	5	4

표는 (가), (나)의 구성 원자 X~Z와 X~Z의 이온의 전자 수를 나타낸 것이다.  $y > x$ 이고, X~Z의 이온은 18족 원소와 같은 전자 배치를 갖는다.

원자	전자 수	이온	전자 수
X	$x-2$	X의 이온	$x$
Y	$x+3$	Y의 이온	$x$
Z	$y-1$	Z의 이온	$y$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

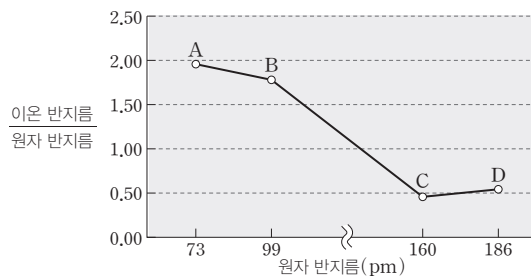
ㄱ.  $\frac{x}{y} > \frac{1}{3}$ 이다.

ㄴ. Y와 Z는 같은 주기 원소이다.

ㄷ.  $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 의 비는 (가):(나)=2:1이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [2024-0140] 그림은 원자 A~D에 대하여 원자 반지름과 이온 반지름을 나타낸 것이다. A~D의 이온은 각각  $O^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$  중 하나이고, B와 C는 같은 주기 원소이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

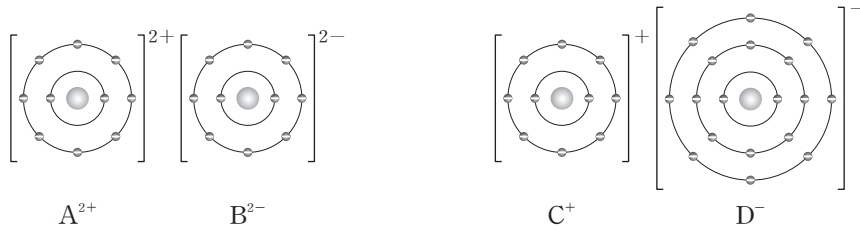
ㄱ. 양이온과 음이온 사이의 거리는  $CA > DB$ 이다.

ㄴ. A와 D로 이루어진 화합물의 화학식은  $D_2A$ 이다.

ㄷ. 화합물  $CB_2$ 에서  $\frac{\text{음이온의 전자 수의 합}}{\text{양이온의 전자 수의 합}} = \frac{18}{5}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22024-0141] 그림은 화합물 AB와 CD를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. 녹는점은  $AB > CD$ 이다.
- ㄴ. 원자 반지름은  $A > D$ 이다.
- ㄷ. 이온 반지름은  $B^{2-} > C^+$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이온 결합 물질에서 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 이온 사이의 결합력이 증가하므로 녹는점이 높다.

06 [22024-0142] 표는 원소 W~Z의 순차 이온화 에너지와 W~Z로 이루어진 화합물 (가)~(다)에 대한 자료이다. W~Z는 각각 Li, O, F, Mg 중 하나이고, W~Y의 이온은 18족 원소와 전자 수가 같으며, a와 b는 모두 4보다 작다.

원소	W	X	Y	Z
제1 이온화 에너지(kJ/mol)	520	738	1314	1681
제2 이온화 에너지(kJ/mol)	7298	1451	3388	3374

화합물	(가)	(나)	(다)
구성 원소	W, Y	X, Y	X, Z
화합물 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)	3	a	b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ.  $b > a$ 이다.
- ㄴ. (가)와 (다)는 화학 결합의 종류가 같다.
- ㄷ. (나)를 구성하는 양이온과 음이온은 전자 수가 같다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

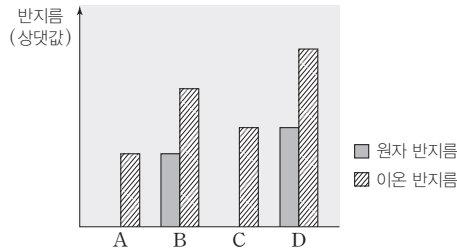
W와 X는 금속 원소이고, Y와 Z는 비금속 원소이다. 이온 결합 물질은 금속 원소와 비금속 원소를 포함한 화합물이다.

2, 3주기 원소로 이루어진 이온 결합 물질을 구성하는 이온의 전자 수가 같은 경우는 3주기 금속 원소와 2주기 비금속 원소의 원자 사이에 이온 결합이 형성되는 경우이다.

이온 결합은 양이온과 음이온 사이에 인력과 반발력이 균형을 이루는 위치에서 형성된다.

07 [22024-0143]

그림은 이온 결합 물질 AB와 CD의 구성 원소 A~D의 원자 반지름과 이온 반지름을 상대적으로 나타낸 것이다. A와 C의 원자 반지름은 표시하지 않았다. A~D는 각각 O, Na, Mg, Cl 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

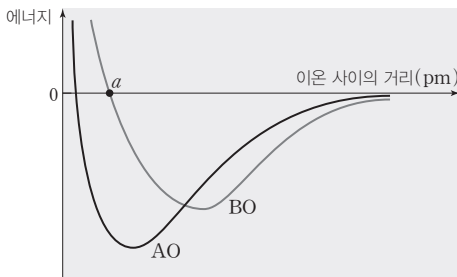
보기

- ㄱ. 원자가 전자 수는 B > D이다.
- ㄴ. 녹는점은 AB > CD이다.
- ㄷ.  $\frac{\text{음이온의 전자 수}}{\text{양이온의 전자 수}}$ 는 AB > CD이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0144]

그림은 금속 산화물 AO와 BO에서 양이온과 음이온 사이의 거리(r)에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다. A와 B는 모두 2족 원소이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. 녹는점은 AO > BO이다.
- ㄴ. 원자 번호는 A > B이다.
- ㄷ. BO는 이온 사이의 거리가 r = a일 때 이온 결합을 형성한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



## 1 공유 결합

### (1) 공유 결합

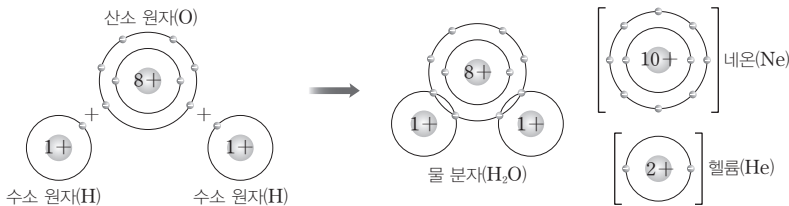
비금속 원소의 원자들이 전자쌍을 서로 공유하면서 형성되는 결합이다.

### (2) 공유 결합의 형성

① 수소 분자의 형성 : 수소 원자 2개가 각각 전자를 1개씩 내놓고 이 전자쌍을 두 수소 원자가 서로 공유함으로써 형성된다. 이때 각각의 수소 원자는 헬륨과 같은 전자 배치를 갖는다.



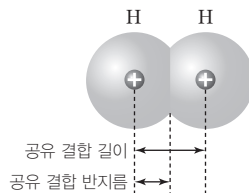
② 물 분자의 형성 : 산소 원자 1개가 수소 원자 2개와 각각 전자쌍을 1개씩 공유하여 형성되며, 산소 원자는 네온과 같은 전자 배치를, 수소 원자는 헬륨과 같은 전자 배치를 갖는다.



### (3) 공유 결합의 형성과 에너지 변화

두 원자 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 공유 결합이 형성된다.

- ① 공유 결합 길이 : 공유 결합을 하는 두 원자의 핵 사이의 거리이다.
- ② 공유 결합 반지름 : 동일한 원자가 공유 결합할 때 공유 결합 길이의  $\frac{1}{2}$ 이다.



### (4) 단일 결합과 다중 결합

두 원자가 1개의 전자쌍을 공유하고 있으면 단일 결합, 2개의 전자쌍을 공유하고 있으면 2중 결합, 3개의 전자쌍을 공유하고 있으면 3중 결합이라고 한다. 2중 결합과 3중 결합을 다중 결합이라고 한다.

## 개념 체크

### 공유 결합

비금속 원소의 원자들이 전자쌍을 서로 공유하면서 형성되는 결합이다.

1. 수소 원자 2개가 각각 전자를 1개씩 내놓고 공유 결합할 때 각각의 수소 원자는 (    )과 같은 전자 배치를 갖는다.
2. 물(H<sub>2</sub>O) 분자에서 산소 원자는 (    )과 같은 전자 배치를 갖는다.

### 정답

1. 헬륨(He)
2. 네온(Ne)

개념 체크

● 다중 결합

2중 결합, 3중 결합과 같이 두 원자 사이에 둘 이상의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

1. 수소 원자 2개가 각각 전자를 1개씩 내놓아 전자쌍을 공유함으로써 ( ) 분자가 형성된다.

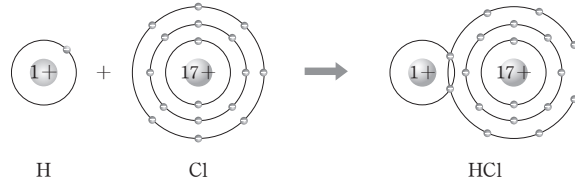
2. 산소 원자 2개가 ( ) 개의 전자쌍을 공유하여 산소(O<sub>2</sub>) 분자를 형성한다.

※ ○ 또는 ×

3. 질소(N<sub>2</sub>) 분자에는 다중 결합이 있다. ( )

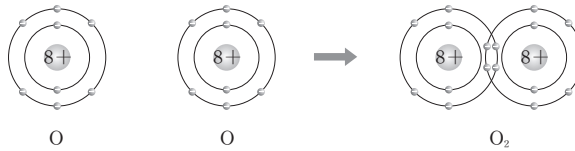
① 단일 결합 : 두 원자가 1개의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

예 수소(H) 원자와 염소(Cl) 원자는 각각 1개의 전자를 내놓아 1개의 전자쌍을 공유하여 염화 수소(HCl) 분자를 형성한다. 전자쌍 1개를 공유하여 형성되는 결합을 단일 결합이라고 한다.



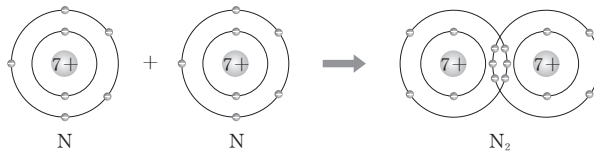
② 2중 결합 : 두 원자가 2개의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

예 산소(O) 원자 2개는 각각 2개의 전자를 내놓아 2개의 전자쌍을 공유하여 산소(O<sub>2</sub>) 분자를 형성한다.



③ 3중 결합 : 두 원자가 3개의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

예 질소(N) 원자 2개는 각각 3개의 전자를 내놓아 3개의 전자쌍을 공유하여 질소(N<sub>2</sub>) 분자를 형성한다.



(5) 공유 결합 물질의 성질

① 공유 결합 물질 : 원자들이 공유 결합하여 형성된 물질로 대부분 분자로 이루어져 있다.

예 암모니아(NH<sub>3</sub>), 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>), 메테인(CH<sub>4</sub>), 포도당(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), 설탕(C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)

② 녹는점과 끓는점 : 분자로 이루어진 공유 결합 물질은 대부분 녹는점과 끓는점이 낮다.

물질	녹는점(°C)	끓는점(°C)	물질	녹는점(°C)	끓는점(°C)
H <sub>2</sub>	-259.1	-252.8	H <sub>2</sub> O	0.0	100.0
N <sub>2</sub>	-210.0	-195.8	CH <sub>4</sub>	-182.5	-161.6
O <sub>2</sub>	-218.8	-182.9	HCl	-114.2	-85.1
Cl <sub>2</sub>	-101.5	-34.1	NH <sub>3</sub>	-77.7	-33.3

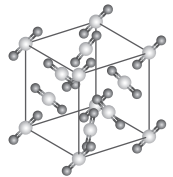
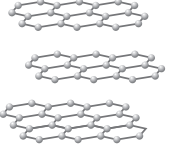
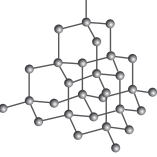
③ 전기 전도성 : 공유 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다. 단, 흑연(C)은 전기 전도성을 갖는다.

정답

- 1. 수소(H<sub>2</sub>)
- 2. 2
- 3. ○

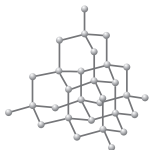
## 과학 돋보기 공유 결정과 분자 결정

공유 결합 물질에는 분자로 존재하는 분자 결정과 원자들이 공유 결합하여 그물처럼 연결되어 있는 공유 결정이 있다. 분자 결정은 원자들의 공유 결합으로 형성된 분자들이 분자 간의 약한 인력에 의해 규칙적으로 배열된 결정으로, 분자 간의 인력이 약하므로 녹는점과 끓는점이 낮고 승화성이 있는 물질도 있다. 드라이아이스( $\text{CO}_2$ ), 아이오딘( $\text{I}_2$ ), 나프탈렌( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) 등이 분자 결정이고, 흑연(C), 다이아몬드(C), 석영( $\text{SiO}_2$ ) 등이 공유 결정이다. 공유 결정의 원자 사이의 인력이 분자 결정의 분자 사이의 인력보다 훨씬 크므로 공유 결정이 분자 결정보다 녹는점과 끓는점이 훨씬 높고 단단하다.

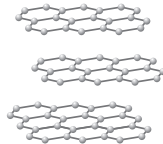
물질	드라이아이스( $\text{CO}_2$ )	흑연(C)	다이아몬드(C)
구조 모형			
결정의 종류	분자 결정	공유 결정	공유 결정
녹는점	-	4000°C 이상	3550°C 이상

## 과학 돋보기 다이아몬드와 흑연

다이아몬드는 무색 투명하고 강도가 매우 크지만, 흑연은 검은색으로 광택을 약간 띠고 있으며 층과 층 사이의 인력이 약하여 잘 미끄러져 떨어지므로 연하고 부드럽다. 원자가 전자 수가 4인 탄소 원자가 정사면체 꼭짓점에 있는 다른 탄소 원자 4개와 결합하는 다이아몬드는 전기 전도성이 없는 반면, 흑연은 탄소 원자 1개가 다른 탄소 원자 3개와 결합하여 정육각형 모양이 반복되어 있는 판을 이루고 판이 쌓여 층상 구조를 이룬다. 원자가 전자 수가 4인 탄소 원자가 3개의 결합만 하므로 남은 1개의 원자가 전자가 비교적 자유롭게 움직일 수 있어 전기 전도성을 갖는다. 두 물질 모두 화학식은 C이고, 이처럼 1가지 같은 원소로 이루어져 있지만 구조가 달라 성질이 다르다. 다이아몬드는 보석과 공업용 절단기 등에 이용되고, 흑연은 연필심, 윤활유 등에 이용된다.



다이아몬드



흑연



## 2 결합의 극성

### (1) 공유 결합과 전기 음성도

① 전기 음성도 : 공유 결합한 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력을 상대적인 수치로 나타낸 값이다.

- 폴링은 전기 음성도가 가장 큰 플루오린(F)의 전기 음성도를 4.0으로 정하고, 다른 원소들의 전기 음성도를 상대적으로 정하였다.
- 18족 원소는 매우 안정하여 다른 원자들과 거의 결합을 하지 않으므로 전기 음성도는 18족 원소를 제외하고 다룬다.

## 개념 체크

### ● 분자 결정

분자들이 분자 간의 힘으로 결합되어 있는 결정이다.

### ● 공유 결정

원자들이 공유 결합하여 그물처럼 연결된 결정이다.

1. 2개 이상의 원자로 이루어진 분자는 ( ) 결합으로 이루어져 있다.

※ ○ 또는 ×

2. 대부분의 공유 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. ( )

정답

1. 공유
2. ×

개념 체크

● 전기 음성도

공유 결합을 하는 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력을 상대적인 수치로 나타낸 것이다.

● 극성 공유 결합

전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이다.

● 무극성 공유 결합

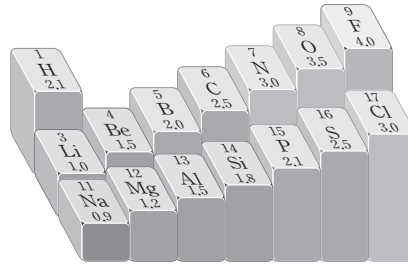
같은 원소의 원자 사이의 공유 결합이다.

1. 같은 주기에서 원자 번호가 ( ) 할수록, 같은 족에서 원자 번호가 ( ) 할수록 전기 음성도는 증가하는 경향이 있다.

2. 전기 음성도가 ( ) 원자일수록 공유 결합에서 공유 전자쌍을 더 세게 끌어당긴다.

3. ( ) 공유 결합은 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이다.

4. 공유 결합을 하는 두 원자에서 전기 음성도가 ( ) 원자는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.



1~3주기 원소의 전기 음성도

② 전기 음성도의 주기적 변화

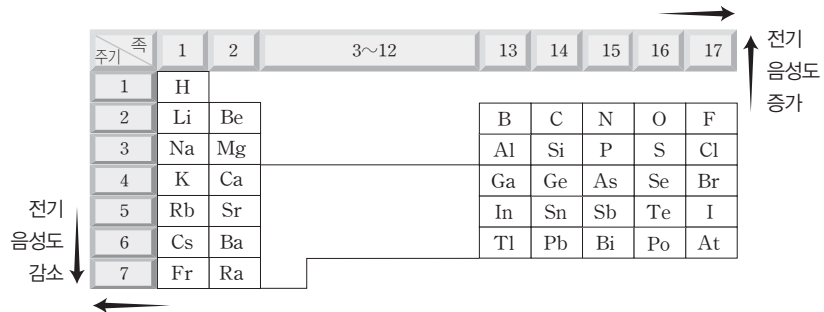
- 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도는 대체로 감소하는 경향이 있다. 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 많아져 원자핵과 전자 사이의 인력이 감소하므로 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 약해진다.
- 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도는 대체로 증가하는 경향이 있다. 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 유효 핵전하가 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 강하게 작용하므로 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 세진다.

③ 전기 음성도가 큰 원자일수록 공유 결합에서 공유 전자쌍을 더 세게 끌어당긴다.

④ 공유 결합을 이룬 두 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 더 많이 치우친다.

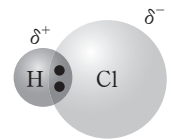
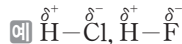
과학 돋보기 전기 음성도의 주기성

• 주기율표 오른쪽 위로 갈수록 전기 음성도는 증가하는 경향이 있다(단, 18족 제외).



(2) 결합의 극성

① 극성 공유 결합 : 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이며, 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 강하게 당겨서 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.



극성 공유 결합

② 무극성 공유 결합 : 같은 원소의 원자 사이의 공유 결합이며, 결합한 두 원자의 전기 음성도가 서로 같으므로 부분적인 전하가 생기지 않는다.

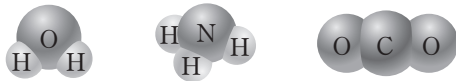


무극성 공유 결합

정답

1. 증가, 감소
2. 큰
3. 극성
4. 큰

- ③ 물(H<sub>2</sub>O), 암모니아(NH<sub>3</sub>), 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)는 서로 다른 두 원소가 결합한 분자이므로 모두 극성 공유 결합으로 이루어져 있다.



- ④ 과산화 수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), 에테인(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) 등의 분자는 극성 공유 결합과 무극성 공유 결합이 있다.

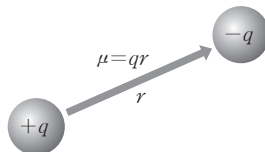


### 과학 돋보기 전기 음성도 차와 화학 결합

결합의 종류	공유 결합		이온 결합
	무극성 공유 결합	극성 공유 결합	
전기 음성도 차	0.0	0.9	2.1
	결합을 이룬 두 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 극성의 크기가 증가하고, 금속 원소와 비금속 원소가 결합하는 것처럼 전기 음성도 차이가 매우 커지게 되면 대체로 이온 결합이 형성된다.		

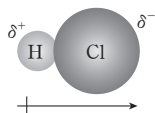
### (3) 쌍극자와 쌍극자 모멘트

- ① 쌍극자 : 극성 공유 결합에서 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띠는데, 크기가 같고 부호가 반대인 전하가 일정한 거리를 두고 분리된 것을 쌍극자라고 한다.
- ② 쌍극자 모멘트( $\mu$ ) : 전하량( $q$ )과 두 전하 사이의 거리( $r$ )를 곱한 값을 쌍극자 모멘트( $\mu$ )라고 한다.



- 쌍극자 모멘트( $\mu$ )의 표시 : 전기 음성도가 작은 원자에서 전기 음성도가 큰 원자를 향하도록 십자 화살표( $\rightarrow$ )를 이용하여 표시한다.

예 염화 수소(HCl) 분자의 쌍극자 모멘트



### 개념 체크

#### • 쌍극자

크기가 같고 부호가 다른 전하가 일정한 거리를 두고 분리된 것이다.

#### • 쌍극자 모멘트

전하량과 두 전하 사이의 거리를 곱한 값이다.

1. CO<sub>2</sub>에서 C 원자와 O 원자 사이의 결합은 ( ) 공유 결합이다.
2. 쌍극자 모멘트는 전기 음성도가 ( ) 원자에서 전기 음성도가 ( ) 원자를 향하도록 십자 화살표( $\rightarrow$ )를 이용하여 표시한다.

#### 정답

1. 극성
2. 작은, 큰

개념 체크

● 루이스 전자점식

원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 표시하여 나타낸 식이다.

● 공유 전자쌍

공유 결합에 참여하는 두 원자가 공유하고 있는 전자쌍이다.

● 비공유 전자쌍

원자가 전자 중 공유 결합에 참여하지 않은 전자쌍이다.

1. 루이스 전자점식은 원소 기호 주위에 ( )를 점으로 표시하여 나타낸 식이다.

2. H<sub>2</sub>O에서 산소 원자(O)에는 ( )개의 공유 전자쌍과 ( )개의 비공유 전자쌍이 존재한다.

3. 산소(O<sub>2</sub>)에서 공유 전자쌍 수는 ( )이고, 비공유 전자쌍 수는 ( )이다.

3 결합의 표현

(1) 루이스 전자점식 : 원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 표시한 식이다.

(2) 원자의 루이스 전자점식

- ① 원자의 원자가 전자 수를 구한다.
- ② 원소 기호의 주위에 원자가 전자를 점으로 표시한다.
- ③ 원자가 전자 1개당 점 1개씩 원소 기호의 4방향(위, 아래, 좌, 우)에 돌아가면서 표시하고, 5개째 전자부터 쌍을 이루도록 표시한다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17
2	Li·	·Be·	·B·	·C·	·N·	·O·	·F·
3	Na·	·Mg·	·Al·	·Si·	·P·	·S·	·Cl·

2, 3주기 원자의 루이스 전자점식

(3) 분자의 루이스 전자점식

① 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

- 공유 전자쌍 : 공유 결합하는 두 원자가 공유하고 있는 전자쌍이다.
- 비공유 전자쌍 : 원자가 전자 중 공유 결합하는 두 원자가 공유하지 않는 전자쌍이다.

② 원소인 분자의 루이스 전자점식

분자식	루이스 전자점식
Cl <sub>2</sub>	$:\ddot{\text{Cl}}\cdot + \cdot\ddot{\text{Cl}}: \rightarrow \begin{array}{c} \text{공유 전자쌍} \\ \text{Cl} \text{---} \text{Cl} \\ \text{비공유 전자쌍} \end{array}$ <p>공유 전자쌍 수 : 1 비공유 전자쌍 수 : 6</p>
O <sub>2</sub>	$:\ddot{\text{O}}\cdot + \cdot\ddot{\text{O}}: \rightarrow \begin{array}{c} \text{2중 결합} \\ \text{O} \text{---} \text{O} \\ \text{비공유 전자쌍} \end{array}$ <p>공유 전자쌍 수 : 2 비공유 전자쌍 수 : 4</p>
N <sub>2</sub>	$:\ddot{\text{N}}\cdot + \cdot\ddot{\text{N}}: \rightarrow \begin{array}{c} \text{3중 결합} \\ \text{N} \text{---} \text{N} \\ \text{비공유 전자쌍} \end{array}$ <p>공유 전자쌍 수 : 3 비공유 전자쌍 수 : 2</p>

③ 화합물인 분자의 루이스 전자점식

분자식	H <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
루이스 전자점식	H : $\ddot{\text{O}}$ : H	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H} \\ \text{H} \end{array}$	$:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$
공유 전자쌍 수	2	4	3	4
비공유 전자쌍 수	2	0	1	4

정답

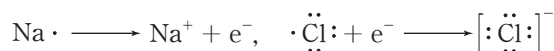
1. 원자가 전자
2. 2, 2
3. 2, 4

### 과학 돋보기 화합물의 루이스 전자점식 그리기

1. 분자, 이온, 화합물을 구성하는 모든 원자의 원자가 전자 수의 합을 구한다.
2. 중심 원자를 정하고 중심 원자와 주변 원자 사이에 공유 전자쌍을 1개씩 그린다.
3. 옥텟 규칙에 따라 주변 원자에 전자를 배치한다.
4. 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하는지 확인하고, 중심 원자에 남은 전자를 배치한다.
5. 중심 원자의 전자 수가 8개 미만이면 주변 원자의 비공유 전자쌍을 공유 전자쌍으로 바꾸어 옥텟 규칙을 만족하도록 한다.
6. 분자에서 옥텟 규칙을 만족할 수 있는 2주기 원소는 C, N, O, F이다.

### (4) 이온과 이온 결합 물질의 루이스 전자점식

- ① 금속 원자는 원자가 전자를 모두 잃고 안정한 양이온이 되고, 비금속 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 전자를 얻어 안정한 음이온이 되면서 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖게 된다.

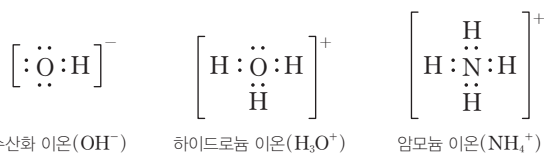


- ② 양이온과 음이온이 결합하여 이온 결합 물질이 형성된다.

예 염화 나트륨(NaCl)의 루이스 전자점식



### 과학 돋보기 다원자 이온의 루이스 전자점식

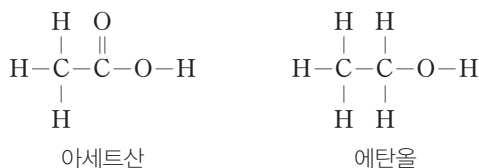


양이온은 양전하 1개당 전자점을 1개 제거하고, 음이온은 음전하 1개당 전자점을 1개 더해야 한다. 예를 들어 OH<sup>-</sup>의 경우 산소(O)의 원자가 전자 수 6, 수소(H)의 원자가 전자 수가 1인데 -1가 음이온이므로 전자점을 하나 추가하여 총 8개의 전자점을 표시해 준다. H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>의 경우 산소(O) 원자 1개와 수소(H) 원자 3개로 이루어져 있으므로 원자가 전자 수의 합은 9이나, +1가 양이온이므로 전자점을 하나 제거하여 총 8개의 전자점을 표시해 준다.

- (5) 구조식 : 공유 결합하는 분자의 전자 배치를 간단하고 편리하게 나타내기 위하여 공유 전자 쌍을 결합선(—)으로 나타낸 식이다. 구조식에서 비공유 전자쌍은 생략하기도 한다.

루이스 전자점식	$:\ddot{\text{F}}: \ddot{\text{F}}:$	$:\ddot{\text{O}}::\ddot{\text{O}}:$	$:\text{N}::\text{N}:$	$\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$	$:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$
구조식	단일 결합 F—F	2중 결합 O=O	3중 결합 N≡N	H—O—H	O=C=O

예 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)과 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)의 구조식



### 개념 체크

#### 구조식

공유 전자쌍을 결합선으로 나타낸 식이다.

1. MgO의 루이스 전자점식을 그리시오.

※ ○ 또는 ×

2. N<sub>2</sub>에는 3중 결합이 있다. ( )

정답

1.  $[\text{Mg}]^{2+} \left[ : \ddot{\text{O}}: \right]^{2-}$   
2. ○

개념 체크

● 금속 결합

금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된 결합이다.

● 금속 결정

금속 원자가 규칙적으로 배열된 고체이다.

1. 금속의 특성이 나타나는 것은 ( ) 때문이다.

2. 금속은 외부 힘에 의해 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합을 유지할 수 있어 ( )과 ( )이 크다.

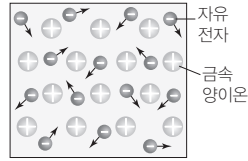
※ ○ 또는 ×

3. 금속은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. ( )

4. 금속을 가열하면 열에너지를 잘 전달하므로 금속은 열전도성이 크다. ( )

4 금속 결합의 형성

(1) 금속 결합 : 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된다.

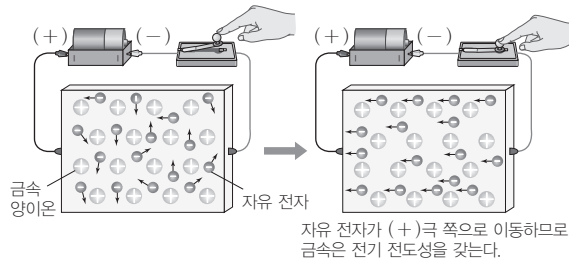


금속 결합 모형

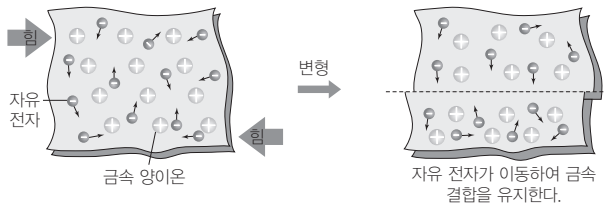
- ① 자유 전자 : 금속 원자가 내놓은 원자가 전자로, 금속 양이온 사이를 자유롭게 움직이면서 금속 양이온을 결합시키는 역할을 하는 전자이다.
- ② 금속 결정 : 금속 결합을 하여 금속 원자가 규칙적으로 배열된 고체이다.

(2) 금속의 특성 : 금속 결합을 이루는 금속의 특성이 나타나는 것은 자유 전자 때문이다.

① 전기 전도성 : 금속은 자유 전자가 자유롭게 움직일 수 있으므로 고체와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 금속에 전압을 걸어 주면 자유 전자는 (-)극에서 (+)극 쪽으로 이동한다.



- ② 열 전도성 : 금속을 가열하면 자유 전자가 에너지를 얻게 되고, 에너지를 얻은 자유 전자가 인접한 자유 전자와 금속 양이온에 열에너지를 전달하므로 금속은 열 전도성이 매우 크다.
- ③ 뽀함성(연성)과 퍼짐성(전성) : 외부의 힘에 의해 금속이 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합을 유지할 수 있으므로 금속은 뽀함성(연성)과 퍼짐성(전성)이 크다.



④ 녹는점과 끓는점 : 금속은 자유 전자와 금속 양이온 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 녹는점과 끓는점이 높다. 따라서 대부분의 금속은 상온에서 고체 상태로 존재하고 단단하다.

금속	녹는점(°C)	금속	녹는점(°C)
Fe	1538	Li	180.5
Cu	1085	Na	98
Ca	842	K	63.5
Al	660	Hg	-39

정답

- 1. 자유 전자
- 2. 뽀함성(연성), 퍼짐성(전성)
- 3. ○
- 4. ○



## 5 화학 결합의 상대적 세기

화학 결합의 세기가 강할수록 그 결합을 끊는 데 상대적으로 많은 에너지가 필요하므로 더 높은 온도에서 상태 변화가 일어난다. 따라서 일반적으로 녹는점이 높은 물질일수록 그 물질을 이루고 있는 화학 결합의 세기가 강하다.

### (1) 이온 결합 물질

이온 결합 물질은 양이온과 음이온 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 결합되어 있으므로 녹는점과 끓는점이 높다.

예 NaCl의 녹는점 : 801°C, NaCl의 끓는점 : 1465°C

### (2) 금속 결합 물질

금속 결합 물질은 자유 전자와 금속 양이온 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 녹는점과 끓는점이 높다.

예 Cu의 녹는점 : 1085°C, Fe의 녹는점 : 1535°C

### (3) 공유 결합 물질

공유 결합 물질은 분자 사이의 인력이 약한 편이므로 대체로 이온 결합 물질보다 녹는점과 끓는점이 낮다. 그러나 흑연, 다이아몬드와 같이 원자 간의 공유 결합을 하고 있는 물질의 경우 녹는점과 끓는점이 매우 높다.

예 H<sub>2</sub>의 녹는점 : -259°C, 흑연의 녹는점 : 4000°C 이상

## 개념 체크

### ● 화학 결합의 세기

일반적으로 녹는점이 높은 물질일수록 화학 결합의 세기가 강하다.

※ ○ 또는 ×

1. 이온 결합 물질은 양이온과 음이온 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 결합되어 있다. ( )
2. 금속 결합 물질은 ( )와 ( ) 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 녹는점과 끓는점이 대체로 높다.

## 탐구자료 살펴보기 결합의 종류에 따른 물질의 성질 비교

### 탐구 자료

성질	이온 결합 물질		공유 결합 물질			금속 결합 물질		
	NaCl	KF	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	Cu	Fe	
녹는점(°C)	801	858	-259	-182	0	1085	1535	
끓는점(°C)	1465	1502	-253	-162	100	2595	2750	
전기 전도성	고체	없음	없음	없음	없음	없음	있음	있음
	액체	있음	있음	없음	없음	없음	있음	있음

### 분석 point

1. 이온 결합 물질(NaCl, KF)은 양이온과 음이온 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 결합되어 있으므로 녹는점과 끓는점이 높아서 상온에서 고체 상태로 존재하고, 금속 결합 물질(Cu, Fe) 역시 금속 결합이 강하므로 상온에서 고체 상태로 존재한다. 공유 결합 물질(H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>)은 분자 사이의 인력이 약한 편이므로 녹는점과 끓는점이 낮아 대체로 상온에서 기체 상태로 존재하지만, H<sub>2</sub>O와 같이 액체 상태로 존재하는 물질도 있고, 공유 결합(흑연, 다이아몬드)은 원자 사이의 결합력이 매우 강하여 상온에서 고체 상태로 존재한다.
2. 이온 결합 물질은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만 액체 상태에서는 이온이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다. 흑연과 같은 예외를 제외하고 공유 결합 물질은 고체와 액체 상태에서 자유롭게 이동할 수 있는 이온이나 전자가 없으므로 전기 전도성이 없다. 한편 금속 결합 물질은 고체 상태에서도 자유롭게 이동할 수 있는 자유 전자가 존재하므로 고체 상태와 액체 상태에서도 전기 전도성이 있다.

### 정답

1. ○
2. 자유 전자, 금속 양이온

기출문제 다시보기 전기 음성도와 결합의 극성

2022학년도 대학수학능력시험

표는 원소 A~E에 대한 자료이다.

주기 \ 족	15	16	17
2	A	B	C
3	D		E

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

보기

ㄱ. 전기 음성도는  $B > A > D$ 이다.                      ㄴ.  $BC_2$ 에는 극성 공유 결합이 있다.  
 ㄷ. EC에서 C는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

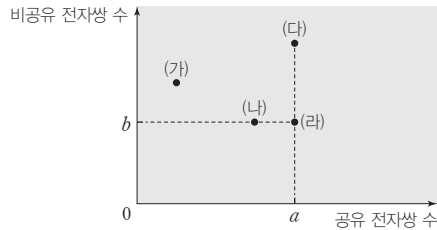
- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. 전기 음성도는 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 크고, 같은 족에서는 원자 번호가 작을수록 크다. 따라서 전기 음성도는  $B > A > D$ 이다. ㄴ. B와 C는 모두 비금속 원소이며 전기 음성도가 서로 다른 B와 C는 극성 공유 결합을 형성한다. ㄷ. 전기 음성도는  $C > E$ 이며 EC에서 전기 음성도가 큰 C는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다. **답** ⑤

기출문제 다시보기 화학 결합의 종류와 물질의 성질

2022학년도 9월 모의평가

그림은 분자 (가)~(라)의 루이스 전자점식에서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 나타낸 것이다. (가)~(라)는 각각  $N_2$ , HCl,  $CO_2$ ,  $CH_2O$  중 하나이고, C, N, O, Cl는 분자 내에서 옥텟 규칙을 만족한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ.  $a + b = 4$ 이다.                                              ㄴ. (다)는  $CO_2$ 이다.  
 ㄷ. (가)와 (나)에는 모두 다중 결합이 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄴ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

**해설**  $N_2$ , HCl,  $CO_2$ ,  $CH_2O$ 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	$N_2$	HCl	$CO_2$	$CH_2O$
공유 전자쌍 수	3	1	4	4
비공유 전자쌍 수	2	3	4	2

(나)와 (라)는 각각 비공유 전자쌍 수가 2로 같은  $N_2$ 와  $CH_2O$  중 하나이고, (다)와 (라)는 각각 공유 전자쌍 수가 4로 같은  $CO_2$ 와  $CH_2O$  중 하나이다. 따라서 (라)는  $CH_2O$ , (나)는  $N_2$ , (다)는  $CO_2$ 이고, (가)는 HCl이다. ㄱ. (다)와 (라)의 공유 전자쌍 수는  $a = 4$ 이고, (나)와 (라)의 비공유 전자쌍 수는  $b = 2$ 이다. 따라서  $a + b = 6$ 이다. ㄴ. (다)는  $CO_2$ 이다. ㄷ. (가)의 HCl에는 단일 결합, (나)의  $N_2$ 에는 3중 결합이 있다. 따라서 다중 결합은 (나)에만 있다. **답** ②

01 [2024-0145] 다음은 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각  $O_2$ ,  $OF_2$ ,  $CF_4$  중 하나이다.

- 공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다.
- 비공유 전자쌍 수는 (다) > (나)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는  $OF_2$ 이다.
  - ㄴ. (나)에는 무극성 공유 결합이 존재한다.
  - ㄷ.  $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{구성 원자 수}}$ 는 (나) > (가) > (다)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [2024-0146] 표는 바닥상태 원자 A~E의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 수와 홀전자 수를 나타낸 것이다.

원자	A	B	C	D	E
전자가 들어 있는 오비탈 수	3	5	4	5	5
홀전자 수		1			3

표는 A~E로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	A, B	B, E	C, D
공유 전자쌍 수	3	3	4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. (가)와 (나)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.
  - ㄴ. 구성 원자 수는 (나) > (다)이다.
  - ㄷ. (다)는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [2024-0147] 표는 원자 또는 이온의 바닥상태 전자 배치를 나타낸 것이다.

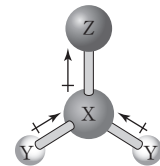
원자 또는 이온	전자 배치
A	$1s^2 2s^2 2p^3$
$B^{2-}$	$1s^2 2s^2 2p^6$
C	$1s^2 2s^2 2p^5$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ.  $A_2$ 와  $AC_3$ 는 공유 전자쌍 수가 같다.
  - ㄴ.  $BC_2$ 에는 무극성 공유 결합이 존재한다.
  - ㄷ.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는  $B_2 : C_2 = 1 : 3$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [2024-0148] 그림은 분자  $XY_2Z$ 에서 결합의 쌍극자 모멘트를 나타낸 것이다.  $XY_2Z$ 에서 X와 Z는 옥텟 규칙을 만족하고,  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.

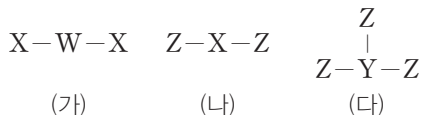


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 전기 음성도는  $Z > X > Y$ 이다.
  - ㄴ.  $XY_2Z$ 에서 Z는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.
  - ㄷ.  $Y_2Z$ 에서 Y는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22024-0149] 그림은 2주기 원소 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)의 구조식이다. 다중 결합과 비공유 전자쌍은 나타내지 않았다. (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하며, 전기 음성도는  $Z > X > W$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 원자가 전자 수는  $Y > X$ 이다.  
 ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이다.  
 ㄷ. (다)에서 Y는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22024-0150] 표는 수소(H)와 2주기 원소 X~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에는 모두 무극성 공유 결합이 존재하며, X~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	X, H	Y, H	Z, H
구성 원자 수	4	4	4
공유 전자쌍 수	3	4	5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 전기 음성도는  $X > Y > Z$ 이다.  
 ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다.  
 ㄷ. (가)~(다) 중 다중 결합이 존재하는 것은 1가지이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22024-0151] 표는 분자 (가)~(다)의 분자식이다.

분자	(가)	(나)	(다)
분자식	HCN	CH <sub>4</sub>	COF <sub>2</sub>

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 다중 결합이 포함된 분자는 2가지이다.  
 ㄴ. (나)에서 원자 사이의 결합은 모두 극성 공유 결합이다.  
 ㄷ. 공유 전자쌍 수의 비는 (가) : (다) = 2 : 1이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0152] 표는 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 전기 음성도는  $Z > W$ 이다.

분자	(가)	(나)
구성 원소	W, X, Y	W, X, Z
화학 결합 모형		

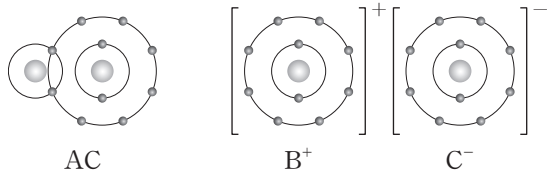
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. W~Z 중 원자가 전자 수는 X가 가장 크다.  
 ㄴ. (가)와 (나)의 중심 원자는 모두 W이다.  
 ㄷ. 공유 전자쌍 수는 Y<sub>2</sub>가 Z<sub>2</sub>의  $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22024-0153] 그림은 화합물 AC와 BC를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.

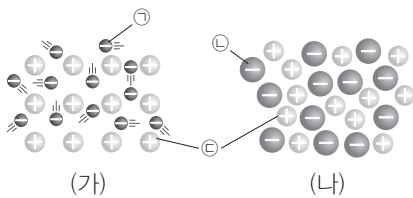


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. A~C는 바닥상태 원자의 홀전자 수가 모두 같다.
  - ㄴ. AC에서 A는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.
  - ㄷ. 액체 상태에서 전기 전도성은  $BC > AC$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22024-0154] 그림은 물질 (가)와 (나)를 모형으로 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 Na(s)과 NaCl(l) 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ.  $\ominus$ 은 자유 전자이다.
  - ㄴ. (가)에 전극을 연결하고 전류를 흘려주면  $\ominus$ 은 (-)극으로 이동한다.
  - ㄷ. (나)를 구성하는 이온의 전자 수비는  $\ominus : \oplus = 1 : 1$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22024-0155] 표는 물질 (가)~(다)의 결정 구조 또는 결합 모형을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 염화 나트륨(NaCl), 나트륨(Na), 다이아몬드(C) 중 하나이다.

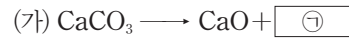
물질	(가)	(나)	(다)
결정 구조 또는 결합 모형			

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 공유 결합 물질이다.
  - ㄴ. (나)는 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.
  - ㄷ. (나)와 (다)는 화학 결합의 종류가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22024-0156] 다음은 2가지 반응의 화학 반응식이다.



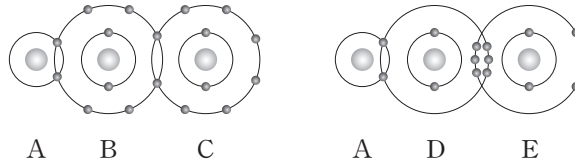
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ.  $\omin�$ 에는 무극성 공유 결합이 존재한다.
  - ㄴ.  $\omin�$ 은 공유 결합 물질이다.
  - ㄷ. 반응물과 생성물 중 이온 결합 물질의 가짓수는 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

결합 모형에서 ABC는 HOF이고, ADE는 HCN이다.

01 [22024-0157] 그림은 화합물 ABC와 ADE를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

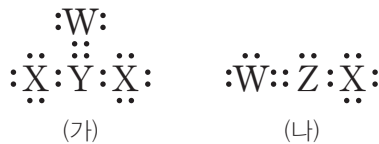
보기

- ㄱ. EC<sub>3</sub>에서 E는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.
- ㄴ. DB<sub>2</sub>와 DA<sub>2</sub>B에는 무극성 공유 결합이 존재한다.
- ㄷ. 공유 전자쌍 수비는 B<sub>2</sub> : E<sub>2</sub> = 2 : 3이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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

02 [22024-0158] 그림은 2주기 원소 W~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

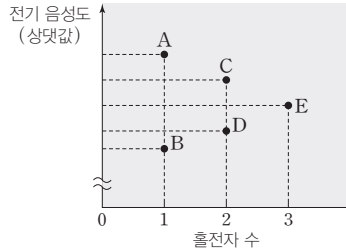
보기

- ㄱ. 전기 음성도는 Y > X이다.
- ㄴ. 원자가 전자 수는 X > Z > W이다.
- ㄷ. (나)에서 Z는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** [2024-0159]

그림은 1, 2주기 바닥상태 원자 A~E의 홀전자 수와 전기 음성도의 상댓값을 나타낸 것이고, 표는 A~E로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 구성 원자의 전자 배치가 모두 18족 원소와 같고, 극성 공유 결합으로만 이루어져 있다.



분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	A, B	C, D	B, E
분자당 원자 수	$x-1$	$x$	$x+1$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ.  $x=3$ 이다.  
 ㄴ. (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 2가지이다.  
 ㄷ.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 (가):(나):(다)=9:3:1이다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** [2024-0160]

표는 2주기 원소 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 W~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	W, X	W, Y	W, Y, Z
분자당 원자 수	4	4	3
공유 전자쌍 수	3	4	㉠
비공유 전자쌍 수	㉡	㉢	㉣

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. ㉠은 4이다.  
 ㄴ.  $\frac{W \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 는 (가)>(나)이다.  
 ㄷ. ㉡+㉢+㉣은 22이다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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

공유 결합을 형성하여 가질 수 있는 공유 전자쌍 수는 탄소(C)가 4, 질소(N)가 3, 산소(O)가 2, 플루오린(F)이 1이다.

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>과 HCN에는 다중 결합이 존재하고, NH<sub>3</sub>와 HCN에는 비공유 전자쌍이 존재한다.

X는 탄소(C), Y는 질소(N), Z는 플루오린(F)이다.

05 [2024-0161] 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, HCN, NH<sub>3</sub> 중 하나이다.

분자	(가)	(나)	(다)
다중 결합	○	×	○
비공유 전자쌍	○	○	×

(○ : 있음, × : 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, N의 원자량은 각각 1, 12, 14이다.)

보기

ㄱ. (다)는 HCN이다.  
 ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (다)가 (나)의 2배이다.  
 ㄷ. 분자량은 (다) > (가)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [2024-0162] 그림은 2주기 원자 X~Z의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



표는 X~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)의 구성 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)
구성 원소	X, Z	Y, Z
분자당 원자 수	6	4
비공유 전자쌍 수 공유 전자쌍 수	a	a

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. a=2이다.  
 ㄴ. (가)와 (나)에는 모두 다중 결합이 존재한다.  
 ㄷ. 공유 전자쌍 수비는 (가) : (나) = 3 : 2이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



**07** [22024-0163] 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 CH<sub>2</sub>O, OF<sub>2</sub>, FCN 중 하나이다.

분자	(가)	(나)	(다)
공유 전자쌍 수	$x$	$y$	$y$
비공유 전자쌍 수	$2z$	$z$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (다)는 OF<sub>2</sub>이다.  
 ㄴ.  $x+y+z=10$ 이다.  
 ㄷ. (가)와 (나)에는 모두 다중 결합이 존재한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

공유 전자쌍 수는 CH<sub>2</sub>O와 FCN이 4이고, OF<sub>2</sub>가 2이다.

**08** [22024-0164] 다음은 3가지 반응의 화학 반응식이다.

○ H<sub>2</sub>+Cl<sub>2</sub> → 2 [ ㉠ ]  
 ○ 2 [ ㉡ ] → CH<sub>4</sub>+CO<sub>2</sub>  
 ○ [ ㉢ ] + 3H<sub>2</sub> → 2NH<sub>3</sub>

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

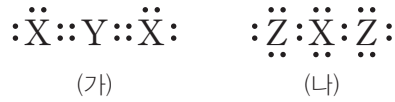
ㄱ. 구성 원소의 가짓수는 ㉠ > ㉢이다.  
 ㄴ.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 ㉢ > ㉡이다.  
 ㄷ. ㉠~㉢ 중 무극성 공유 결합이 존재하는 분자는 2가지이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

완성된 화학 반응식에서 ㉠은 HCl, ㉡은 CH<sub>2</sub>O, ㉢은 N<sub>2</sub>이다.

X는 산소(O), Y는 탄소(C), Z는 플루오린(F)이다.

09 [22024-0165] 그림은 2주기 원소 X~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

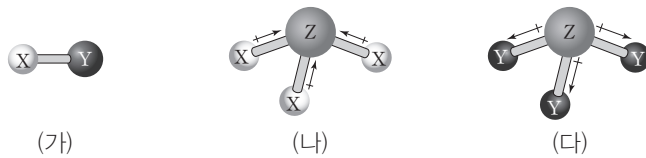
보기

- ㄱ. 원자가 전자 수는  $X > Y > Z$ 이다.
- ㄴ.  $X_2$ 와  $Z_2$ 는 모두 다중 결합이 존재한다.
- ㄷ.  $YXZ_2$ 에서 Y는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

결합의 쌍극자 모멘트는 전기 음성도가 작은 원자에서 큰 원자로 향하는 화살표로 표시한다.

10 [22024-0166] 그림은 분자 (가)~(다)의 모형과 결합의 쌍극자 모멘트를 나타낸 것이다. (가)에서 결합의 쌍극자 모멘트는 나타내지 않았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

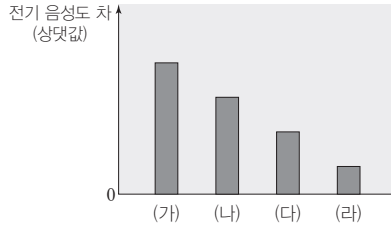
- ㄱ. 전기 음성도는  $Y > Z > X$ 이다.
- ㄴ. (가)에서 X는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.
- ㄷ. (나)와 (다)는 모두 극성 공유 결합이 존재한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [2024-0167]

표는 2주기 원소 W~Z와 수소(H)로 이루어진 분자 (가)~(라)의 구성 원소와 분자당 구성 원자 수를, 그림은 (가)~(라)에서 구성 원소 간 전기 음성도 차의 상대값을 나타낸 것이다. (가)~(라)에서 W~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)	(라)
구성 원소	H, W	H, X	H, Y	H, Z
분자당 구성 원자 수	2	3	4	5



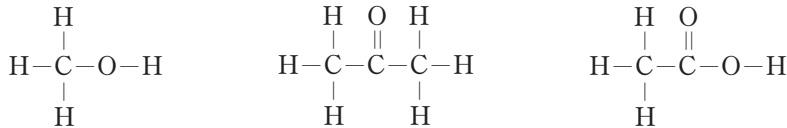
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. W~Z 중 전기 음성도는 Z가 가장 크다.
  - ㄴ.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 (가) : (나) = 3 : 1이다.
  - ㄷ. (다)에서 중심 원자는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [2024-0168]

그림은 분자 (가)~(다)의 구조식을 순서없이 나타낸 것이다.



다음은 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)와 (나)는 비공유 전자쌍 수가 같다.
- (가)와 (다)는  $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 가 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 분자식은  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 이다.
  - ㄴ. (나)에서 원자 사이의 결합은 모두 단일 결합이다.
  - ㄷ. 공유 전자쌍 수는 (가) > (다) > (나)이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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

(가)~(다)의 분자식은 각각  $\text{CH}_4\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  중 하나이며 비공유 전자쌍은 산소 원자에만 존재하므로 산소 원자 수가 같은  $\text{CH}_4\text{O}$ 과  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ 은 비공유 전자쌍 수가 같다.  $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는  $\text{CH}_4\text{O}$ 이 4이고,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ 과  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 은 2이다.

A는 2주기 비금속 원소, B는 3주기 비금속 원소, C와 D는 3주기 금속 원소이다.

13 [2024-0169] 표는 바닥상태 원자 A~D에 대하여 전자가 들어 있는 전자 껍질 수와 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.

원자	A	B	C	D
전자가 들어 있는 전자 껍질 수	2	3	3	3
루이스 전자점식	$\cdot\ddot{A}\cdot$	$\cdot\ddot{B}:$	$C\cdot$	$\cdot D\cdot$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 전기 전도성은  $C(s) > CB(s)$ 이다.  
 ㄴ.  $AB_2$ 와  $DB_2$ 는 화학 결합의 종류가 같다.  
 ㄷ. 녹는점은 CB가 DA보다 높다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Mg은 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있고, 이온 결합 물질인 NaCl과 MgO은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다.

14 [2024-0170] 표는 서로 다른 온도  $T_1 \sim T_3$ 에서 물질 (가)~(다)의 전기 전도성을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 NaCl, MgO, Mg 중 하나이고,  $T_1 \sim T_3$ 에서 고체와 액체 중 1가지 상태로 존재한다.

물질	$T_1$	$T_2$	$T_3$
(가)	㉠	있음	
(나)	없음	있음	
(다)	없음	없음	있음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

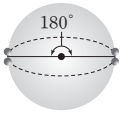
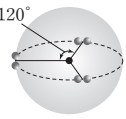
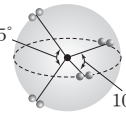
ㄱ. 온도는  $T_3 > T_2 > T_1$ 이다.  
 ㄴ. '있음'은 ㉠으로 적절하다.  
 ㄷ. NaCl의 녹는점은  $T_2$ 보다 높다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 1 분자의 구조

### (1) 전자쌍 반발 이론

- ① 분자 또는 이온에서 중심 원자 주위의 전자쌍들은 모두 음전하를 띠고 있어 서로 반발하여 가능한 멀리 떨어져 있으려고 한다.
- ② 중심 원자 주위에 있는 전자쌍 수에 따라 전자쌍의 배열이 달라진다.




전자쌍 수	전자쌍의 배열	
2		2개의 전자쌍이 중심 원자를 기준으로 직선형의 형태로 배열될 때 전자쌍 사이의 반발력이 최소가 된다.
3		3개의 전자쌍이 중심 원자를 기준으로 평면 삼각형의 형태로 배열될 때 전자쌍 사이의 반발력이 최소가 된다.
4		4개의 전자쌍이 중심 원자를 기준으로 정사면체의 형태로 배열될 때 전자쌍 사이의 반발력이 최소가 된다.

### 탐구자료 살펴보기 전자쌍의 수에 따른 전자쌍의 배열

#### 실험 과정

- (가) 고무풍선 2개를 같은 크기로 불어 매듭을 지은 후 각 매듭을 함께 묶는다.  
 (나) 고무풍선 3개와 4개를 각각 같은 크기로 불어 매듭을 지은 후 각 매듭을 함께 묶는다.

#### 실험 결과

고무풍선의 수	2개	3개	4개
고무풍선을 묶은 모습			
모양	직선형	평면 삼각형	정사면체형

#### 분석 point

1. 각 고무풍선의 매듭을 묶어 고무풍선들이 가장 멀리 떨어지도록 배치해 보면, 고무풍선 2개를 묶었을 때는 직선형, 3개는 평면 삼각형, 4개는 정사면체형의 구조를 나타낸다.
2. 고무풍선의 배열은 분자를 이루는 전자쌍의 배열에 적용할 수 있다. 매듭은 중심 원자로, 고무풍선은 중심 원자 주위의 전자쌍에 비유할 수 있다. 분자에서 중심 원자 주위의 전자쌍들은 모두 음전하를 띠고 있으므로 서로 반발하여 가장 멀리 떨어져 있으려고 한다.
3. 전자쌍의 수가 2일 경우에는 2개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 180°의 각을 이루면서 직선형 구조로 배열된다. 전자쌍의 수가 3일 경우에는 3개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 120°의 각을 이루며 평면 삼각형 구조로 배열되고, 전자쌍의 수가 4일 경우에는 4개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 109.5°의 각을 이루며 정사면체형 구조로 배열된다.

### 개념 체크

#### ● 전자쌍 반발 이론

중심 원자 주위의 전자쌍들이 서로 반발하여 가능한 멀리 떨어져 있으려고 하는 것이다.

1. 중심 원자 주위의 전자쌍들이 모두 음전하를 띠고 있으므로 서로 반발하여 가능한 멀리 떨어져 있으려고 하는 것을 ( ) 이론이라고 한다.
2. 중심 원자 주위에 있는 전자쌍의 수에 따라 전자쌍의 배열이 달라지며, 이에 의해 분자의 ( )가/이 결정된다.
3. 중심 원자 주위에 있는 전자쌍 수가 2일 때, 2개의 전자쌍이 ( )으로 배열되면 전자쌍 사이의 반발력이 최소가 된다.

#### 정답

1. 전자쌍 반발
2. 구조(모양)
3. 직선형

개념 체크

● 전자쌍 사이의 반발력 크기

중심 원자의 비공유 전자쌍은 중심 원자에만 속해 있어 중심 원자 주위에서 더 큰 공간을 차지하므로 공유 전자쌍보다 반발력이 크다.

● 결합각

중심 원자의 원자핵과 중심 원자와 결합한 두 원자의 원자핵을 선으로 연결하였을 때 생기는 내각이다.

1. 분자의 결합각은 중심 원자 주위의 전자쌍의 종류와 ( )에 따라 다르다.

※ ○ 또는 ×

2. 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다. ( )

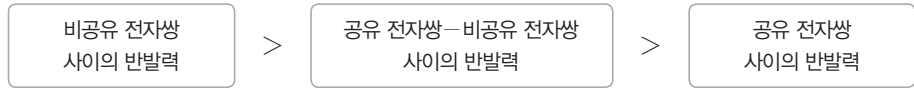
3. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 결합된 원자 수가 3인 분자의 모양은 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

4. 결합각은 BCl<sub>3</sub>가 BeF<sub>2</sub>보다 크다. ( )

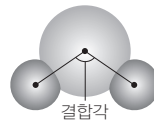
5. CH<sub>2</sub>O의 중심 원자에는 3개의 전자쌍이 있다. ( )

③ 전자쌍 사이의 반발력 크기: 중심 원자의 공유 전자쌍은 2개의 원자가 공유하고 있으나, 비공유 전자쌍은 중심 원자에만 속해 있어 중심 원자 주위에서 공유 전자쌍보다 더 큰 공간을 차지한다. 따라서 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.



(2) 결합각

분자나 이온에서 중심 원자의 원자핵과 중심 원자와 결합한 두 원자의 원자핵을 선으로 연결하였을 때 생기는 내각을 결합각이라 한다.



(3) 분자의 구조

① 2원자 분자의 경우: 2개의 원자가 결합하고 있으므로 두 원자핵이 동일한 직선상에 존재한다.

분자식	H <sub>2</sub>	HF	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
루이스 전자점식	H:H	H:F:	Ö::Ö	:N::N:
분자 모형				

② 중심 원자가 공유 전자쌍만 가지는 경우: 중심 원자에 결합된 원자의 수에 따라 분자의 모양이 달라진다.

• 중심 원자에 2개의 원자가 결합된 경우: 직선형

분자식	BeF <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	HCN
루이스 전자점식	:F:Be:F:	Ö::C::Ö	H:C::N:
분자 모형			
분자 모양	직선형	직선형	직선형

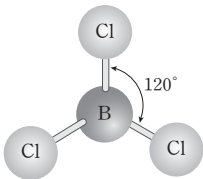
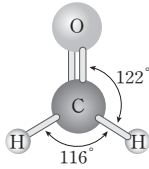
• 중심 원자에 3개의 원자가 결합된 경우: 평면 삼각형

분자식	BCl <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> O
루이스 전자점식	:Cl: :Cl:B:Cl:	:O: :H:C:H
분자 모형		
분자 모양	평면 삼각형	평면 삼각형

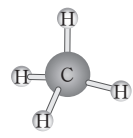
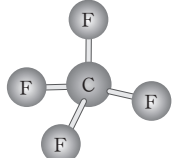
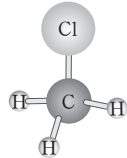
정답

1. 수
2. ○
3. 평면 삼각형
4. ×
5. ×

**과학 돋보기 삼염화 붕소( $\text{BCl}_3$ )와 폼알데하이드( $\text{CH}_2\text{O}$ )의 분자 구조와 결합**

$\text{BCl}_3$	$\text{CH}_2\text{O}$
	
<p><math>\text{BCl}_3</math>에서 B 원자에 비공유 전자쌍이 없고, B-Cl의 결합은 모두 동등하므로 전자쌍 사이의 반발 정도가 같다. 따라서 전자쌍은 평면 삼각형으로 배열하고, 결합각은 <math>120^\circ</math>가 된다.</p>	<p><math>\text{CH}_2\text{O}</math>에서 C 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 결합된 원자가 3개인데 C=O 2중 결합은 C-H 단일 결합보다 전자 밀도가 크다. 따라서 C=O 결합과 C-H 결합 사이의 반발력이 C-H 결합 사이의 반발력보다 크므로 <math>\angle\text{HCO}</math>가 <math>\angle\text{HCH}</math>보다 조금 더 크다.</p>

• 중심 원자에 4개의 원자가 결합된 경우 : 정사면체형 또는 사면체형

분자식	결합한 원자가 모두 같은 경우		결합한 원자가 다른 경우
	$\text{CH}_4$	$\text{CF}_4$	
루이스 전자점식	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} : \text{C} : \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{F}}: \\   \\ :\ddot{\text{F}}: \text{C} : \text{F}: \\   \\ :\ddot{\text{F}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{Cl}}: \\   \\ \text{H} : \text{C} : \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$
분자 모형			
분자 모양	정사면체형	정사면체형	사면체형

- $\text{CH}_4$ ,  $\text{CF}_4$  등과 같이 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 공유 전자쌍만 4개가 있으며, 중심 원자와 결합한 원자가 모두 같은 경우 분자의 모양은 정사면체형이다.
- $\text{CH}_3\text{Cl}$ 과 같이 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 공유 전자쌍만 4개가 있지만, 중심 원자와 결합한 원자들이 서로 다른 경우에는 결합한 원자의 크기와 전기 음성도가 달라 결합각이 약간 달라져 분자의 모양은 사면체형이 된다.

③ 중심 원자가 비공유 전자쌍을 가지는 경우 : 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍의 수에 따라 분자의 모양이 달라진다.

- 중심 원자가 3개의 원자와 결합하고, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1일 경우 : 삼각뿔형  
 → 4개의 전자쌍은 중심 원자 주위에 사면체 형태로 배열된다. 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 결합각은 정사면체일 때보다 작아지고, 분자 모양은 삼각뿔형이 된다.

**개념 체크**

① 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 경우

직선형 : 중심 원자에 2개의 원자가 결합된 경우

평면 삼각형 : 중심 원자에 3개의 원자가 결합된 경우

(정)사면체형 : 중심 원자에 4개의 원자가 결합된 경우

1. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 중심 원자와 결합한 4개의 원자가 모두 같은 분자의 모양은 ( ) 이다.

2. HCN,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{CH}_4$ 을 결합각이 큰 순서대로 나열하시오.

※ ○ 또는 ×

3.  $\text{CCl}_4$ 에서 모든 결합각은  $109.5^\circ$ 이다. ( )

4.  $\text{CO}_2$ 와  $\text{BCl}_3$ 의 중심 원자에는 모두 비공유 전자쌍이 없다. ( )

정답

1. 정사면체형
2.  $\text{HCN} > \text{BF}_3 > \text{CH}_4$
3. ○
4. ○

개념 체크

● 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 경우

삼각뿔형 : 중심 원자에 결합된 원자가 3개이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있는 경우

굽은 형 : 중심 원자에 결합된 원자가 2개이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있는 경우

1. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개, 결합된 원자가 3개인 분자의 모양은 ( )이다.

2. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개, 결합된 원자가 2개인 분자의 모양은 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

3. NH<sub>3</sub>의 분자 모양은 평면 삼각형이다. ( )

4. H<sub>2</sub>O의 분자 모양은 굽은형이다. ( )

5. BCl<sub>3</sub>와 NCl<sub>3</sub>의 분자 모양은 같다. ( )

분자식	NH <sub>3</sub>	NF <sub>3</sub>	PCl <sub>3</sub>
루이스 전자점식	$\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:F:} \ddot{\text{N}} \text{:F:} \\   \\ \text{:F:} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:Cl:} \ddot{\text{P}} \text{:Cl:} \\   \\ \text{:Cl:} \end{array}$
분자 모형			
분자 모양	삼각뿔형	삼각뿔형	삼각뿔형

● 중심 원자가 2개의 원자와 결합하고, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 2일 경우 : 굽은 형  
 ➔ 4개의 전자쌍은 중심 원자 주위에 사면체 형태로 배열된다. 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 크므로 결합각은 더욱 작아지고, 분자 모양은 굽은 형이 된다.

분자식	H <sub>2</sub> O	OF <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
루이스 전자점식	$\text{H} : \ddot{\text{O}} : \text{H}$	$\text{:F:} \ddot{\text{O}} \text{:F:}$	$\text{H} : \ddot{\text{S}} : \text{H}$
분자 모형			
분자 모양	굽은 형	굽은 형	굽은 형

과학 돋보기 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>과 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 구조

H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>과 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 루이스 전자점식, 공유 전자쌍 수, 비공유 전자쌍 수, 모양은 다음과 같다.

이온	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
루이스 전자점식	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{O}} : \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array} \right]^+$	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array} \right]^+$
공유 전자쌍 수	3	4
비공유 전자쌍 수	1	0
모양	삼각뿔형	정사면체형

(4) 분자 구조의 예측

- ① 분자의 루이스 전자점식을 그린다.
- ② 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍 수를 세어 본다.
- ③ 전자쌍 반발 이론을 이용하여 중심 원자의 전자쌍 배열을 결정한다.
- ④ 원자의 위치와 결합각을 고려하여 분자 구조를 예측한다.

중심 원자에 결합된 원자 수	중심 원자의 비공유 전자쌍 수	분자 모양
2	0	직선형
3	0	평면 삼각형
4	0	정사면체형 또는 사면체형
3	1	삼각뿔형
2	2	굽은 형

정답

1. 삼각뿔형
2. 굽은 형
3. ×
4. ○
5. ×



예 암모니아(NH<sub>3</sub>)의 분자 구조 예측

① 루이스 전자점식 그리기	② 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍 수 세기
$\begin{array}{c} \text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	결합된 원자 수 : 3 비공유 전자쌍 수 : 1
③ 전자쌍 배열 결정	④ 분자 구조 예측
	 삼각뿔형

## 개념 체크

● 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍 수를 고려하여 분자 구조를 예측한다.

● 2주기 수소 화합물에서 중심 원자에 4개의 전자쌍이 있는 경우 비공유 전자쌍의 수가 많을수록 결합각은 작다.

※ ○ 또는 ×

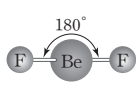

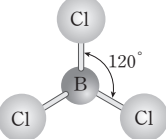
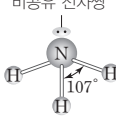
1. H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>의 O에는 비공유 전자쌍이 1개 있다. ( )

2. 결합각은 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>이 NH<sub>3</sub>보다 크다. ( )

3. 중심 원자에 결합된 원자 수가 같아도 중심 원자가 가지는 ( ) 전자쌍의 수에 따라 분자의 구조가 달라진다.

## 과학 돋보기 비공유 전자쌍 수와 분자 구조

• 결합된 원자 수가 같아도 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수에 따라 분자의 구조가 달라진다.

중심 원자의 비공유 전자쌍 수	중심 원자에 2개의 원자가 결합된 경우		중심 원자에 3개의 원자가 결합된 경우	
	0	2	0	1
분자 모형		비공유 전자쌍 		비공유 전자쌍 
분자 모양	직선형	굽은 형	평면 삼각형	삼각뿔형

• 2주기 수소 화합물에서 중심 원자에 4개의 전자쌍이 있는 경우, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 비공유 전자쌍의 수가 많을수록 결합각은 작다.

분자	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
공유 전자쌍 수	4	3	2
비공유 전자쌍 수	0	1	2
분자 모양	정사면체형	삼각뿔형	굽은 형
결합각	109.5°	107°	104.5°

## 2 분자의 성질

## (1) 무극성 분자

① 무극성 공유 결합이 있는 2원자 분자는 모두 무극성 분자이다.

예 H<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 등

② 극성 공유 결합이 있는 분자라도 각 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0인 구조이면 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 무극성 분자이다.

정답

1. ○  
2. ○  
3. 비공유

개념 체크

● 무극성 분자

분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자이다.

● 극성 분자

분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자이다.

1. 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자는 ( ) 분자이다.

2. 극성 분자인 H<sub>2</sub>O에서 O는 부분적인 ( ) 전하를 띠고, H는 부분적인 ( ) 전하를 띤다.

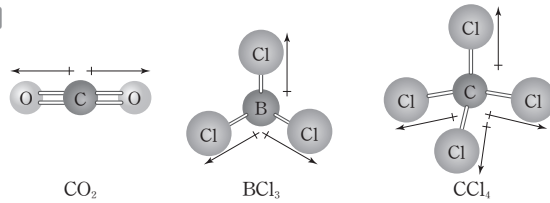
※ ○ 또는 ×

3. 극성 공유 결합이 있는 분자는 모두 극성 분자이다. ( )

4. CO<sub>2</sub>에는 극성 공유 결합이 있지만, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. ( )

5. NH<sub>3</sub>와 BCl<sub>3</sub>는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. ( )

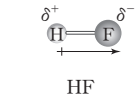
예



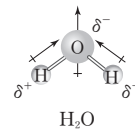
무극성 분자(분자의 쌍극자 모멘트=0)

(2) 극성 분자 : 극성 공유 결합이 있는 분자 중에서 각 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 구조이면 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.

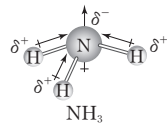
예



HF 분자에서 F 원자 쪽은 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, H 원자 쪽은 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.



H<sub>2</sub>O 분자에서 O 원자 쪽은 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, H 원자 쪽은 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.



NH<sub>3</sub> 분자에서 N 원자 쪽은 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, H 원자 쪽은 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

극성 분자(분자의 쌍극자 모멘트≠0)

과학 돌보기 분자의 구조와 성질

분자식	BeF <sub>2</sub>	BCl <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
분자 모형					
중심 원자의 공유 전자쌍 수	2	3	4	3	2
중심 원자의 비공유 전자쌍 수	0	0	0	1	2
분자 모양	직선형	평면 삼각형	정사면체형	삼각뿔형	굽은 형
결합각	180°	120°	109.5°	107°	104.5°
극성 유무	무극성	무극성	무극성	극성	극성

(3) 분자의 극성 알아내기

분자	SiH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S
① 분자의 루이스 전자점식을 그린다.	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} : \text{Si} : \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$	$\text{H} : \ddot{\text{S}} : \text{H}$
② 분자의 구조를 파악한다.	정사면체형	굽은 형
③ 결합의 쌍극자 모멘트 합을 구하여 분자의 극성을 알아낸다.	결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이므로 무극성 분자이다.	결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아니므로 극성 분자이다.

정답

1. 극성
2. 음, 양
3. ×
4. ○
5. ×

#### (4) 무극성 분자와 극성 분자의 성질

##### ① 용해성

- 극성 분자는 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 분자는 무극성 용매에 잘 용해된다.
- 극성 용매와 무극성 용매는 서로 잘 섞이지 않고 층을 이룬다.

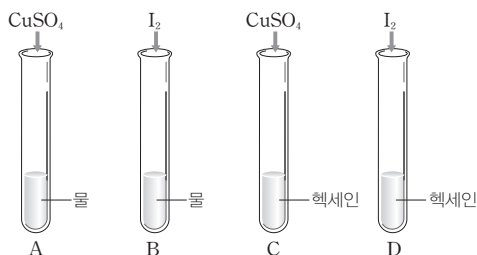
예 무극성 물질인 아이오딘( $I_2$ )은 극성 용매인 물( $H_2O$ )에는 잘 용해되지 않지만, 무극성 용매인 헥세인( $C_6H_{14}$ )에는 잘 용해된다.

용매	물( $H_2O$ )	헥세인( $C_6H_{14}$ )
용매의 성질	극성	무극성
잘 용해되는 물질	극성 분자, 이온 결합 물질 예 HCl, $NH_3$ , NaCl, $CuSO_4$ 등	무극성 분자 예 $Br_2$ , $I_2$ , $C_6H_6$ (벤젠) 등

#### 탐구자료 살펴보기 물질의 용해

##### 실험 과정

- (가) 4개의 시험관 A~D를 준비하여 A와 B에는 물( $H_2O$ ) 5 mL씩, C와 D에는 헥세인( $C_6H_{14}$ ) 5 mL씩을 넣는다.
- (나) 시험관 A와 C에는 황산 구리( $CuSO_4$ ) 1 g씩, B와 D에는 아이오딘( $I_2$ ) 1 g씩을 넣고 잘 흔들어 준 다음 용해되는지 관찰한다.



##### 실험 결과

시험관	A	B	C	D
결과	잘 녹음	거의 녹지 않음	거의 녹지 않음	잘 녹음

##### 분석 point

1. 무극성 물질인  $I_2$ 는 무극성 용매인 헥세인에 잘 녹는다.
2. 이온 결합 물질인  $CuSO_4$ 는 극성 용매인 물에 잘 녹는다.

##### ② 녹는점과 끓는점

- 극성 물질은 분자에서 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤 원자와 이웃한 분자의 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤 원자 사이에 인력이 존재하므로 분자량이 비슷한 무극성 물질에 비해 분자 사이의 인력이 크다.
- 일반적으로 극성 물질은 분자량이 비슷한 무극성 물질보다 끓는점이 높다.

예  $CH_4$ 와  $H_2O$ 은 분자량이 비슷하지만 끓는점은 극성 물질인  $H_2O$ 이 무극성 물질인  $CH_4$ 보다 높다.

물질	성질	분자량	끓는점(°C)
$CH_4$	무극성	16	-161.5
$H_2O$	극성	18	100
$O_2$	무극성	32	-183
HCl	극성	36.5	-85

#### 개념 체크

• 극성 분자는 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 분자는 무극성 용매에 잘 용해된다.

• 극성 물질은 일반적으로 분자량이 비슷한 무극성 물질보다 끓는점이 높다.

1. ( ) 분자는 극성 용매에 잘 용해되고, ( ) 분자는 무극성 용매에 잘 용해된다.

※ ○ 또는 ×

2. 아이오딘( $I_2$ )은 극성 용매인 물보다 무극성 용매인 헥세인에 잘 용해된다. ( )

3. 염화 수소(HCl)는 무극성 용매인 헥세인보다 극성 용매인 물에 잘 용해된다. ( )

4.  $H_2O$ 은 분자량이 비슷한  $CH_4$ 보다 끓는점이 높다. ( )

#### 정답

1. 극성, 무극성
2. ○
3. ○
4. ○

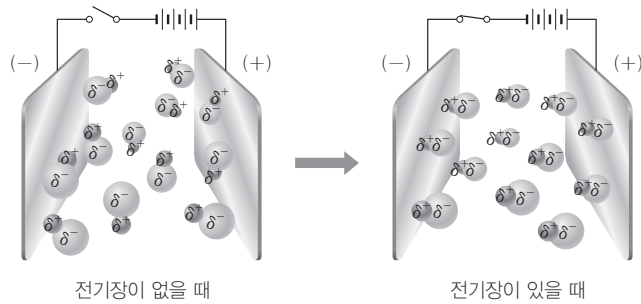
개념 체크

● 기체 상태의 극성 분자는 쌍극자가 있으므로 전기장에서 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠는 부분이 전기장의 (+)극 쪽으로, 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띠는 부분은 전기장의 (-)극 쪽으로 향하도록 배열된다.

※ ○ 또는 ×

1. HF(*g*)는 전기장에서 분자들이 일정한 방향으로 배열된다. ( )
2. O<sub>2</sub>(*g*)와 NH<sub>3</sub>(*g*)는 모두 전기장에서 분자의 배열이 불규칙적이다. ( )
3. 가늘게 흐르는 물줄기에 대전체를 가까이 가져가면 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어진다. ( )
4. 가늘게 흐르는 물줄기에 (+)대전체를 가까이 가져가면 물 분자의 ( ) 원자 쪽이 (+)대전체 쪽으로 끌리게 된다.

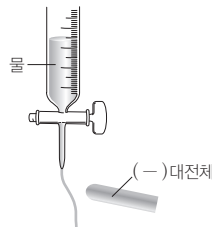
③ 전기적 성질 : 극성 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 전기장에서 기체 상태의 극성 분자는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠는 부분이 전기장의 (+)극 쪽으로, 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띠는 부분은 전기장의 (-)극 쪽으로 향하도록 배열된다.



탐구자료 살펴보기 물의 극성 확인

실험 과정

- (가) 뷰렛에 물을 넣은 후 뷰렛 꼭지를 열어 가는 물줄기가 흐르도록 한다.  
 (나) 그림과 같이 (-)전하를 띠는 대전체를 물줄기에 가까이 가져가 본다.



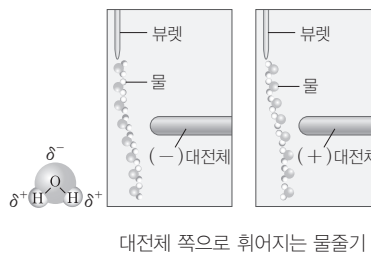
(다) (+)전하를 띠는 대전체를 물줄기에 가까이 가져가 본다.

실험 결과

과정 (나)와 (다)에서 모두 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어졌다.

분석 point

(-)대전체를 가까이 가져가면 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띠는 H 원자 쪽(방향)이 대전체 쪽으로 끌려가고, (+)대전체를 가까이 가져가면 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠는 O 원자 쪽(방향)이 대전체 쪽으로 끌려가므로 대전체의 전하의 종류와 상관없이 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어진다.



정답

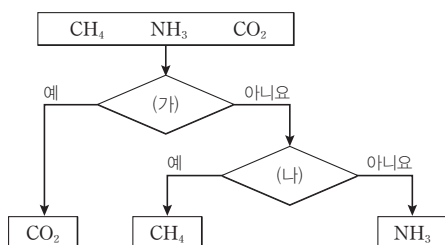
1. ○
2. ×
3. ○
4. 산소(O)

## 기출문제 다시보기

## 분자의 구조와 성질

2022학년도 대학수학능력시험

그림은 3가지 분자를 기준 (가)와 (나)에 따라 분류한 것이다.



다음 중 (가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

(가)

- ① 무극성 분자인가?
- ② 공유 전자쌍 수는 4인가?
- ③ 분자 모양이 직선형인가?
- ④ 다중 결합이 존재하는가?
- ⑤ 비공유 전자쌍 수는 4인가?

(나)

- 공유 전자쌍 수는 3인가?
- 무극성 분자인가?
- 비공유 전자쌍 수는 4인가?
- 분자 모양이 정사면체형인가?
- 다중 결합이 존재하는가?

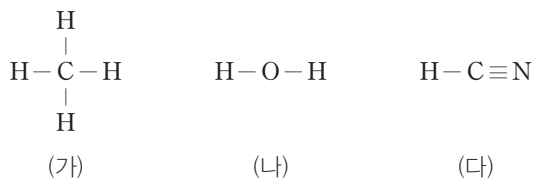
**해설** CO<sub>2</sub> 분자는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 4, 4이고 다중 결합이 존재한다. 또한 분자 모양이 직선형이고 무극성 분자이다. CH<sub>4</sub> 분자는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 4, 0이고 다중 결합이 존재하지 않는다. 또한 분자 모양이 정사면체형이고 무극성 분자이다. NH<sub>3</sub> 분자는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 3, 1이고 다중 결합이 존재하지 않는다. 또한 분자 모양이 삼각뿔형이고 극성 분자이다. 따라서 분류 결과에 알맞은 분류 기준 (가)는 ‘다중 결합이 존재하는가?’가 적절하고, (나)는 ‘분자 모양이 정사면체형인가?’가 적절하다. 답 ④

## 기출문제 다시보기

## 분자의 구조와 성질

2022학년도 9월 모의평가

그림은 3가지 분자 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다.



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

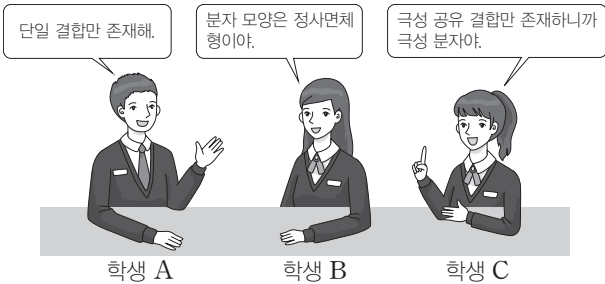
보기

- ㄱ. (가)의 분자 모양은 정사면체형이다.
- ㄴ. 결합각은 (나)와 (다)가 같다.
- ㄷ. 극성 분자는 2가지이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. (가)는 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수가 4이므로 분자 모양이 정사면체형이다. ㄴ. (나)는 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 2이므로 분자 모양이 굽은 형이고, (다)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않고, 단일 결합과 3중 결합이 존재하므로 분자 모양이 직선형이다. 따라서 결합각은 (다) > (나)이다. ㄷ. (가)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이고, (나)와 (다)는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다. 답 ③

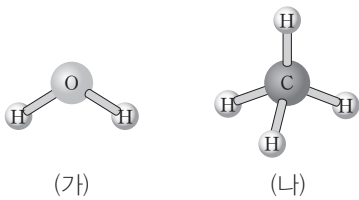
01 [22024-0171] 다음은  $CH_4$  분자에 대한 세 학생의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A                      ② C                      ③ A, B  
 ④ B, C                  ⑤ A, B, C

02 [22024-0172] 그림은 분자 (가)와 (나)의 분자 구조를 모형으로 나타낸 것이다.



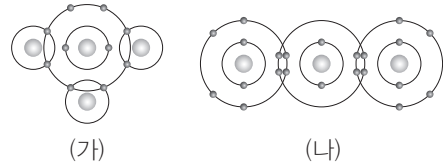
(가)와 (나)의 공통점으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 극성 공유 결합이 존재한다.  
 ㄴ. 입체 구조이다.  
 ㄷ. 결합각은  $NH_3$  분자보다 작다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                  ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22024-0173] 그림은 분자 (가)와 (나)를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재한다.  
 ㄴ. 결합각은 (나) > (가)이다.  
 ㄷ. (가)와 (나)는 모두 극성 분자이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                  ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22024-0174] 그림은 2주기 원자 X~Z의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



X~Z로 이루어진 분자에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 분자에서 X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.)

보기

ㄱ.  $XZ_4$ 의 분자 모양은 정사면체형이다.  
 ㄴ.  $XYZ_2$  분자는 평면 구조이다.  
 ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는  $XY_2 > YZ_2$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                  ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [2024-0175] 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

족 \ 주기	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							
2				B		C	D	

A~D로 이루어진 분자에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이고, 분자에서 B~D는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.)

- 보기
- ㄱ. AD에서 D는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤다.
  - ㄴ. 결합각은  $A_2C > BA_4$ 이다.
  - ㄷ.  $BC_2$ 와  $BCD_2$ 는 모두 극성 분자이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [2024-0176] 다음은 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각  $H_2O$ ,  $OF_2$ ,  $CO_2$  중 하나이다.

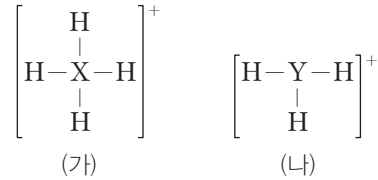
- 공유 전자쌍 수는 (나) > (가)이다.
- (다)에서 O 원자는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (나)에는 다중 결합이 존재한다.
  - ㄴ.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가) = (나)이다.
  - ㄷ. (다)의 분자 모양은 직선형이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [2024-0177] 그림은 이온 (가)와 (나)의 구조식을 나타낸 것이다. X와 Y는 2주기 원소이고, (가)와 (나)에서 X와 Y는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

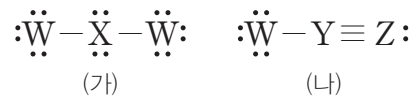


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 원자가 전자 수는  $Y > X$ 이다.
  - ㄴ. (가)와 (나)는 모두 입체 구조이다.
  - ㄷ.  $XH_3$  분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [2024-0178] 그림은 2주기 원자 W~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)의 루이스 구조식을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 전기 음성도는  $W > X$ 이다.
  - ㄴ. (가)의 분자 모양은 직선형이다.
  - ㄷ. (가)와 (나)는 모두 극성 분자이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22024-0179] 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각  $CF_4$ ,  $CO_2$ ,  $COF_2$  중 하나이고, 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
(가)	$a$	$a$
(나)		$3a$
(다)	$a$	$b$

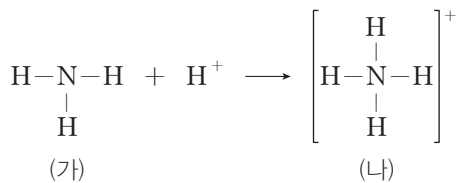
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ.  $\frac{b}{a}=2$ 이다.  
 ㄴ. (나)의 분자 모양은 직선형이다.  
 ㄷ. (가)와 (다)는 모두 극성 분자이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22024-0180] 다음은  $NH_3$ 와 관련된 반응의 화학 반응식에서 분자 (가)와 이온 (나)를 구조식으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 극성 분자이다.  
 ㄴ. (나)의 모양은 정사면체형이다.  
 ㄷ. 결합각은 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22024-0181] 표는 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)에서 C와 O는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	분자식	O 원자와 결합한 H 원자 수
(가)	$CH_xO$	0
(나)	$CH_yO$	1

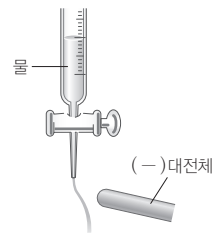
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ.  $\frac{y}{x}=2$ 이다.  
 ㄴ. (가)에는 다중 결합이 존재한다.  
 ㄷ. (가)와 (나)는 모두 극성 분자이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22024-0182] 그림은 흐르는 물줄기에 (-)전하를 띠는 대전체를 가까이 가져다 대었을 때 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어지는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

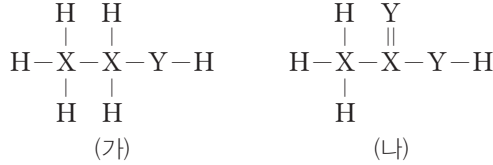
보기

ㄱ.  $H_2O$  분자에서 H 원자 쪽이 대전체 쪽으로 끌려온다.  
 ㄴ.  $H_2O$  분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.  
 ㄷ. 25°C에서 같은 부피의  $H_2O(l)$ 이 담긴 비커에 같은 질량의  $I_2(s)$ 과  $CuSO_4(s)$ 를 각각 녹일 때,  $I_2(s)$ 이  $CuSO_4(s)$ 보다 잘 녹는다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



01 [22024-0183] 그림은 분자 (가)와 (나)의 구조식을 나타낸 것이다. X와 Y는 2주기 원소이고, (가)와 (나)에서 X와 Y는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. 원자가 전자 수는  $X > Y$ 이다.
- ㄴ.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 (가)의 2배이다.
- ㄷ. (가)와 (나)의 구조는 모두 입체 구조이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

2주기 원소이면서(가)와 (나)에서 옥텟 규칙을 만족하는 X는 C이고, Y는 O이다.

02 [22024-0184] 다음은 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{FCN}$  중 하나이다.

- $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가) > (다)이다.
- (나)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

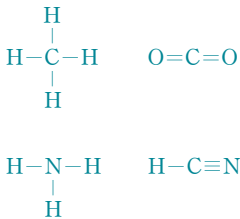
- ㄱ. (가)에는 2중 결합이 존재한다.
- ㄴ.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나) = (다)이다.
- ㄷ. 극성 분자는 2가지이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\text{CO}_2$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{FCN}$ 에서 공유 전자쌍 수는 각각 4, 3, 4이고, 비공유 전자쌍 수는 각각 4, 10, 4이다.

(가)~(다)는 각각 CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O이다.

4가지 분자의 구조식은 다음과 같다.



03 [2024-0185] 다음은 2가지 연소 반응의 화학 반응식이다.

- $\boxed{\text{가}} + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\boxed{\text{나}} + 3\boxed{\text{다}}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

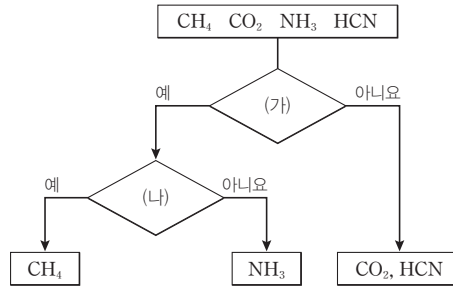
- 보기
- ㄱ. (나) 분자에는 다중 결합이 존재한다.
  - ㄴ. (다)는 분자 모양이 직선형이다.
  - ㄷ. (가)~(다)는 분자의 쌍극자 모멘트가 모두 0이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [2024-0186] 다음은 학생 A~C가 수행한 탐구 활동이다.

[탐구 과정]


- 4가지 분자 CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HCN를 분류한 그림을 준비한다.



- (가)와 (나)에 적절한 분류 기준을 적는다.


[탐구 결과]

(가) : 입체 구조인가?  
(나) : 분자의 쌍극자 모멘트는 0인가?




학생 A

(가) : 단일 결합만 존재하는가?  
(나) : 공유 전자쌍 수는 4인가?



학생 B

(가) : 분자의 쌍극자 모멘트는 0인가?  
(나) : 분자 모양은 정사면체형인가?



학생 C

탐구 결과가 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A                      ② C                      ③ A, B                      ④ B, C                      ⑤ A, B, C

05 [2024-0187]

표는 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. X와 Y는 2주기 원소이고, (가)와 (나)에서 X와 Y는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	구성 원소	공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
(가)	H, X	4	0
(나)	H, X, Y	4	9

(가)에서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 4, 0이며 H와 결합하여 X가 옥텟 규칙을 만족하므로 X의 원자가 전자 수는 4이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. 전기 음성도는  $Y > X$ 이다.
- ㄴ. (가)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.
- ㄷ.  $XY_4$ 의  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 3$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [2024-0188]

다음은 분자의 구조에 대한 탐구 과정이다.

[탐구 과정]

(가) 그림과 같은 표를 준비한다.

NF <sub>3</sub>		
O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>
OF <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O

(나) 규칙에 따라 4가지 분자식(H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, FCN, CH<sub>2</sub>O)을 빈칸에 1가지씩 쓴다.

[규칙]

- 극성 분자는 극성 분자와, 무극성 분자는 무극성 분자와 각각 이웃하지 않는다.
- 가로줄에서 분자의 비공유 전자쌍 수의 합은 모두 같다.

H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, FCN, CH<sub>2</sub>O에서 비공유 전자쌍 수는 각각 0, 2, 4, 2이고, 극성 분자는 FCN, CH<sub>2</sub>O이며 무극성 분자는 H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>이다.

탐구 결과로 옳은 것은?

① 

CH <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>
H <sub>2</sub>	
FCN	

 ② 

CH <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>
FCN	
N <sub>2</sub>	

 ③ 

N <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O
FCN	
H <sub>2</sub>	

 ④ 

H <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O
FCN	
N <sub>2</sub>	

 ⑤ 

FCN	CH <sub>2</sub> O
N <sub>2</sub>	
H <sub>2</sub>	

극성 공유 결합에서 쌍극자 모멘트( $\mu$ )는 전기 음성도가 작은 원자에서 전기 음성도가 큰 원자를 향하도록 십자 화살표( $\rightarrow$ )를 이용하여 표시한다.

전기 음성도는  $O > N > C$ 이고,  $CH_4$ ,  $NH_4^+$ ,  $H_2O$ ,  $FCN$ 의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 4, 2, 4이며, 비공유 전자쌍 수는 각각 0, 0, 2, 4이다.

07 [22024-0189] 그림은 분자 (가)와 (나)의 구조식과 분자에서 각 결합의 쌍극자 모멘트( $\mu$ )를 나타낸 것이다. 구조식에서 다중 결합은 표시하지 않았고  $X \sim Z$ 는 각각 C, O, F 중 하나이며, 분자에서  $X \sim Z$ 는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.



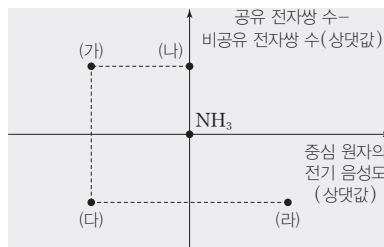
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전기 음성도는  $Z > Y$ 이다.  
 ㄴ. (나)의 분자 모양은 직선형이다.  
 ㄷ.  $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0190] 그림은  $NH_3$  분자를 기준으로 분자 또는 이온 (가)~(라)의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수의 차(공유 전자쌍 수 - 비공유 전자쌍 수)와 중심 원자의 전기 음성도를 각각 나타낸 것이다. (가)~(라)는 각각  $CH_4$ ,  $NH_4^+$ ,  $H_2O$ ,  $FCN$  중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

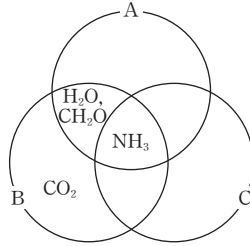
ㄱ. (나)는  $NH_4^+$ 이다.  
 ㄴ. 결합각은 (가) > (라)이다.  
 ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (다) > (가)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22024-0191]

다음은 기준 A~C를 이용하여 4가지 분자를 분류한 벤다이어그램이다. A~C는 각각 (가)~(다) 중 하나이다.

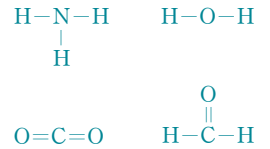
분자	NH <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O CO <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O
분류 기준	(가) 극성 분자인가? (나) 입체 구조인가? (다) 비공유 전자쌍이 있는가?



A~C로 옳은 것은?

- |   |          |          |          |   |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|---|----------|----------|----------|
|   | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>C</u> |   | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>C</u> |
| ① | (가)      | (나)      | (다)      | ② | (가)      | (다)      | (나)      |
| ③ | (나)      | (가)      | (다)      | ④ | (나)      | (다)      | (가)      |
| ⑤ | (다)      | (가)      | (나)      |   |          |          |          |

4가지 분자의 구조식은 다음과 같다.

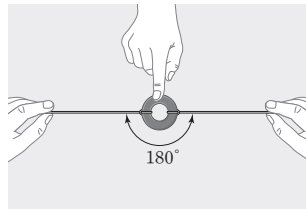


10 [22024-0192]

다음은 BeF<sub>2</sub> 분자의 극성을 알아보기 위해 학생 A가 수행한 탐구 활동이다.

[탐구 과정 및 결과]

- (가) 고무줄 2개를 쇠링에 연결한다.
- (나) 한 사람은 쇠링을 손가락으로 눌러 고정시키고, 다른 사람은 고무줄을 동일한 힘으로 180° 각도로 같은 길이만큼 늘어나게 한다.
- (다) 쇠링을 누르고 있던 손가락을 떼었더니 쇠링은 움직이지 않았다.



[결론]

- 고무줄을 당기는 힘은 BeF<sub>2</sub> 분자에서 각 공유 결합의 ⊖을 비유한 것이다.
- 쇠링이 움직이지 않는 것으로 보아 BeF<sub>2</sub> 분자는 전자 밀도가 어느 한쪽으로 치우치지 않는 무극성 분자임을 알 수 있다.

분자에 극성 공유 결합이 있어도 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이면 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다.

학생 A의 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '쌍극자 모멘트'는 ⊖으로 적절하다.
- ㄴ. 쇠링이 움직이지 않는 것은 BeF<sub>2</sub> 분자의 쌍극자 모멘트가 0임을 의미한다.
- ㄷ. 이 탐구 활동을 통해 BeF<sub>2</sub> 분자는 극성 공유 결합을 가지지만, 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되어 무극성임을 알 수 있다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$H_2O$ 과  $CH_3OH$ 은 극성 분자이고,  $CH_4$ 과  $O_2$ 는 무극성 분자이다.

이온 결합 물질인  $CuSO_4$ 가 잘 녹는 X는 물( $H_2O$ )이고, 무극성 물질인  $I_2$ 이 잘 녹는 Y는 헥세인( $C_6H_{14}$ )이다.

11 [2024-0193] 표는 물질 (가)~(라)에 대한 자료이다.

물질	분자식	분자량	끓는점(°C)
(가)	$H_2O$	18	100
(나)	$CH_4$	16	-161.5
(다)	$CH_3OH$	32	64.5
(라)	$O_2$	32	-183

(가)~(라)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가) 분자는 평면 구조이다.  
 ㄴ. (다)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.  
 ㄷ. 분자량이 비슷할 때 극성 물질이 무극성 물질보다 끓는점이 높다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [2024-0194] 다음은 물질의 성질과 관련된 실험이다. X와 Y는 각각 물( $H_2O$ )과 헥세인( $C_6H_{14}$ ) 중 하나이다.

[자료]

○ 헥세인( $C_6H_{14}$ )은 무극성 용매이다.

[실험 과정]

(가) 같은 부피의 X(l)와 Y(l)가 각각 담긴 시험관을 2개씩 준비한다.  
 (나) 그림과 같이 각 시험관에 같은 질량의  $CuSO_4(s)$ 와  $I_2(s)$ 을 각각 넣고 용해되는 정도를 관찰한다.

[실험 결과]

시험관	A	B	C	D
결과	잘 녹음	거의 녹지 않음	거의 녹지 않음	잘 녹음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. X는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.  
 ㄴ.  $NaCl(s)$ 은 X(l)보다 Y(l)에 잘 녹는다.  
 ㄷ. 시험관에 같은 부피의 X(l)와 Y(l)를 함께 넣고 흔들면 잘 섞이지 않고 층을 이룬다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄴ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

# IV

## 역동적인 화학 반응

### 수능 \_ EBS 교재 연계 사례

#### 2022학년도 대학수학능력시험 6번

6. 표는 밀폐된 진공 용기 안에  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣은 후 시간에 따른  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)을 나타낸 것이다.  $0 < t_1 < t_2 < t_3$ 이고,  $t_2$ 일 때  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 는 동적 평형 상태에 도달하였다.

시간	$t_1$	$t_2$	$t_3$
$\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)	$a$	$b$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

<보 기>

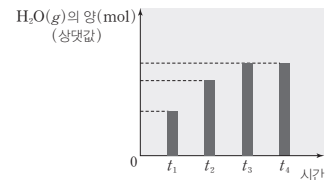
- ㄱ.  $b > a$ 이다.
- ㄴ. 증발 속도 는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.
- ㄷ. 용기 내  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때가 같다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### 2022학년도 EBS 수능특강 170쪽 2번

[21024-0196]

02 그림은 밀폐된 진공 용기에  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣어 동적 평형에 도달할 때, 시간에 따른 용기 속  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

- ㄱ.  $\text{H}_2\text{O}$ 의 증발 속도는  $t_1$ 에서  $t_2$ 에서보다 크다.
- ㄴ.  $t_3$ 에서  $\text{H}_2\text{O}$ 의 증발 속도와 응축 속도는 같다.
- ㄷ.  $t_4$ 에서  $\text{H}_2\text{O}$ 의 응축은 일어나지 않는다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

#### 연계 분석

수능 6번 문항은 수능특강 170쪽 2번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 밀폐된 용기 안에  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣은 후 시간에 따른  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)을 제시하고 있고, <보기>에서 증발 속도와 응축 속도를 비교하는 점에서 유사하다. 수능에서는 시간에 따른  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)을 표로 제시하고, 수능특강에서는 시간에 따른  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)을 그래프로 제시하는 점에서 차이가 있지만, <보기>에서 동적 평형 상태 도달 전과 동적 평형 상태에서의 증발 속도와 응축 속도를 비교하는 점은 매우 유사하다. 따라서 이 문항은 연계 문항과 유사성이 매우 높은 문항이다.

#### 학습 대책

동적 평형 상태를 공부할 때에는 동적 평형 상태 도달 전과 동적 평형 상태를 비교할 수 있어야 한다. 특히 밀폐된 용기 속에  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣은 후 충분한 시간이 지난 후  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 동적 평형 상태에 도달하는 상황에서 동적 평형 상태 도달 전과 동적 평형 상태에서의  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도를 비교하고,  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)을 비교하는 등 동적 평형 상태 도달 전과 동적 평형 상태에 대한 완벽한 이해가 필요하다.

## 수능 \_ EBS 교재 연계 사례

### 2022학년도 대학수학능력시험 12번

12. 표는 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 각각  $\text{NaOH}(aq)$ 과  $\text{HCl}(aq)$  중 하나이다.

수용액	(가)	(나)
물 농도(M)	$a$	$\frac{1}{10}a$
pH	$2x$	$x$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는  $25^\circ\text{C}$ 로 일정하며,  $25^\circ\text{C}$ 에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. (나)는  $\text{HCl}(aq)$ 이다.  
 ㄴ.  $x = 4.0$ 이다.  
 ㄷ.  $10a \text{ M NaOH}(aq)$ 에서  $\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1 \times 10^8$ 이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

### 2022학년도 EBS 수능완성 94쪽 2번

02

▶ 21067-0189

표는  $25^\circ\text{C}$ 에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	pH	부피(mL)	수용액에 들어 있는 이온의 양(mol)	
			$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{OH}^-$
(가)	2	$a$	$x$	
(나)	11	$b$		$x$

$\frac{a}{b}$ 는? (단,  $25^\circ\text{C}$ 에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1.0 \times 10^{-14}$ 이다.)

- ①  $\frac{1}{100}$     ②  $\frac{1}{10}$     ③ 1    ④ 10    ⑤ 100

### 연계 분석

수능 12번 문항은 수능완성 94쪽 2번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 2가지 수용액의 pH와 농도에 대한 자료를 미지수로 제시하고 있는 점에서 유사하다. 수능에서는 수용액의 pH와 물 농도(M)를 직접 미지수로 제시하고 물의 이온화 상수( $K_w$ )를 이용하여 미지수를 알아내도록 하였고, 수능완성에서는 수용액의 부피와 수용액에 들어 있는 이온의 양(mol)을 미지수로 제시하고 수용액의 pH와 물의 이온화 상수( $K_w$ )를 이용하여 미지수를 알아내도록 한 점에서 차이가 있다. 따라서 이 문항은 연계 문항과 유사성이 다소 높은 문항이다.

### 학습 대책

수용액의 pH와 물 농도(M)를 미지수로 제시하고 이를 물의 이온화 상수( $K_w$ )를 이용하여 해결하는 문제는 출제 빈도가 높은 편이다. 이러한 문제는  $25^\circ\text{C}$ 에서  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 로 일정하다는 조건을 활용하여 수용액의 pH나 수용액에 존재하는  $\text{H}_3\text{O}^+$  또는  $\text{OH}^-$ 의 물 농도(M)를 구할 수 있어야 한다. 또한 2가지 이상의 수용액에 대한 자료가 제시되고, 1가지 수용액에 대한 자료만으로는 제시된 미지수를 판단하기 힘든 문항이 자주 출제되므로 제시된 수용액들의 pH와 물 농도(M)를 종합적으로 판단할 수 있도록 많은 연습이 필요하다.



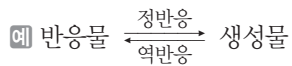
## 1 가역 반응과 비가역 반응

### (1) 정반응과 역반응

- 정반응은 반응물이 생성물로 되는 반응이고, 역반응은 정반응의 생성물이 다시 반응물로 되는 반응이다.
- 정반응과 역반응은 서로 반대 방향으로 진행되는 반응이다.

### (2) 가역 반응

- 가역 반응 : 반응 조건(농도, 압력, 온도 등)에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응으로, 화학 반응식에서  $\rightleftharpoons$ 로 나타낸다.



### ② 가역 반응의 예

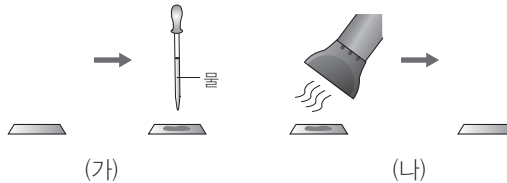
- 물을 냉동실에 넣으면 얼음이 되지만 얼음을 밖에 꺼내 놓으면 다시 녹아 물이 된다. (정반응 : 물의 응고, 역반응 : 얼음의 용해)
- 이른 아침 공기 중 수증기가 풀잎에 이슬로 맺히지만 시간이 지나면서 다시 공기 중 수증기로 돌아가 이슬이 없어진다. (정반응 : 수증기의 액화, 역반응 : 물의 기화)
- 물에 이산화 탄소가 녹아 있는 탄산 음료의 용기 뚜껑을 열어 두면 이산화 탄소가 다시 공기 중으로 빠져나가 음료의 특 쓰는 맛이 약해진다. (정반응 : 이산화 탄소가 물에 녹는 반응, 역반응 : 이산화 탄소가 음료에서 빠져나오는 반응)

## 탐구자료 살펴보기 수분 검출 시약 - 염화 코발트

푸른색의 염화 코발트( $\text{CoCl}_2$ )는 수분을 흡수하면 붉은색으로 변하는 성질이 있으므로 화학 반응에서 물이 생성되었는지 확인하는 데 자주 이용된다. 간편한 실험을 위해 염화 코발트 종이로 주로 사용된다.

### 실험 과정

- 푸른색 염화 코발트 종이에 스포이트를 이용해 물방울을 떨어뜨린 후 색깔을 확인한다.
- 물이 떨어졌던 부분에 헤어드라이어의 따뜻한 바람을 이용하여 물을 증발시키고 색깔을 확인한다.

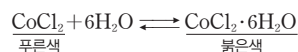


### 실험 결과

- (가)에서 물에 닿은 부분이 붉은색으로 변했다.
- (나)에서 물이 증발하면서 다시 푸른색으로 변했다.

### 분석 point

푸른색의 염화 코발트( $\text{CoCl}_2$ )가 물을 흡수하면 붉은색의 염화 코발트 수화물( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )이 되고, 붉은색 염화 코발트 수화물( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )에서 물을 제거하면 다시 푸른색의 염화 코발트( $\text{CoCl}_2$ )가 된다. 이 과정은 다음의 가역 반응으로 설명할 수 있다.



## 개념 체크

### 가역 반응

반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응이다.

- ( )은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응이다.
- 정반응은 가역 반응의 화학 반응식에서 (오른 / 왼) 쪽으로 진행되는 반응이다.
- 가역 반응의 화학 반응식에서 화살표는 ( )로 나타낸다.
- 푸른색의 염화 코발트 종이와 물과 반응해 붉게 되었다가, 물을 증발시키면 다시 푸른색이 되는 것은 이 반응이 ( ) 반응이기 때문이다.

### 정답

- 가역 반응
- 오른
- $\rightleftharpoons$
- 가역

개념 체크

● 석회 동굴 생성 반응과 중유석, 석순 생성 반응은 가역 반응이다.

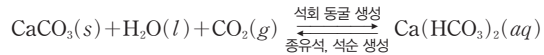
※ ○ 또는 ×

1. 탄산 칼슘이 물과 이산화탄소와 함께 반응하여 탄산수소 칼슘 수용액이 생성되는 반응은 역반응이 일어나지 않는다. ( )
2. 식물에서 광합성을 정반응이라고 할 때, 호흡은 ( )이라고 할 수 있으므로 광합성과 호흡은 ( ) 반응이다.

과학 돋보기 석회 동굴과 중유석, 석순



석회 동굴은 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)이 주성분인 석회암 지대에서 주로 생성된다. 그 이유는 탄산 칼슘이 지하수, 이산화탄소와 함께 반응하여 물에 잘 녹는 탄산수소 칼슘(Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)이 생성되기 때문이다. 그런데 석회 동굴 안에는 동굴 천장에 중유석이 달려 있고 바닥에 석순이 형성되어 있는 것을 종종 볼 수 있는데, 중유석과 석순은 어떻게 생성된 것일까? 그것은 바로 석회 동굴 생성 반응의 역반응에 의해 생성된 것이다.



탄산수소 칼슘 수용액에서 이산화탄소가 빠져나가고 물이 생성되면서 물에 잘 녹지 않는 탄산 칼슘이 생성된 것이다. 탄산수소 칼슘 수용액이 천장에서 떨어지기 전 이 반응이 일어나 탄산 칼슘이 천장에 붙으면 중유석이 되고, 탄산수소 칼슘 수용액이 바닥에 떨어진 후 이 반응이 일어나 탄산 칼슘이 바닥에 쌓이면 석순이 되는 것이다. 따라서 일반적으로 천장의 중유석과 바닥의 석순은 수직 방향으로 일직선 상에서 생성되는 경우가 많다. 석회 동굴 생성 반응과 중유석, 석순 생성 반응은 가역 반응의 대표적인 사례이다.

탐구자료 살펴보기 우리 주변의 가역 반응의 예

물의 상태 변화

- 추운 겨울이 지나고 봄이 시작되면 산행 시 낙석에 특히 주의해야 한다. 그 이유는 산속 바위 틈 사이에서 물이 얼어 돌 틈 속에 있다가 다시 얼음이 녹아 물이 되면서 바위가 떨어져 내리는 일이 발생하기 때문이다.
- 냄비에서 물을 끓이면 물이 수증기로 변해 날아간다. 이때 냄비 뚜껑 안쪽 면에 물이 많이 맺혀 있는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 수증기가 상대적으로 차가운 온도의 뚜껑을 만나 다시 물이 되기 때문이다.
- 실내에 빨래를 널어 두면 물이 수증기가 되어 날아가므로 빨래가 마르게 된다. 그러나 말랐던 빨래를 비오는 날에 걷지 않으면 공기 중 수증기가 물이 되어 빨래가 다시 눅눅해진다.

용해

- 염전에서는 바닷물을 저장하고 물을 증발시켜 소금을 석출시킨다. 이렇게 얻은 소금은 다시 가정의 주방에서 음식을 만들 때 물에 녹여 사용된다.
- 가정에서 어항에 물고기를 키울 때 여름철 수온이 상승하면 물에 녹아 있던 산소가 공기 중으로 배출되어 용존 산소량이 감소함에 따라 물고기의 호흡이 어려워질 수 있다. 이때 어항용 산소 발생기를 통해 물속에 산소를 공급해 주기도 한다.

생명체 내 반응

- 식물은 광합성에 의해 이산화탄소와 물이 반응하여 포도당과 산소가 생성되고 다시 호흡에 의해 포도당과 산소가 반응하여 이산화탄소와 물이 생성된다.
- 인체 내 각 조직에서 발생하는 이산화탄소는 혈액 속에 용해되고 다시 이산화탄소가 혈액에서 빠져나와 폐를 통해 날숨에 섞여 몸 밖으로 배출된다.

정답

1. ×
2. 역반응, 가역

### (3) 비가역 반응

① 비가역 반응 : 한쪽 방향으로만 진행되는 반응으로, 역반응이 일어나지 않거나 정반응에 비해 무시할 수 있을 만큼 거의 일어나지 않는다.

② 비가역 반응의 예

- 연료의 연소 : 메테인을 완전 연소시키면 이산화 탄소와 물이 생성된다.



- 금속과 산의 반응 : 마그네슘 리본을 염산에 넣으면 수소 기체가 발생한다.



- 중화 반응 : 염산에 수산화 나트륨 수용액을 넣으면 중화 반응이 일어난다.



- 앙금 생성 반응 : 질산 은 수용액에 염화 나트륨 수용액을 넣으면 염화 은 앙금이 생성된다.



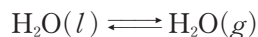
## 2 동적 평형

### (1) 동적 평형

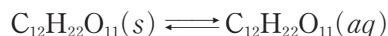
① 동적 평형 : 가역 반응에서 반응물과 생성물의 농도가 변하지 않는 경우 겉으로 보기에 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있는 동적 평형 상태이다. 동적 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지된다.

② 동적 평형의 예

- 밀폐된 용기 안에 충분한 시간 동안 물을 담아 두면 물이 증발하는 속도와 수증기가 액화하는 속도가 같은 동적 평형에 도달하고, 물과 수증기의 양은 일정하게 유지된다.



- 충분한 양의 설탕( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )을 충분한 시간 동안 물에 넣어 두면 설탕이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같은 동적 평형에 도달하게 되고, 수용액의 퍼센트 농도는 일정하게 유지된다.

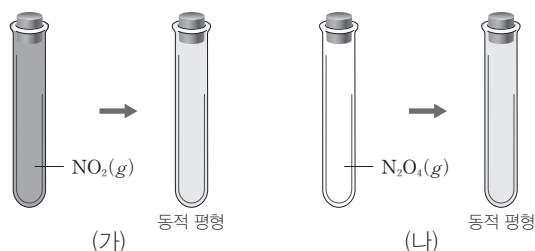


### 탐구자료 살펴보기 이산화 질소( $\text{NO}_2$ )와 사산화 이질소( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) 사이의 동적 평형 실험

#### 실험 과정

(가) 투명한 밀폐 용기에 적갈색의 이산화 질소( $\text{NO}_2$ ) 기체를 담아 두고 색 변화를 관찰한다.

(나) 투명한 밀폐 용기에 무색의 사산화 이질소( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) 기체를 담아 두고 색 변화를 관찰한다.



### 개념 체크

#### ● 비가역 반응

역반응이 일어나지 않거나 정반응에 비해 무시할 수 있을 만큼 거의 일어나지 않는 반응이다.

#### ● 동적 평형

가역 반응에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같은 상태이다.

※ ○ 또는 ×

1. 가역 반응에서 반응물과 생성물의 농도가 변하지 않으면 반응이 더 이상 일어나지 않는 것이다.

( )

2. 동적 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나며, 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지된다.

( )

정답

1. ×  
2. ○

개념 체크

● 상평형

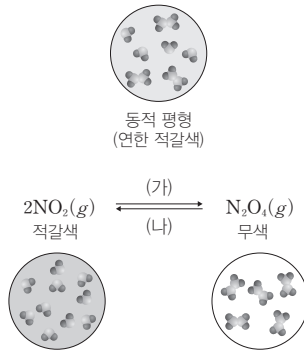
2가지 이상의 상태가 공존할 때 서로 상태가 변하는 속도가 같아서 겉보기에 상태 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태이다.

1. 투명한 밀폐 용기에 무색의  $N_2O_4(g)$ 를 담아 두면 무색의  $N_2O_4(g)$  일부가 적갈색의  $NO_2(g)$ 로 분해되고 혼합 기체가 연한 적갈색에서 색 변화가 멈추는데, 이는 ( ) 상태에 도달했기 때문이다.

2. 밀폐된 용기에 들어 있는 액체의 ( ) 속도와 기체의 ( ) 속도가 같아져서 ( ) 상태에 도달하면 기체의 양과 액체의 양이 각각 일정하게 유지된다.

실험 결과

- (가)에서 점점 적갈색이 옅어지다가 연한 적갈색을 띠게 되고 더 이상 옅어지지 않는 상태에 도달했다.
- (나)에서 무색에서 점점 적갈색이 진해지다가 연한 적갈색을 띠게 되고 더 이상 진해지지 않는 상태에 도달했다.

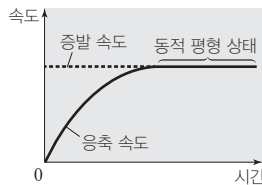
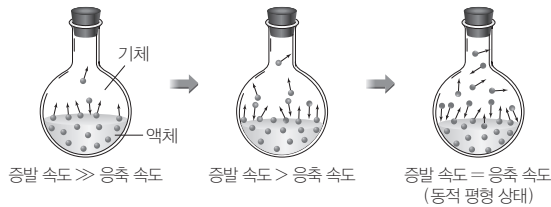


분석 point

- (가)에서 처음에는 적갈색의  $NO_2$ 가 무색의  $N_2O_4$ 로 되는 반응이 주로 일어나지만 점점  $N_2O_4$ 가  $NO_2$ 로 되는 반응도 많이 일어나 정반응과 역반응의 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달하게 된다. 동적 평형 상태에 도달한 후에는  $NO_2$ 와  $N_2O_4$ 의 농도가 일정하게 유지되어, 혼합 기체의 색깔이 더 이상 변하지 않고 일정하게 유지된다.
- (나)에서 처음에는 무색의  $N_2O_4$ 가 적갈색의  $NO_2$ 로 되는 반응이 주로 일어나지만 점점  $NO_2$ 가  $N_2O_4$ 로 되는 반응도 많이 일어나 정반응과 역반응의 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달하게 된다. 동적 평형 상태에 도달한 후에는  $NO_2$ 와  $N_2O_4$ 의 농도가 일정하게 유지되어, 혼합 기체의 색깔이 더 이상 변하지 않고 일정하게 유지된다.

(2) 상평형

- 2가지 이상의 상태가 공존할 때 서로 상태가 변하는 속도가 같아서 겉보기에 상태 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태에 도달하게 되는데, 이를 상평형이라고 한다.
- 액체와 기체 사이의 상평형은 일정한 온도에서 밀폐된 용기에 들어 있는 액체가 액체 표면에서 기체로 되는 증발 속도와 기체가 액체로 되는 응축 속도가 같아져서 변화가 없는 것처럼 보이는 상태이다. 처음에는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르지만 시간이 지나면서 응축 속도가 점점 빨라져 증발 속도와 같아지는 동적 평형 상태에 도달한다. 동적 평형 상태에서는 기체의 양과 액체의 양이 일정하게 유지된다.



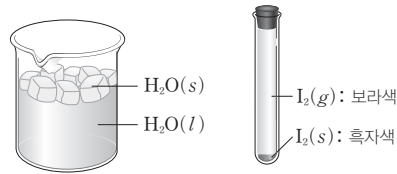
일정한 온도에서 시간에 따른 증발 속도와 응축 속도

정답

1. 동적 평형
2. 증발, 응축, 동적 평형

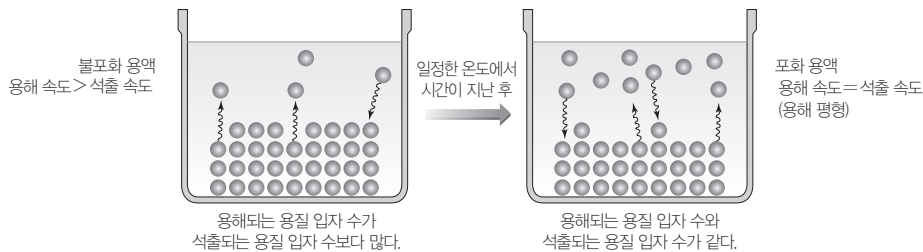
③ 고체와 액체 사이의 상평형, 고체와 기체 사이의 상평형도 있다.

예 얼음과 물 사이의 상평형, 승화성이 있는 아이오딘 고체와 기체 사이의 상평형



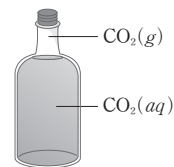
### (3) 용해 평형

- 용매 속에 충분한 양의 고체 용질이 충분한 시간 동안 들어 있을 때 용질이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같아서 겉보기에 용해나 석출이 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태에 도달하는데, 이를 용해 평형이라고 한다.
- 고체 용질과 액체 용매 사이의 용해 평형은 일정한 온도에서 고체 용질이 액체 용매에 녹을 때 용질이 용매에 녹는 용해 속도와 용매에 녹아 있던 용질이 다시 고체 용질로 되돌아가는 석출 속도가 같아져서 변화가 없는 것처럼 보이는 상태이다. 초기에는 용해 속도가 석출 속도보다 빠르지만 시간이 지나면서 석출 속도가 점점 빨라져 용해 속도와 같아지는 동적 평형에 도달한다. 동적 평형 상태에서는 고체 용질의 양과 용액의 농도가 일정하게 유지된다.
  - 포화 용액보다 용질이 적게 녹아 있는 용액을 불포화 용액이라고 하고, 용해 평형을 이루고 있는 용액을 포화 용액이라고 한다.



③ 기체가 액체에 녹아 동적 평형 상태에 도달하는 용해 평형도 있다.

예 밀폐된 용기에 들어 있는 탄산음료 : 이산화 탄소가 음료에 녹는 속도와 음료에서 빠져나오는 속도가 같아 음료 속 이산화 탄소 농도가 일정하게 유지되는 동적 평형 상태이다.



### 과학 돋보기 페루의 계단식 소금밭 계곡, 살리네라스



페루의 살리네라스 계곡에는 잉카 문명 중 하나인 계단식 소금밭이 있는데 잉카인들은 높은 해발고도의 언덕 비탈에 층층이 만들어진 밭을 만들고 여기에 지하에서 솟아 나오는 진한 농도의 염수를 가두어 소금을 생산하였다. 흐르는 염수에서는 용해 속도가 석출 속도보다 커서 소금의 석출이 일어나지 않는다. 소금밭, 즉 염전의 원리는 가두어진 염수의 물이 증발하면서 소금이 석출되고 소금의 용해 속도와 석출 속도가 같아지는 용해 평형을 이용하는 것이다.

### 개념 체크

#### ● 용해 평형

용질이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같아서 겉보기에 용해나 석출이 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태이다.

※ ○ 또는 ×

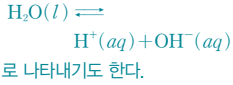
- 용해 평형에서 포화 용액은 용질의 용해 속도와 석출 속도가 같다. ( )
- 충분한 시간 동안 밀폐된 용기에 들어 있는 탄산음료는 이산화 탄소의 용해 반응이 멈춘 상태이다. ( )

정답

- 
- ×

개념 체크

● 하이드로늄 이온( $\text{H}_3\text{O}^+$ )은 수소 이온( $\text{H}^+$ )이 수용액 속에 존재하는 형태이므로  $\text{H}_3\text{O}^+$ 과  $\text{H}^+$ 은 수용액 속에서 화학적으로 같은 의미라고 할 수 있다. 따라서 물의 자동 이온화 반응식을



● 물의 이온화 상수  
 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$

● 수소 이온 농도 지수(pH)  
 수용액에서  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 의 상용로그 값에 음의 부호를 붙인 것이다.  
 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$

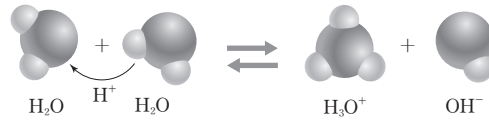
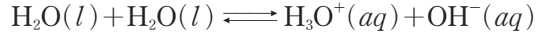
※ ○ 또는 ×

1. 물의 자동 이온화 반응은 비가역 반응이다. ( )
2. 물의 자동 이온화 반응에서  $\text{H}_2\text{O}$  분자가  $\text{H}^+$ 을 받으면 ( )이 되고,  $\text{H}^+$ 을 잃으면 ( )이 된다.
3. 물의 자동 이온화 반응에서 생성된 ( )과 ( )의 몰 농도 곱을 물의 이온화 상수( $K_w$ )라고 한다.
4. 25°C의 순수한 물에서  $[\text{H}_3\text{O}^+] = ( )$  M이다.

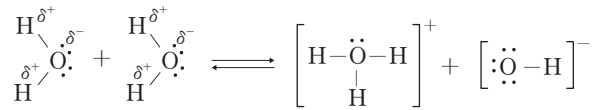
3 물의 자동 이온화

(1) 물의 자동 이온화

- ① 물은 대부분 분자로 존재하지만 매우 적은 양의 물이 이온화하여 동적 평형 상태를 이룬다.
- ② 물의 자동 이온화 반응식

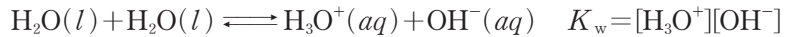


- ③ 물 분자에서 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띤 산소와 이웃한 물 분자에서 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤 수소가 서로 접근하여  $\text{H}^+$ 의 이동이 생기고 결과적으로  $\text{H}_3\text{O}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 이 생성된다.



(2) 물의 이온화 상수

- ① 물의 자동 이온화 반응에서 생성된  $\text{H}_3\text{O}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 의 몰 농도 곱을 물의 이온화 상수( $K_w$ )라고 한다.



- ② 물의 자동 이온화 반응은 가역 반응이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같은 동적 평형 상태를 이루므로 일정한 온도에서  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와  $[\text{OH}^-]$ 는 일정한 값을 갖고,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와  $[\text{OH}^-]$ 의 곱인 물의 이온화 상수( $K_w$ )도 일정한 값을 갖는다.

- ③ 25°C에서  $K_w = 1 \times 10^{-14}$ 이고, 순수한 물에서  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이므로  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$  M이다.

예 25°C에서  $K_w = 1 \times 10^{-14}$ 이고,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5}$  M인 수용액의  $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-9}$  M이다.

4 수소 이온 농도 지수(pH)

(1) pH

- ①  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 용액의 액성을 설명하기에 유용하지만 그 값이 매우 작아 실제 값을 그대로 사용하기가 불편하다. 이를 개선하기 위해 덴마크 화학자 쇠렌센이 수소 이온 농도 지수(pH)를 제안하였다.

- ② pH는  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 의 상용로그 값에 음의 부호를 붙인 것이다.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

예  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5}$  M  $\Rightarrow$  pH=5.0,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3}$  M  $\Rightarrow$  pH=3.0

•  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 클수록 pH가 작고,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 작을수록 pH가 크다.

•  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가  $10^2$ 배이면 pH가 2만큼 작다.

- ③ pH와 마찬가지로 pOH는  $[\text{OH}^-]$ 의 상용로그 값에 음의 부호를 붙인 것이다.

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

정답

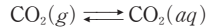
1. ×
2.  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$
3.  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$
4.  $1 \times 10^{-7}$

④ 25°C에서  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다.

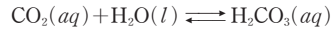
예 25°C에서  $\text{pH} = 6.0$ 인 수용액의  $\text{pOH} = 8.0$ 이다.

### 과학 돋보기 깨끗한 빗물의 pH와 산성비의 pH

건조한 공기에는 기본적으로 이산화 탄소가 약 0.03% 포함되어 있다. 공기와 접하고 있는 물은 이산화 탄소가 용해되기도 하고 다시 공기 중으로 배출되기도 하며 이산화 탄소의 용해 평형에 도달하게 된다.



용해된 이산화 탄소는 물과 반응하여 탄산을 생성하게 되므로 깨끗한 물도 약한 산성을 띠게 된다.



이산화 탄소의 용해 평형에서 물속 이산화 탄소의 평형 농도는 약  $1.2 \times 10^{-5} \text{ M}$ 가 되고, 이어서 생성되는 탄산에 의해 물의 pH는 약 5.6이 된다. 따라서 깨끗한 빗물도 깨끗한 공기에 들어 있는 이산화 탄소의 용해에 의해 약 5.6의 pH를 갖게 된다.

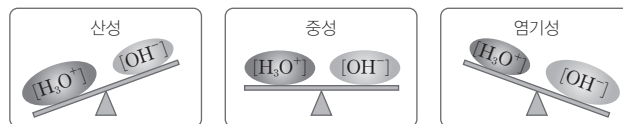
산성비는 대기 오염 물질이 빗물에 녹아 pH 5.6 미만의 산성을 갖는 비이다. 주로 공장의 매연이나 자동차 배기 가스가 원인 물질로 알려져 있다. 다음은 3년간 A~C 지역에 내린 빗물의 pH에 대한 자료이다.

지역	2014년	2015년	2016년	평균
A	4.7	4.9	4.8	4.8
B	4.9	4.5	5.2	4.9
C	5.4	5.5	5.3	5.4

- 3년간 평균적으로 빗물의 산성이 가장 강한 지역은 A이다.
- 2015년 빗물의 산성 차이가 가장 큰 두 지역인 B와 C의 pH 차는 1.0이다. 이때 빗물의  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 B가 C의 10배이다.

## (2) 25°C에서 수용액의 액성과 pH

- 순수한 물이나 모든 수용액은 항상  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와  $[\text{OH}^-]$ 의 곱이  $1 \times 10^{-14}$ 으로 일정하므로 pH와 pOH의 합은 14.0이다.
- 순수한 물이나 중성 수용액은 물의 자동 이온화에 의해  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와  $[\text{OH}^-]$ 가  $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 로 같으므로 pH와 pOH는 모두 7.0으로 같다.
- 산성 수용액은 중성 수용액에 비해  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 큰 수용액이다. 따라서  $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이고,  $[\text{OH}^-] < 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로  $\text{pH} < 7.0$ 이고,  $\text{pOH} > 7.0$ 이다.
- 염기성 수용액은 중성 수용액에 비해  $[\text{OH}^-]$ 가 큰 수용액이다. 따라서  $[\text{OH}^-] > 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이고,  $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로  $\text{pOH} < 7.0$ 이고,  $\text{pH} > 7.0$ 이다.



일정한 온도에서  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와  $[\text{OH}^-]$ 의 관계

수용액의 액성	농도(25°C)	pH 및 pOH(25°C)
산성	$[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ M} > [\text{OH}^-]$	$\text{pH} < 7.0$ , $\text{pOH} > 7.0$
중성	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M} = [\text{OH}^-]$	$\text{pH} = 7.0$ , $\text{pOH} = 7.0$
염기성	$[\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ M} < [\text{OH}^-]$	$\text{pH} > 7.0$ , $\text{pOH} < 7.0$

### 개념 체크

• 25°C 수용액에서 pH가 7.0보다 작으면 산성, 7.0이면 중성, 7.0보다 크면 염기성이다.

• 25°C에서 순수한 물이나 모든 수용액은 항상 pH와 pOH의 합이 14.0이다.

- 25°C에서  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 인 수용액에 대해  
(1) 액성은 ( )이다.  
(2) pH는 ( )이다.  
(3) pOH는 ( )이다.

- 수용액에서  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 10배 증가하면 pH는 ( )만큼 감소한다.

### 정답

- (1) 산성 (2) 5.0 (3) 9.0
2. 1

개념 체크

● 산성 증가

[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] 증가, [OH<sup>-</sup>] 감소, pH 감소, pOH 증가

● 염기성 증가

[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] 감소, [OH<sup>-</sup>] 증가, pH 증가, pOH 감소

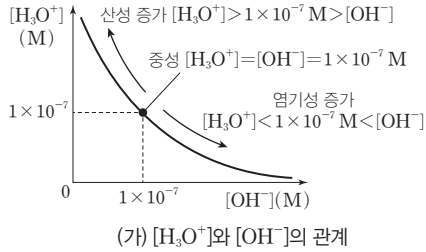
1. 수용액에서 산성이 증가하면 [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]는 ( )한다.

2. 수용액에서 염기성이 증가하면 pOH는 ( )한다.

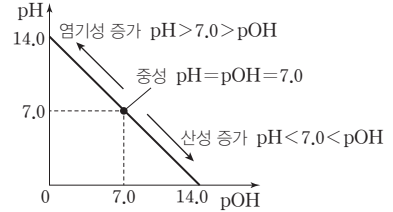
탐구자료 살펴보기 그래프로 용액의 액성 분석하기

탐구 자료

- 25°C에서 [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>][OH<sup>-</sup>]=1×10<sup>-14</sup>이고, [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]와 [OH<sup>-</sup>]는 반비례한다.
- 25°C에서 pH+pOH=14.0이다.



(가) [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]와 [OH<sup>-</sup>]의 관계



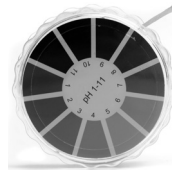
(나) pH와 pOH의 관계

분석 point

- pH < 7.0인 산성 용액에서도 OH<sup>-</sup>이 존재하고, pOH < 7.0인 염기성 용액에서도 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>이 존재한다.
- (가)의 모든 점에서 [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>][OH<sup>-</sup>]=1×10<sup>-14</sup>이고, (나)의 모든 점에서 pH+pOH=14.0이다.
- 산성 증가 : [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] 증가, [OH<sup>-</sup>] 감소, pH 감소, pOH 증가
- 염기성 증가 : [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] 감소, [OH<sup>-</sup>] 증가, pH 증가, pOH 감소

(3) 우리 주변 생활 속 물질의 pH

① pH 측정 방법 : 우리 주변 생활 속 물질의 pH를 간단히 확인하기 위해 pH 시험지나 pH 미터를 이용한다.



pH 시험지



pH 미터

② 25°C에서 1 M HCl(aq)과 NaOH(aq)의 pH : 1 M HCl(aq)은 [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]=1 M이므로 pH는 0(=-log 1)이고, 1 M NaOH(aq)은 [OH<sup>-</sup>]=1 M이므로 pOH는 0(=-log 1)이고, pH는 14.0이다.

③ 우리 몸속의 위액, 우리가 즐겨 먹는 레몬, 토마토, 커피, 우유는 pH가 7.0보다 작아 산성이고, 우리 몸속의 혈액, 생활용품으로 많이 사용하는 베이킹 소다, 비누, 하수구 세척액은 pH가 7.0보다 커서 염기성이다.

	1 M HCl(aq)	위액	레몬	토마토	커피	우유	증류수	혈액	베이킹 소다	비누	하수구 세척액	1 M NaOH(aq)			
[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ]	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-14</sup>
pH	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
수용액의 액성	← 산성 ————— 중성 ————— 염기성 →														
pOH	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0
[OH <sup>-</sup> ]	10 <sup>-14</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1

정답

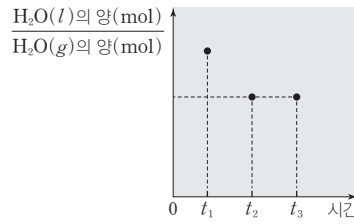
1. 증가
2. 감소



기출문제 다시보기 동적 평형

2022학년도 9월 모의평가

그림은 밀폐된 진공 용기 안에  $H_2O(l)$ 을 넣은 후 시간에 따른  $\frac{H_2O(l)\text{의 양(mol)}}{H_2O(g)\text{의 양(mol)}}$ 을 나타낸 것이다. 시간이  $t_2$ 일 때  $H_2O(l)$ 과  $H_2O(g)$ 는 동적 평형 상태에 도달하였다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)



보기

- ㄱ.  $H_2O$ 의 상변화는 가역 반응이다.
- ㄴ.  $t_1$ 일 때  $\frac{H_2O(l)\text{의 증발 속도}}{H_2O(g)\text{의 응축 속도}} = 1$ 이다.
- ㄷ.  $\frac{t_3\text{일 때 } H_2O(g)\text{의 양(mol)}}{t_2\text{일 때 } H_2O(g)\text{의 양(mol)}} < 1$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. 밀폐된 진공 용기 안에  $H_2O(l)$ 을 넣은 후  $H_2O(l)$ 과  $H_2O(g)$ 가 동적 평형 상태에 도달하였으므로  $H_2O(l)$ 이  $H_2O(g)$ 로 되는 기화(증발)와  $H_2O(g)$ 가  $H_2O(l)$ 이 되는 액화(응축)가 모두 일어났다. 따라서  $H_2O$ 의 상변화는 가역 반응이다. ㄴ.  $t_1$ 일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이므로  $H_2O(l)$ 의 증발 속도가  $H_2O(g)$ 의 응축 속도보다 빠르다. 따라서  $t_1$ 일 때  $\frac{H_2O(l)\text{의 증발 속도}}{H_2O(g)\text{의 응축 속도}} > 1$ 이다. ㄷ.  $t_2$ 일 때 동적 평형 상태에 도달하였으므로  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때는 모두 동적 평형 상태이다. 동적 평형 상태에서는 반응물의 양(mol)과 생성물의 양(mol)이 일정하게 유지되므로  $H_2O(g)$ 의 양(mol)은  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때가 같다. 따라서  $\frac{t_3\text{일 때 } H_2O(g)\text{의 양(mol)}}{t_2\text{일 때 } H_2O(g)\text{의 양(mol)}} = 1$ 이다. 답 ①

기출문제 다시보기 동적 평형

2022학년도 6월 모의평가

표는 밀폐된 진공 용기 안에  $H_2O(l)$ 을 넣은 후 시간에 따른  $H_2O(l)$ 과  $H_2O(g)$ 의 양에 대한 자료이다.  $0 < t_1 < t_2 < t_3$ 이고,  $t_2$ 일 때  $H_2O(l)$ 과  $H_2O(g)$ 는 동적 평형 상태에 도달하였다.

시간	$t_1$	$t_2$	$t_3$
$H_2O(l)$ 의 양(mol)	$a$	$b$	$b$
$H_2O(g)$ 의 양(mol)	$c$	$d$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

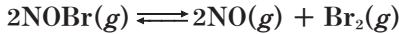
보기

- ㄱ.  $t_1$ 일 때  $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} < 1$ 이다.
- ㄴ.  $t_3$ 일 때  $H_2O(l)$ 이  $H_2O(g)$ 가 되는 반응은 일어나지 않는다.
- ㄷ.  $\frac{a}{c} = \frac{b}{d}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ.  $t_1$ 일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이므로  $H_2O(l)$ 의 증발 속도가  $H_2O(g)$ 의 응축 속도보다 빠르다. 따라서  $t_1$ 일 때  $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} < 1$ 이다. ㄴ.  $t_2$ 일 때 동적 평형 상태에 도달하였으므로  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때는 모두 동적 평형 상태이다. 동적 평형 상태는 가역 반응에서 반응물의 양(mol)과 생성물의 양(mol)이 일정하게 유지되어 겉으로 보기에는 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있다. 따라서 동적 평형 상태인  $t_3$ 일 때  $H_2O(l)$ 이  $H_2O(g)$ 가 되는 반응과  $H_2O(g)$ 가  $H_2O(l)$ 이 되는 반응이 모두 일어나고 있다. ㄷ.  $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 동적 평형 상태에 도달하기 전인  $t_1$ 일 때가 동적 평형 상태에 도달한  $t_2$ 일 때보다 크고,  $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형 상태인  $t_2$ 일 때가 동적 평형 상태에 도달하기 전인  $t_1$ 일 때보다 크다. 따라서  $a > b$ ,  $d > c$ 이므로  $\frac{a}{c} > \frac{b}{d}$ 이다. 답 ①

01 [22024-0195] 다음은 어떤 반응의 화학 반응식이다.



이 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 가역 반응이다.
  - ㄴ. 역반응의 반응물은  $\text{NO}(g)$ 와  $\text{Br}_2(g)$ 이다.
  - ㄷ. 정반응이 진행되면 기체 분자 수는 증가한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22024-0196] 다음은 2가지 현상에 대한 설명이다.

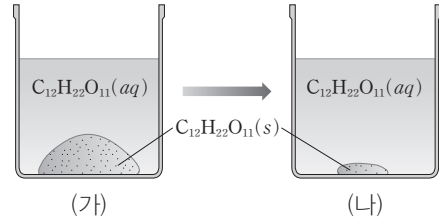
- (가) 밀폐된 진공 용기 안에  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣고 충분한 시간이 지난 후  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 는 동적 평형 상태에 도달하였다.
- (나) 연료로 사용되는  $\text{CH}_4(g)$ 을 완전 연소시키면  $\text{CO}_2(g)$ 와  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 용기 안에서 일어나는 반응의 화학 반응식은  $\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(g)$ 이다.
  - ㄴ. (나)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은  $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.
  - ㄷ. (가)와 (나)에서 일어나는 반응은 모두 가역 반응이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22024-0197] 그림 (가)는 물이 담긴 비커에 충분한 양의 설탕( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )을 넣은 것을, (나)는 충분한 시간이 지난 후 동적 평형 상태에 도달한 것을 나타낸 것이다.

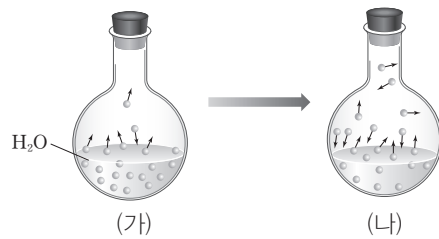


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 물의 증발은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 의 석출 속도는 (가) > (나)이다.
  - ㄴ. (나)에서  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 의 용해 속도와 석출 속도는 같다.
  - ㄷ. 수용액의 몰 농도(M)는 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
 ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

04 [22024-0198] 그림 (가)는 물( $\text{H}_2\text{O}$ )을 밀폐된 진공 용기에 넣은 것을, (나)는 충분한 시간이 지난 후 동적 평형 상태에 도달한 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

- 보기
- ㄱ.  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 (나) > (가)이다.
  - ㄴ.  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 (나) > (가)이다.
  - ㄷ.  $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [2024-0199] 그림은 25°C에서 물질 (가)~(다)의 pH를 나타낸 것이다.



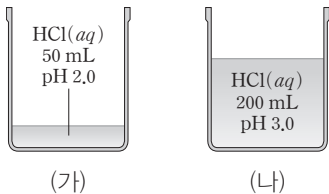
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 25°C에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

보기

ㄱ. (다)에는  $H_3O^+$ 이 존재하지 않는다.  
 ㄴ. pOH는 (가) > (다)이다.  
 ㄷ.  $\frac{\text{(나)의 } [OH^-]}{\text{(가)의 } [OH^-]} = \frac{1}{10}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
 ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

06 [2024-0200] 그림은 25°C에서 2가지 HCl(aq) (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



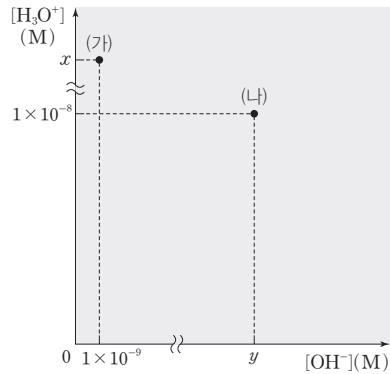
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 25°C에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

보기

ㄱ.  $\frac{\text{(나)의 } [OH^-]}{\text{(가)의 } [OH^-]} = 10$ 이다.  
 ㄴ.  $H_3O^+$ 의 양(mol)은 (나) > (가)이다.  
 ㄷ. 25°C에서 (가)에 물을 넣어 500 mL로 만든 수용액의 pH는 (나)와 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [2024-0201] 그림은 25°C에서 수용액 (가)와 (나)의  $[H_3O^+]$ 와  $[OH^-]$ 를 각각 나타낸 것이다.



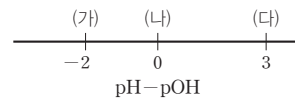
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 25°C에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

보기

ㄱ.  $\frac{x}{y} = 10$ 이다.  
 ㄴ. pH는 (나) > (가)이다.  
 ㄷ. (가)와 (나)는 모두 염기성이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [2024-0202] 그림은 25°C에서 수용액 (가)~(다)의 pH와 pOH의 차 (pH - pOH)를 각각 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 25°C에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

보기

ㄱ. (나)는 중성이다.  
 ㄴ. (다)에서  $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = 1000$ 이다.  
 ㄷ. (다)의 pH > (가)의 pOH이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

탄산음료의 뚜껑을 열기 전에는  $\text{CO}_2(g)$ 가 음료에 녹는 속도와 음료에서 빠져나오는 속도가 같다.

동적 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

01 [22024-0203] 다음은 학생 A가 초등학교 때 쓴 일기의 일부이다.



뚜껑을 열기 전    뚜껑을 연 직후

오늘 편의점에서 탄산음료를 사왔다. (가) 음료의 뚜껑을 열기 전에는 아무런 변화가 없었는데, (나) 뚜껑을 열면 기포가 올라오는 것이 신기했다. 음료 속에 기포가 숨어 있나 보다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. (가)는 동적 평형 상태이다.  
 ㄴ. (나)에서  $\text{CO}_2(g)$ 가 음료에서 빠져나오는 속도는 음료에 녹는 속도보다 빠르다.  
 ㄷ.  $\text{CO}_2(g)$ 가 물에 녹는 반응은 가역 반응이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22024-0204] 다음은 2가지 반응에 대한 설명이다.

(가) 일정한 온도에서 밀폐된 용기에 물을 넣고, 충분한 시간이 지나면 동적 평형 상태에 도달한다.

$$\text{H}_2\text{O}(l) \xrightleftharpoons[\text{응축}]{\text{증발}} \text{H}_2\text{O}(g)$$

(나) 일정한 온도에서 밀폐된 용기에 적갈색의  $\text{NO}_2(g)$ 를 넣으면 무색의  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성되면서 색이 점점 옅어지다가 더 이상 색이 변하지 않는 동적 평형 상태에 도달한다.

$$2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$$

(가)와 (나)의 공통점으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 가역 반응이다.  
 ㄴ.  $\frac{\text{정반응 속도}}{\text{역반응 속도}}$ 는 반응 초기일 때가 동적 평형 상태일 때보다 크다.  
 ㄷ. 동적 평형 상태에서 기체 분자 수는 일정하다.

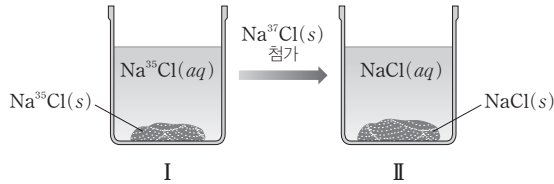
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** [22024-0205] 다음은  $\text{NaCl}(s)$ 의 용해에 관련된 실험이다.

**[실험 과정 및 결과]**

(가)  $25^\circ\text{C}$ 의  $\text{Na}^{35}\text{Cl}$  포화 수용액 I을 준비한다.

(나) I에  $\text{Na}^{37}\text{Cl}(s)$ 을 넣은 후 유리 막대로 저어주고 충분한 시간이 지나 동적 평형 상태에 도달한 수용액 II를 만든다. II에는  $^{37}\text{Cl}^-(aq)$ 이 존재한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는  $25^\circ\text{C}$ 로 일정하고, 물의 증발은 무시한다.)

**보기**

- ㄱ.  $\text{NaCl}(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 가역 반응이다.
- ㄴ. (나)에서  $\text{Na}^{37}\text{Cl}(s)$ 의 석출은 일어나지 않는다.
- ㄷ.  $^{35}\text{Cl}^-(aq)$ 의 양(mol)은  $\text{II} > \text{I}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** [22024-0206] 표는 밀폐된 진공 용기에  $X(l)$ 를 넣은 후 시간에 따른  $X(l)$ 의 증발 속도와  $X(g)$ 의 응축 속도에 대한 자료이다.  $0 < t_1 < t_2 < t_3$ 이고,  $t_3$ 일 때 동적 평형 상태에 도달했다.

시간	$t_1$	$t_2$	$t_3$
증발 속도			$a$
응축 속도	$b$	$c$	$x$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

**보기**

- ㄱ.  $c > b$ 이다.
- ㄴ.  $x = a$ 이다.
- ㄷ.  $X(g)$ 의 양(mol)은  $t_3$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

온도와 용매의 양이 일정할 때 동적 평형 상태인 포화 용액의 농도는 일정하므로  $\text{Na}^{37}\text{Cl}(s)$ 의 용해가 일어나려면  $\text{Na}^{35}\text{Cl}(s)$ 의 석출이 일어나야 된다.

일정한 온도에서 밀폐된 진공 용기에  $X(l)$ 를 넣으면 증발 속도와 응축 속도가 같아지는 동적 평형 상태에 도달한다.

혼합 기체의 색이 더 이상 변하지 않는 이유는 동적 평형 상태에 도달했기 때문이다.

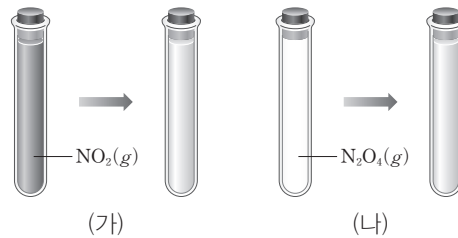
05 [22024-0207] 다음은 학생 A가 세운 가설과 이를 검증하기 위한 실험이다.

[가설] ○  ㉠

[실험 과정 및 결과]

(가) 투명한 밀폐 용기에 적갈색의  $\text{NO}_2(g)$ 를 담아 두었더니 무색의  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성되면서 점점 적갈색이 옅어지다가 충분한 시간이 지난 후 더 이상 기체의 색이 변하지 않는 상태에 도달했다.

(나) 투명한 밀폐 용기에 무색의  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 를 담아 두었더니 적갈색의  $\text{NO}_2(g)$ 가 생성되면서 점점 적갈색이 진해지다가 충분한 시간이 지난 후 더 이상 기체의 색이 변하지 않는 상태에 도달했다.



[결론]

○ 가설은 타당하다.

학생 A의 결론이 타당할 때 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

- ㄱ. ' $\text{NO}_2(g)$ 로부터  $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성되는 반응은 가역 반응이다.'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. (가)와 (나)에서 기체의 색이 변하지 않는 상태일 때 더 이상 반응은 일어나지 않는다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 기체의 색이 변하지 않는 상태일 때 기체 분자 수는 일정하게 유지된다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22024-0208] 표는 25°C에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)
pH	$a$	$a+1$
부피(mL)	500	200
$\text{OH}^-$ 의 양(mol)	$b$	0.02

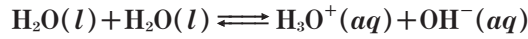
$a \times b$ 는? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

- ① 0.0055      ② 0.055      ③ 0.006      ④ 0.06      ⑤ 0.65

25°C에서  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이고, 용액의 몰 농도(M) =  $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이다.

07 [22024-0209]

다음은 물의 자동 이온화 반응의 화학 반응식이고, 표는 25°C에서 HCl(aq), NaOH(aq), H<sub>2</sub>O(l)에 대한 자료이다.



물질	HCl(aq)	NaOH(aq)	H <sub>2</sub> O(l)
[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ](M)	a	ⓐ	
[OH <sup>-</sup> ](M)	b	10a	c

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

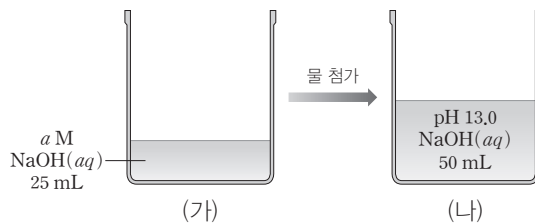
ㄱ.  $c > b$ 이다.  
 ㄴ. 25°C에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $c^2$ 이다.  
 ㄷ.  $\text{ⓐ} = \frac{b}{10}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

물의 이온화 상수 ( $K_w$ ) = [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>][OH<sup>-</sup>]이다.

08 [22024-0210]

그림 (가)는 25°C에서 a M NaOH(aq) 25 mL를, (나)는 (가)에 물을 첨가하여 50 mL로 만든 NaOH(aq)을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

보기

ㄱ.  $a = 0.2$ 이다.  
 ㄴ. (가)의 pOH > 1.0이다.  
 ㄷ. pH는 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

25°C에서  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이고, 용질의 양(mol) = 용액의 몰 농도(M) × 용액의 부피(L)이다.

25°C에서  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이고, 중성인 수용액의  $\text{pH} = \text{pOH}$ 이다.

25°C에서  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이고, (가)의  $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}} = 6$ 이므로 (가)의  $\text{pH} = 12.0$ ,  $\text{pOH} = 2.0$ 이다.

09 [22024-0211] 표는 25°C에서 3가지 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. (나)는 중성이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
$\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$	$\frac{8}{3}a$	$2a$	$5a$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수 ( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

보기

ㄱ. (다)는 염기성이다.

ㄴ. (가)의  $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1}{100}$ 이다.

ㄷ.  $\frac{(\text{다})\text{의 } [\text{OH}^-]}{(\text{나})\text{의 } [\text{OH}^-]} = 1000$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄴ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

10 [22024-0212] 다음은 25°C에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

○ (가)의  $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}} = 6$ 이다.

○ (나)와 (다)를 혼합한 용액의 pH는 (가)의 pOH와 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수 ( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

보기

ㄱ.  $\frac{b}{a} = 2$ 이다.

ㄴ.  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 양(mol)은 (다) > (나)이다.

ㄷ. (가)와 (다)를 혼합한 용액은 염기성이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



## 1 산과 염기의 정의

### (1) 아레니우스 정의

① 아레니우스 정의 : 산과 염기가 물에 녹아서 이온화하는 것을 근거로 한 정의이다.

• 산 : 수용액에서 수소 이온(H<sup>+</sup>)을 내놓는 물질 **예** HBr, HF, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 등



• 염기 : 수용액에서 수산화 이온(OH<sup>-</sup>)을 내놓는 물질 **예** LiOH, KOH, Ba(OH)<sub>2</sub> 등



• 수용액에서 H<sup>+</sup>은 산성을 나타내고, OH<sup>-</sup>은 염기성을 나타낸다.

② 아레니우스 산 염기 정의의 한계 : H<sup>+</sup>을 내놓지 않는 산 또는 OH<sup>-</sup>을 내놓지 않는 염기는 설명할 수 없고, 수용액 상태가 아닌 경우에도 적용할 수 없다.

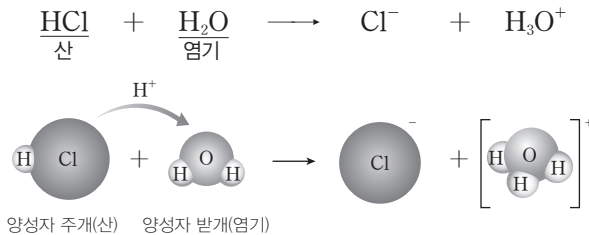
### (2) 브뢴스테드 · 로리 정의

① 브뢴스테드 · 로리 정의 : 아레니우스 정의보다 확장된 개념이다.

• 산 : 양성자(H<sup>+</sup>)를 주는 물질 ➔ 양성자 주개

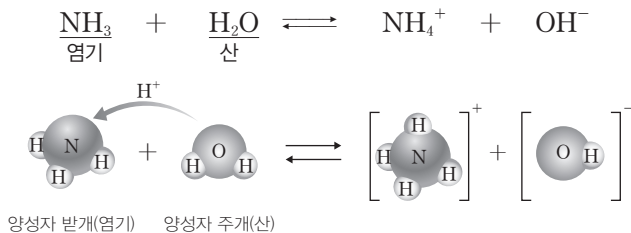
• 염기 : 양성자(H<sup>+</sup>)를 받는 물질 ➔ 양성자 받개

② HCl 수용액에서 브뢴스테드 · 로리 산과 염기



• HCl은 H<sub>2</sub>O에게 양성자(H<sup>+</sup>)를 주므로 브뢴스테드 · 로리 산이고, H<sub>2</sub>O은 HCl로부터 양성자(H<sup>+</sup>)를 받으므로 브뢴스테드 · 로리 염기이다.

③ NH<sub>3</sub> 수용액에서 브뢴스테드 · 로리 산과 염기



• H<sub>2</sub>O은 NH<sub>3</sub>에게 양성자(H<sup>+</sup>)를 주므로 브뢴스테드 · 로리 산이고, NH<sub>3</sub>는 H<sub>2</sub>O로부터 양성자(H<sup>+</sup>)를 받으므로 브뢴스테드 · 로리 염기이다.

### 개념 체크

• 아레니우스 산과 염기 구분 기준  
산 : H<sup>+</sup>, 염기 : OH<sup>-</sup>

• 브뢴스테드 · 로리 산과 염기 구분 기준  
산과 염기 모두 : H<sup>+</sup>

• 수소 이온과 양성자  
질량수가 1인 수소 원자(‘H’)는 원자핵과 1개의 전자로 구성되어 있는데, 이때 원자핵은 1개의 양성자이다. 따라서 전자 1개를 잃고 형성되는 수소 이온(H<sup>+</sup>)은 양성자를 의미한다.

1. 브뢴스테드 · 로리에 의하면 산 염기 반응에서 염기는 ( )를 받는 물질이다.

2. HCl가 H<sub>2</sub>O과 반응할 때 HCl는 H<sub>2</sub>O에게 양성자(H<sup>+</sup>)를 주므로 브뢴스테드 · 로리 ( )이고, H<sub>2</sub>O은 HCl로부터 양성자(H<sup>+</sup>)를 받으므로 브뢴스테드 · 로리 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

3. NH<sub>3</sub>(g) + HCl(g) ⇌ NH<sub>4</sub>Cl(s) 반응에서  
(1) HCl는 브뢴스테드 · 로리 산이다. ( )  
(2) NH<sub>3</sub>는 양성자(H<sup>+</sup>)를 HCl에게 준다. ( )

### 정답

1. 양성자(H<sup>+</sup>)
2. 산, 염기
3. (1) ○ (2) ×

개념 체크

중화 반응

수용액에서 산과 염기가 반응하여 물이 생성되는 반응이다.

알짜 이온 반응식

화학 반응에서 실제 반응에 참여한 이온으로만 나타낸 반응식이다.

1. 수용액에서 산과 염기가 중화 반응하면 ( )이 생성된다.

2.  $\text{HCl}(aq)$ 과  $\text{NaOH}(aq)$ 의 반응에서

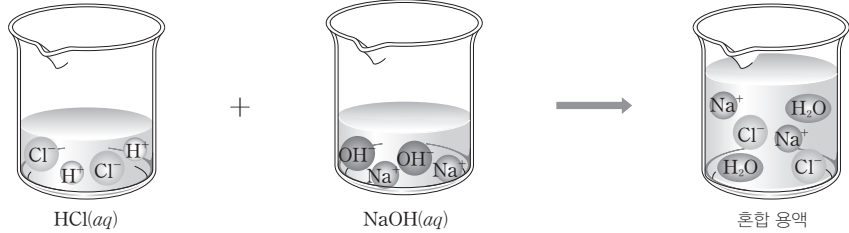
(1) 구경꾼 이온은 ( )과 ( )이다.

(2) 알짜 이온 반응식을 쓰시오.

2 중화 반응

(1) 중화 반응

- ① 중화 반응은 수용액에서 산과 염기가 반응하여 물이 생성되는 반응이다.
- ② 염화 수소( $\text{HCl}$ )와 수산화 나트륨( $\text{NaOH}$ )은 각각의 수용액에서 이온화하여 양이온과 음이온으로 존재하고, 두 수용액을 혼합하면 수소 이온( $\text{H}^+$ )과 수산화 이온( $\text{OH}^-$ )이 반응하여 물( $\text{H}_2\text{O}$ )이 된다.

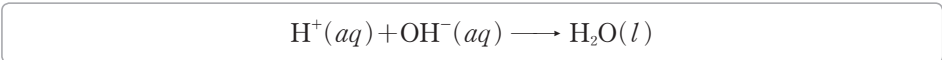


염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응

이온화	$\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{H}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$ $\text{NaOH}(aq) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$
전체 반응식	$\text{HCl}(aq) + \text{NaOH}(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l) + \text{NaCl}(aq)$ $\text{H}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq) + \text{Na}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l) + \text{Na}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$

(2) 중화 반응의 알짜 이온 반응식

- ① 구경꾼 이온 : 화학 반응에서 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온을 말한다.  $\text{HCl}(aq)$ 과  $\text{NaOH}(aq)$ 의 반응에서  $\text{Na}^+$ 과  $\text{Cl}^-$ 의 수는 반응 전과 후에 아무런 변화가 없으므로  $\text{Na}^+$ 과  $\text{Cl}^-$ 은 구경꾼 이온이다.
- ② 알짜 이온 반응식 : 화학 반응에서 구경꾼 이온을 제외하고 실제 반응에 참여한 이온으로만 나타낸 반응식이다.  $\text{H}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 이 반응하여 물을 생성하는 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 다음과 같다.



3 중화 반응에서의 양적 관계

(1) 중화 반응에서의 이온 수

- ① 산과 염기 수용액을 혼합하면  $\text{H}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 이 1 : 1의 몰비로 반응하여 물이 된다.  
$$\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$$
- ② 일반적으로 중화 반응의 양적 관계를 다룰 때 물의 자동 이온화는 고려하지 않는다. 산의  $\text{H}^+$ 과 염기의  $\text{OH}^-$ 의 양에 비해 물의 자동 이온화에 의한  $\text{H}^+$ 과  $\text{OH}^-$ 의 양은 무시할 정도로 적기 때문이다.
- ③ 산과 염기의 중화 반응에서 산과 염기 수용액에 있는  $\text{H}^+$ 과  $\text{OH}^-$  중 중화 반응하고 남은 이온의 종류에 의해 혼합 용액의 액성이 결정된다.

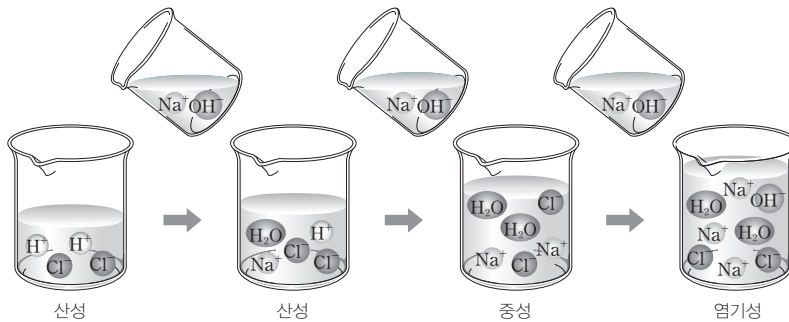
정답

1. 물( $\text{H}_2\text{O}$ )

2. (1)  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$   
(2)  $\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$

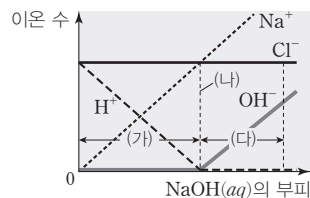
실험 I	실험 II	실험 III
산성	중성	염기성
$H^+$ 수 $>$ $OH^-$ 수	$H^+$ 수 $=$ $OH^-$ 수	$H^+$ 수 $<$ $OH^-$ 수

④ 혼합 용액의 액성 : 일정한 양의  $HCl(aq)$ 에  $NaOH(aq)$ 을 조금씩 가할 경우, 넣어 준  $NaOH(aq)$ 의 양에 따라 혼합 용액의 액성이 달라진다.



⑤ 중화 반응에서의 이온 수 변화 : 중화 반응은  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 반응하여 물을 생성하는 반응으로 산 용액에 염기 용액을 가하거나 염기 용액에 산 용액을 가하여 반응시킬 때 이온 수의 변화가 생긴다.

•  $HCl(aq)$ 이 들어 있는 비커에  $NaOH(aq)$ 을 가하여 반응시킬 때  $Na^+$ 과  $Cl^-$ 은 구경꾼 이온이므로 비커에 들어 있던  $Cl^-$  수는 일정하게 유지되지만 가하는 용액에 들어 있는  $Na^+$  수는 계속 증가한다.



- (가) 구간은 비커에 있던  $H^+$ 이 가해 준  $OH^-$ 과 반응하여  $H^+$  수가 감소하는 구간으로 반응하여 없어지는  $H^+$  수만큼  $Na^+$ 이 가해지기 때문에 전체 이온 수는 일정하게 유지된다.
- (나)는 비커에 들어 있던  $H^+$ 과 같은 수의  $OH^-$ 을 가한 지점으로 모든  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 반응하여 물이 된 지점이다. 이때  $H^+$ 과 같은 수의  $OH^-$ 이 공급되었으므로  $Cl^-$  수와  $Na^+$  수는 같다.
- (다) 구간은  $H^+$ 이 모두 반응하였고, 계속하여  $OH^-$ 이 가해지는 구간으로 더 이상 반응이 일어나지 않으므로  $Na^+$  수,  $OH^-$  수, 전체 이온 수는 계속 증가한다.
- 혼합 용액의 액성은 (가) 구간에서 산성, (나)에서 중성, (다) 구간에서 염기성이다.

## 개념 체크

### 중화 반응의 양적 관계

산과 염기 수용액을 혼합하면  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 1 : 1의 몰비로 반응한다.

### 반응 전 이온 수에 따른 혼합 용액의 액성

산성 :  $H^+$  수  $>$   $OH^-$  수

중성 :  $H^+$  수  $=$   $OH^-$  수

염기성 :  $H^+$  수  $<$   $OH^-$  수

1. 중화 반응에서  $H^+$ 과  $OH^-$ 은 ( ) : ( )의 몰비로 반응하여 물을 생성한다.

2. 산 수용액과 염기 수용액을 혼합할 때  $H^+$  수가  $OH^-$  수보다 많은 경우 혼합 용액은 ( )을 띤다.

3.  $H^+$  50개와  $OH^-$  100개가 각각 들어 있는 산과 염기 수용액을 혼합한 용액의 액성은 ( )이며 혼합 용액에 남아 있는  $OH^-$ 은 ( )개이다.

정답

1. 1
2. 산성
3. 염기성, 50

개념 체크

● 중화 반응의 양적 관계

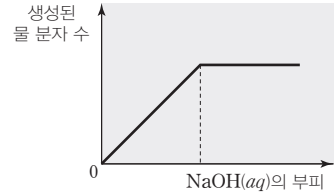
반응한  $H^+$  수  
 = 반응한  $OH^-$  수  
 = 생성된 물 분자 수  
 $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$

1.  $HCl(aq)$ 에  $NaOH(aq)$ 을 가할 때 완전히 중화될 때까지 ( ) 수는 감소하고 ( ) 수는 일정하다.
2.  $HCl(aq)$ 에  $NaOH(aq)$ 을 가할 때, 완전히 중화되는 지점에 도달하기 전까지 혼합 용액에 가장 많이 존재하는 이온은 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

3.  $HCl(aq)$ 에  $NaOH(aq)$ 을 가할 때 혼합 용액이 염기성이 되면  $Na^+$  수와  $Cl^-$  수가 같다. ( )

⑥ 중화 반응으로 생성되는 물 분자 수 :  $HCl(aq)$ 이 들어 있는 비커에  $NaOH(aq)$ 을 가하면  $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$ 의 중화 반응이 일어나므로 물이 생성된다.  $H^+$ 이 존재하는 동안에는 가하는  $NaOH(aq)$ 의 부피에 비례하여 생성된 물 분자 수도 증가한다. 이때 중화 반응하는  $H^+$  수와  $OH^-$  수, 생성된 물 분자 수의 비는 1 : 1 : 1이다. 그러나 완전히 중화된 이후에는  $H^+$ 이 더 이상 용액 속에 존재하지 않으므로  $NaOH(aq)$ 을 더 가하더라도 생성된 물 분자 수의 변화는 없다.



과학 돋보기 중화 반응에서 이온의 몰 농도

표는 1 M  $HCl(aq)$  10 mL가 들어 있는 비커에 0.5 M  $NaOH(aq)$ 을 가할 때 가한  $NaOH(aq)$ 의 여러 가지 부피에서 각 이온의 몰 농도이다(단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다).

가한 $NaOH(aq)$ 의 부피(mL)	이온의 몰 농도(M)			
	$H^+$	$Cl^-$	$Na^+$	$OH^-$
0	1	1	0	0
10	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	0
20	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0
30	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$

(1) 0.5 M  $NaOH(aq)$  10 mL를 넣었을 때

- $H^+$  : 처음  $H^+$ 의  $\frac{1}{2}$ 배가 중화 반응에 의해 소모되고, 용액의 부피는 2배가 되므로  $\frac{1}{4} (= 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{10}{10+10})$  M이다.
- $Cl^-$  : 용액의 부피는 2배가 되므로  $\frac{1}{2} (= 1 \times \frac{10}{10+10})$  M이다.
- $Na^+$  : 용액의 부피는 2배가 되므로  $\frac{1}{4} (= 0.5 \times \frac{10}{10+10})$  M이다.

(2) 0.5 M  $NaOH(aq)$  20 mL를 넣었을 때

- $Cl^-$  : 용액의 부피는 3배가 되므로  $\frac{1}{3} (= 1 \times \frac{10}{10+20})$  M이다.
- $Na^+$  : 용액의 부피는  $\frac{3}{2}$ 배가 되므로  $\frac{1}{3} (= 0.5 \times \frac{20}{20+10})$  M이다.

(3) 0.5 M  $NaOH(aq)$  30 mL를 넣었을 때

- $Cl^-$  : 용액의 부피는 4배가 되므로  $\frac{1}{4} (= 1 \times \frac{10}{10+30})$  M이다.
- $OH^-$  : 처음  $OH^-$ 의  $\frac{2}{3}$ 배가 중화 반응에 의해 소모되고, 용액의 부피는  $\frac{4}{3}$ 배가 되므로  $\frac{1}{8} (= 0.5 \times \frac{1}{3} \times \frac{30}{30+10})$  M이다.
- $Na^+$  : 용액의 부피는  $\frac{4}{3}$ 배가 되므로  $\frac{3}{8} (= 0.5 \times \frac{30}{30+10})$  M이다.

(2) 중화 반응에서의 양적 관계

①  $H^+$ 과  $OH^-$ 의 양적 관계 :  $H^+$ 과  $OH^-$ 은 1 : 1의 몰비로 반응한다.

➔ 반응한 산이 내놓는  $H^+$ 의 양(mol)과 반응한 염기가 내놓는  $OH^-$ 의 양(mol)은 같다.

정답

1.  $H^+$ ,  $Cl^-$
2.  $Cl^-$
3. ×

## ② 반응한 산과 염기의 가수, 용액의 몰 농도, 부피의 관계

$$nMV = n'M'V' \quad \left( \begin{array}{l} n, n' : \text{산, 염기의 가수, } M, M' : \text{산, 염기 수용액의 몰 농도} \\ V, V' : \text{산, 염기 수용액의 부피(L)} \end{array} \right)$$

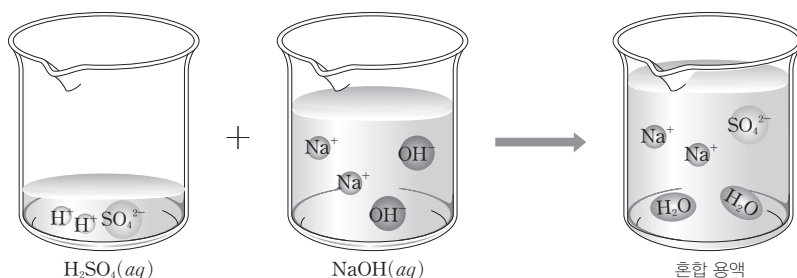
- 산과 염기의 가수 : 산 또는 염기 1 mol이 최대로 내놓을 수 있는  $H^+$  또는  $OH^-$ 의 양(mol)에 해당하는 수이다.

산		염기	
1가 산	HCl, CH <sub>3</sub> COOH	1가 염기	NaOH, KOH
2가 산	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2가 염기	Ca(OH) <sub>2</sub> , Ba(OH) <sub>2</sub>
3가 산	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3가 염기	Al(OH) <sub>3</sub>

- 반응한 산 또는 염기 수용액의 몰 농도(M)와 부피(L)의 곱은 반응한 산 또는 염기의 양(mol)이다( $MV, M'V'$ ).
- 반응한 산 또는 염기의 가수, 수용액의 몰 농도(M), 부피(L)의 곱은 반응한 산 또는 염기가 내놓는  $H^+$  또는  $OH^-$ 의 양(mol)이다( $nMV, n'M'V'$ ).
- 반응한 산이 내놓는  $H^+$ 의 양(mol)과 반응한 염기가 내놓는  $OH^-$ 의 양(mol)은 같으므로  $nMV = n'M'V'$ 이다.

③ 중화 반응에서의 양적 관계( $nMV = n'M'V'$ )

예 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq) 100 mL에 들어 있는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>과 0.5 M NaOH(aq) 400 mL에 들어 있는 NaOH이 모두 반응한 경우



- 화학 반응식 :  $H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + Na_2SO_4(aq)$
- 양적 관계 해석

산, 염기 수용액	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)	NaOH(aq)
산, 염기의 가수( $n, n'$ )	2	1
산, 염기 수용액의 몰 농도(M)( $M, M'$ )	1	0.5
산, 염기 수용액의 부피(L)( $V, V'$ )	0.1	0.4
반응한 산, 염기의 양(mol)( $MV, M'V'$ )	0.1	0.2
반응한 산, 염기가 내놓는 $H^+$ , $OH^-$ 의 양(mol)( $nMV, n'M'V'$ )	0.2	0.2

➔ 반응한 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>이 내놓는  $H^+$ 의 양과 반응한 NaOH이 내놓는  $OH^-$ 의 양은 0.2 mol로 서로 같다.

## 개념 체크

## ● 중화 반응에서의 양적 관계

$$nMV = n'M'V'$$

$n, n'$  : 산, 염기의 가수

$M, M'$  : 산, 염기 수용액의 몰 농도(M)

$V, V'$  : 산, 염기 수용액의 부피(L)

1. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>은 ( )가 산이고, Ca(OH)<sub>2</sub>은 ( )가 염기이다.
2. 중화 반응에서 산이 2가 산일 경우 반응한 산이 내놓는  $H^+$ 의 양(mol)은 반응한 산의 양(mol)의 ( )배이다.
3. 0.5 M HCl(aq) 100 mL와 0.1 M Ca(OH)<sub>2</sub>(aq) 200 mL를 반응시키면 혼합 용액의 액성은 ( )이다.

## 정답

1. 2, 2
2. 2
3. 산성

개념 체크

● 중화 적정

중화 반응을 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 알아 내는 실험 방법이다.

1. 중화 적정 실험에서 액체의 부피를 정확히 취하여 옮길 때 사용하는 기구는 ( )이다.

2. 중화 적정 실험에서 가해지는 용액의 부피를 측정할 때 사용하는 실험 기구는 ( )이다.

4 중화 적정

(1) **중화 적정** : 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 중화 반응의 양적 관계( $nMV = n'M'V'$ )를 이용하여 알아내는 실험 방법이다. 이때 농도를 정확히 알고 있는 염기나 산 수용액이 사용되는데 이를 표준 용액이라고 한다.

- ① **중화점** : 중화 적정에서 산의  $H^+$ 의 양(mol)과 염기의  $OH^-$ 의 양(mol)이 같아지는 점을 중화점이라고 한다.
- ② **중화 적정에 사용되는 실험 기구** : 피펫은 액체의 부피를 정확히 취하여 옮길 때, 뷰렛은 가해지는 표준 용액의 부피를 측정할 때, 삼각 플라스크는 농도를 측정하고자 하는 수용액을 담는 데 사용한다.



(2) 중화 적정을 이용한 식초 속 아세트산 함량 구하기 실험 계획

- ① 화학 반응식을 작성한다.
 
$$CH_3COOH(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow H_2O(l) + CH_3COONa(aq)$$
- ② 식초 속 아세트산 함량을 구하기 위해 중화 적정의 양적 관계를 이해한다.
  - $nMV = n'M'V'$ 의 관계를 이용한다.
  - $n, n'$  : 아세트산과 NaOH의 가수 ➡ 각각 1
  - $M, M'$  : 식초와 NaOH 표준 용액의 몰 농도
  - $V, V'$  : 반응한 식초와 NaOH 표준 용액의 부피
  - 계산된 식초의 몰 농도를 이용하여 식초 속 아세트산의 함량(%)을 계산한다(단, 식초의 밀도를 1 g/mL로 가정한다).
- ③ 실험 조건을 결정한다.
  - 필요할 경우 임의의 조건으로 간단히 예비 실험을 실시한다.
  - 표준 용액과 지시약의 종류를 결정한다.
  - 예 표준 용액 : NaOH(aq), 지시약 : 페놀프탈레인 용액(산성에서 무색, 염기성에서 붉은색)
  - 식초의 희석 비율과 표준 용액의 농도를 결정한다.
  - 실험 기구 종류 및 크기와 사용할 시약의 양을 결정한다.
- ④ 준비물을 확인한다.
  - 시약 : 식초, NaOH 표준 용액, 페놀프탈레인 용액, 증류수 등
  - 실험 도구 : 비커, 피펫, 피펫 필러, 삼각 플라스크, 스포이트, 뷰렛, 뷰렛 집게, 스탠드, 깔때기, 실험복, 실험용 장갑, 보안경 등(지시약의 혼합을 위해 유리 막대, 자석 젓개와 자석 교반기 등을 사용할 수 있다.)

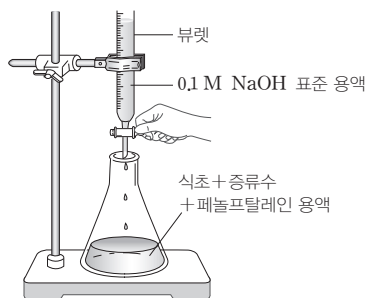
정답

1. 피펫
2. 뷰렛

- ⑤ 자세한 실험 과정을 설계한다.
- ⑥ 실험 중 유의할 점을 확인한다.
- 아세트산은 휘발성이 크기 때문에 식초의 뚜껑을 잘 닫아두어야 하고, 실험에 걸리는 시간을 가능한 한 짧게 하여 공기 증으로 날아가는 아세트산의 양을 최소화해야 한다.
  - 표준 용액이 식초보다 농도가 너무 크면 정확한 중화점을 찾기가 어렵고, 표준 용액이 식초보다 농도가 너무 작으면 넣어 주어야 할 표준 용액의 양이 너무 커서 실험이 어려워진다(일반적으로 시판되고 있는 식초에 대해 0.1 M NaOH 표준 용액을 사용할 경우 식초의 농도를 약  $\frac{1}{10}$  배로 묽히는 것이 적당하다).
  - 뷰렛에 표준 용액을 넣은 후 일정량을 흘려주어 뷰렛 꼭지의 아랫부분을 표준 용액으로 채운 후에 표준 용액의 처음 부피를 측정해야 한다.

### (3) 식초 속 아세트산 함량 구하기 실험 수행

- ① 피펫으로 식초 3 mL를 취하여 삼각 플라스크에 넣고 증류수를 넣어 약 30 mL가 되게 한 후 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.
- ② 깔때기를 이용해 뷰렛에 0.1 M NaOH 표준 용액을 넣고 꼭지를 잠시 열었다가 닫아 표준 용액을 조금 흘려준다.
- ③ 뷰렛에 표준 용액을 채운 후 뷰렛의 눈금을 읽는다.
- ④ 그림과 같이 장치한 후 뷰렛 꼭지를 열어 0.1 M NaOH 표준 용액을 희석된 식초가 든 삼각 플라스크에 조금씩 떨어뜨린다.



- ⑤ 붉은색이 나타나면 삼각 플라스크를 흔들어 주면서 한 방울씩 떨어뜨리고 붉은색이 사라지지 않을 때 꼭지를 잠근 후 뷰렛의 눈금을 읽는다.
- ➔ 식초 3 mL를 완전히 중화시키는 데 필요한 0.1 M NaOH 표준 용액의 부피(③과 ⑤에서 읽은 눈금의 차) : 30 mL
- ⑥ 반응한  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 이 내놓는  $\text{H}^+$ 의 양(mol)과 반응한 NaOH이 내놓는  $\text{OH}^-$ 의 양(mol)은 같으므로 식초의 몰 농도를  $x$  M라고 하면,  $1 \times x \text{ M} \times 3 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 30 \text{ mL}$ 에서 식초의 몰 농도는 1 M이다. 또한 식초의 몰 농도가 1 M이므로 식초 1 L에 아세트산이 1 mol 들어 있다. 식초의 밀도를 1 g/mL로 가정하면, 식초 1 L는 1000 g에 해당하고, 여기에 아세트산이 60 g(아세트산 1 mol의 질량) 들어 있다. 따라서 식초 속 아세트산의 함량은  $\frac{60 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 6\%$ 이다.

### 개념 체크

#### ● 식초 속 아세트산 함량 구하기 이론적 배경

- 화학 반응식  
 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{NaOH}(aq) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CH}_3\text{COONa}(aq)$
- 중화 반응에서의 양적 관계 :  $nMV = n'M'V'$
- 식초 속 아세트산의 몰 농도로부터 식초 속 아세트산 함량(%) 계산하기 : 식초의 밀도 값이 필요하다.

1. 식초 속 아세트산은 ( ) 가 산이다.
2. 식초 속 아세트산을 NaOH (aq)으로 중화 적정하기 위해 지시약으로 페놀프탈레인 용액을 사용하면 중화점을 지나면서 혼합 용액의 색깔이 무색에서 ( )으로 변한다.

#### 정답

1. 1
2. 붉은색

개념 체크

● 식초 속 아세트산의 몰 농도가  $a$  M라고 하면 1 L 수용액에 아세트산이  $a$  mol 들어 있다는 것을 의미한다. 식초의 밀도를 1 g/mL라고 할 때 아세트산  $a$  mol의 질량은  $60a$  g(아세트산의 분자량 = 60)이므로 아세트산의 함량(%)은 다음과 같다.

$$\frac{60a \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 6a(\%)$$

※ ○ 또는 ×

1. 중화 적정에서 비어 있는 뷰렛 꼭지를 닫은 다음, 표준 용액을 넣고 뷰렛의 눈금을 읽어 표준 용액의 처음 부피를 측정해야 한다. ( )
2. 중화 적정에서 뷰렛에 들어 있는 표준 용액을 시료가 들어 있는 삼각 플라스크에 조금씩 떨어뜨리면서 색깔의 변화가 처음 나타났다가 다시 사라질 때가 종화점이다. ( )

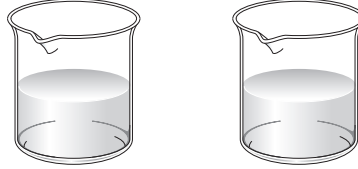
정답

1. ×  
2. ×

탐구자료 살펴보기 중화 적정을 이용한 탐구 실험

탐구 자료

용기의 라벨이 떨어져 육안으로는 구별되지 않는 두 수용액 0.1 M  $\text{HNO}_3(aq)$ 과 0.1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 중화 적정을 이용하여 구별해 보자.



▶ 같은 부피의 두 수용액에서 중화 반응을 할 수 있는  $\text{H}^+$ 의 양(mol)은 0.1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 이 0.1 M  $\text{HNO}_3(aq)$ 의 2배이다.

분석 point

1. 중화 적정을 이용하는 방법

0.1 M NaOH 표준 용액으로 100 mL의  $\text{HNO}_3(aq)$ 과  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$  각각에 대해 중화 적정 실험을 수행한다. ▶ 종화점까지 넣어 주는 NaOH 표준 용액의 부피가 100 mL인 것이  $\text{HNO}_3(aq)$ 이고, 200 mL인 것이  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 이다.

2. 중화 반응 후 혼합 용액의 액성을 확인하는 방법

0.1 M NaOH 표준 용액 150 mL를 100 mL의  $\text{HNO}_3(aq)$ 과  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$  각각에 넣어 중화 반응시킨 후 지시약을 통해 혼합 용액의 액성을 확인한다. ▶ 염기성을 띠는 것이  $\text{HNO}_3(aq)$ 이고, 산성을 띠는 것이  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 이다.

기출문제 다시보기 중화 적정 실험

2022학년도 대학수학능력시험

다음은 중화 적정 실험이다.

[실험 과정]

- (가)  $a$  M  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$  10 mL와 0.5 M  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$  15 mL를 혼합한 후, 물을 넣어 50 mL 수용액을 만든다.
- (나) 삼각 플라스크에 (가)에서 만든 수용액 20 mL를 넣고 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.
- (다) 0.1 M NaOH(aq)을 뷰렛에 넣고 (나)의 삼각 플라스크에 한 방울씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 흔들어 준다.
- (라) (다)의 삼각 플라스크 속 수용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 적정을 멈추고 적정에 사용된 NaOH(aq)의 부피를 측정한다.

[실험 결과]

○ 적정에 사용된 NaOH(aq)의 부피 : 38 mL

$a$ 는? (단, 온도는 25°C로 일정하다.) [3점]

- ①  $\frac{1}{10}$       ②  $\frac{1}{5}$       ③  $\frac{3}{10}$       ④  $\frac{2}{5}$       ⑤  $\frac{1}{2}$

**해설** (가)에서 만든  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도를  $x$  M라고 할 때, (라)에서 적정에 사용된 0.1 M NaOH(aq)의 부피는 38 mL이므로  $x \times 20 = 0.1 \times 38$ ,  $x = 0.19$ 이다. (가)에서 혼합 전후 용액 속  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의 양(mol)은 같으므로  $a \times 10 + 0.5 \times 15 = 0.19 \times 50$ 이다. 따라서  $a = \frac{1}{5}$ 이다. 답 ②



## 기출문제 다시보기

## 중화 반응의 양적 관계

2022학년도 대학수학능력시험

다음은  $x$  M  $H_2X(aq)$ ,  $0.2$  M  $YOH(aq)$ ,  $0.3$  M  $Z(OH)_2(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 용액 I ~ III에 대한 자료이다.

- 수용액에서  $H_2X$ 는  $H^+$ 과  $X^{2-}$ 으로,  $YOH$ 는  $Y^+$ 과  $OH^-$ 으로,  $Z(OH)_2$ 는  $Z^{2+}$ 과  $OH^-$ 으로 모두 이온화된다.

혼합 용액	혼합 전 수용액의 부피(mL)			모든 음이온의 몰 농도(M) 합(상댓값)
	$x$ M $H_2X(aq)$	$0.2$ M $YOH(aq)$	$0.3$ M $Z(OH)_2(aq)$	
I	$V$	20	0	5
II	$2V$	$4a$	$2a$	4
III	$2V$	$a$	$5a$	$b$

- I는 산성이다.  
○ II에서  $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 음이온의 양(mol)}} = \frac{3}{2}$ 이다.  
○ II와 III의 부피는 각각 100 mL이다.

$x \times b$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시하며,  $X^{2-}$ ,  $Y^+$ ,  $Z^{2+}$ 은 반응하지 않는다.) [3점]

- ① 1                      ② 2                      ③ 3                      ④ 4                      ⑤ 5

**해설** 수용액에서 양이온의 총 전하량의 크기는 음이온의 총 전하량의 크기와 같다. 혼합 용액 II가 중성이라면 용액에는  $Y^+$   $0.8a$  mmol,  $Z^{2+}$   $0.6a$  mmol이 존재하고  $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 음이온의 양(mol)}} = \frac{3}{2}$ 이므로  $X^{2-}$   $\frac{2.8a}{3}$  mmol이 존재해야 하는데, 이 경우 양이온의 총 전하량의 크기는 음이온의 총 전하량의 크기보다 크므로 II는 중성이 아니다. 또한 혼합 용액 II가 염기성이라면  $X^{2-}$ 과  $OH^-$ 의 양의 합은  $\frac{2.8a}{3}$  mmol이므로  $X^{2-}$ 과  $OH^-$ 의 총 전하량의 크기는  $Y^+$ 과  $Z^{2+}$ 의 총 전하량의 크기보다 작다. 따라서 II는 염기성이 아니다. 혼합 용액 I과 II는 모두 산성이므로 두 혼합 용액에는  $X^{2-}$ 만 존재한다. I에 존재하는  $X^{2-}$ 의 양(mol, 상댓값)은  $(V+20) \times 5$ 이고, 혼합 용액에 존재하는  $X^{2-}$ 의 양(mol)은 II에서 I에서의 2배이며, 혼합 용액 II의 부피는 100 mL이므로  $2 \times (V+20) \times 5 = 100 \times 4$ ,  $V=20$ 이다. 따라서  $2V+4a+2a=100$ 이므로  $a=10$ 이다. 혼합 용액 II와 III에서 혼합 전 각 수용액의 부피와 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 용액	혼합 전 수용액						모든 음이온의 몰 농도(M) 합(상댓값)
	$x$ M $H_2X(aq)$		$0.2$ M $YOH(aq)$		$0.3$ M $Z(OH)_2(aq)$		
	부피 (mL)	이온의 양 (mmol)	부피 (mL)	이온의 양 (mmol)	부피 (mL)	이온의 양 (mmol)	
II	40	$H^+$ $80x$ $X^{2-}$ $40x$	40	$Y^+$ 8 $OH^-$ 8	20	$Z^{2+}$ 6 $OH^-$ 12	4
III	40	$H^+$ $80x$ $X^{2-}$ $40x$	10	$Y^+$ 2 $OH^-$ 2	50	$Z^{2+}$ 15 $OH^-$ 30	$b$

II에서  $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 음이온의 양(mol)}} = \frac{3}{2}$ 이므로  $\frac{80x-20+8+6}{40x} = \frac{3}{2}$ ,  $x = \frac{3}{10}$ 이다. III는 염기성이므로 II와 III에서 모든 음이온의 몰 농도(M) 합은 각각  $\frac{40x}{100} = \frac{3}{25}$ ,  $\frac{40x+32-80x}{100} = \frac{1}{5}$ 이므로  $\frac{3}{25} : \frac{1}{5} = 4 : b$ ,  $b = \frac{20}{3}$ 이다. 따라서  $x \times b = \frac{3}{10} \times \frac{20}{3} = 2$ 이다. ㉠ ②

01 [2024-0213] 다음은 화합물  $C_2H_4O_2$ 을 물에 녹였을 때에 대한 자료이다.

$C_2H_4O_2$ 을 물에 녹이면 ㉠물과 반응하여  $CH_3COO^-$ 과  $H_3O^+$ 이 생성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기  
 ㄱ.  $C_2H_4O_2(aq)$ 은 산성 용액이다.  
 ㄴ.  $C_2H_4O_2(aq)$ 은 전기 전도성이 있다.  
 ㄷ. ㉠에서  $C_2H_4O_2$ 은 브뢴스테드·로리 산이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                  ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [2024-0214] 다음은 산 염기와 관련된 반응 (가)~(다)에 대한 설명이다.

(가) 암모니아( $NH_3$ )를 물( $H_2O$ )에 녹이면 수산화 이온 ( $OH^-$ )이 생성된다.  
 (나) 염화 수소( $HCl$ )를 물( $H_2O$ )에 녹이면 하이드로늄 이온( $H_3O^+$ )이 생성된다.  
 (다) 암모니아( $NH_3$ )와 염화 수소( $HCl$ )를 반응시키면 염화 암모늄( $NH_4Cl$ )이 생성된다.

(가)~(다)에서 브뢴스테드·로리 산으로 작용하는 물질로 옳은 것은?

- |   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|
|   | (가)    | (나)    | (다)    |
| ① | $NH_3$ | $HCl$  | $NH_3$ |
| ② | $NH_3$ | $HCl$  | $HCl$  |
| ③ | $NH_3$ | $H_2O$ | $NH_3$ |
| ④ | $H_2O$ | $HCl$  | $HCl$  |
| ⑤ | $H_2O$ | $HCl$  | $NH_3$ |

03 [2024-0215] 다음은 화합물 X, Y와 관련된 반응 (가)~(다)의 화학 반응식이다.

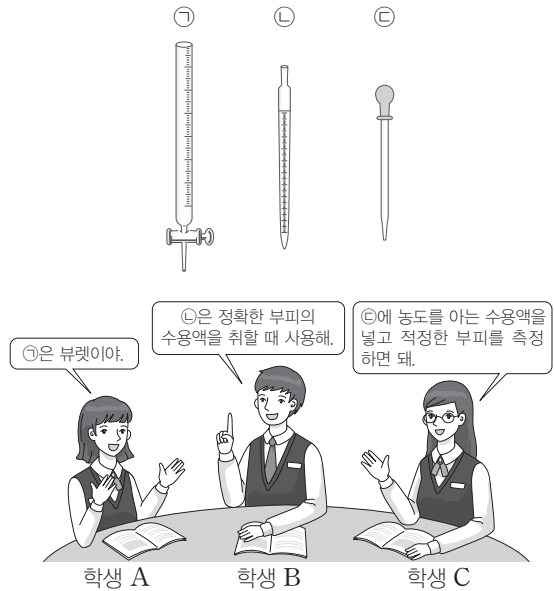
(가)  $X + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$   
 (나)  $Y + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$   
 (다)  $X + Y \longrightarrow NH_4Cl$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기  
 ㄱ.  $Y(aq)$ 은 염기성이다.  
 ㄴ. (가)에서  $H_2O$ 은 브뢴스테드·로리 염기이다.  
 ㄷ. (다)에서 양성자( $H^+$ )는 X에서 Y로 이동한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                  ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

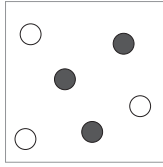
04 [2024-0216] 다음은 중화 적정에 사용되는 실험 기구 ㉠~㉢과, 이에 대한 세 학생의 대화이다. ㉠~㉢은 각각 스포이트, 피펫, 뷰렛 중 하나이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A                      ② C                      ③ A, B  
 ④ B, C                  ⑤ A, B, C

05 [2024-0217] 그림은  $x$  M  $\text{HCl}(aq)$  30 mL와  $y$  M  $\text{NaOH}(aq)$  10 mL를 혼합했을 때, 혼합 용액에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다. 혼합 용액에서 전체 이온의 몰 농도의 합은  $a$  M이다.



$x$  M  $\text{HCl}(aq)$  40 mL와  $y$  M  $\text{NaOH}(aq)$  40 mL를 혼합했을 때, 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온의 몰 농도(M)의 합은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ①  $a$                       ②  $1.2a$                       ③  $1.5a$
- ④  $2a$                       ⑤  $2.5a$

06 [2024-0218] 다음은  $x$  M  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 을 0.1 M  $\text{NaOH}(aq)$ 으로 중화 적정할 때의 실험 과정이다.

[실험 과정]

- (가) ㉠ 20 mL를 삼각 플라스크에 넣는다.
- (나) (가)의 삼각 플라스크에 ㉡ 2~3방울을 넣는다.
- (다) ㉢을 뷰렛에 넣고, 꼭지를 열어 아랫부분까지 용액을 채운 후 다시 닫고 눈금을 읽는다.
- (라) (나)의 삼각 플라스크를 흔들어 주면서 뷰렛에 들어 있는 용액을 한 방울씩 떨어뜨린다.
- (마) 삼각 플라스크 속 수용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 닫고 눈금을 읽는다.

㉠~㉢에 들어갈 용액으로 가장 적절한 것을 <보기>에서 고른 것은?

- [보기]
- ㄱ.  $x$  M  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$
  - ㄴ. 0.1 M  $\text{NaOH}(aq)$
  - ㄷ. 페놀프탈레인 용액

- |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | ㉠ | ㉡ | ㉢ |   | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① | ㄱ | ㄴ | ㄷ | ② | ㄱ | ㄷ | ㄴ |
| ③ | ㄴ | ㄱ | ㄷ | ④ | ㄴ | ㄷ | ㄱ |
| ⑤ | ㄷ | ㄴ | ㄱ |   |   |   |   |

07 [2024-0219] 다음은  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$  10 mL를 삼각 플라스크에 넣은 후  $\text{NaOH}(aq)$ 으로 중화 적정한 실험에 대한 자료이다.

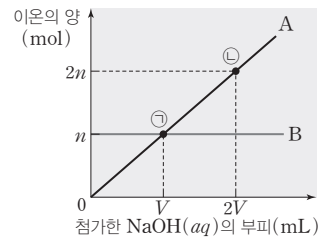
- 사용한  $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도 : 0.05 M
- 사용한 지시약 : 페놀프탈레인 용액
- 중화점에서 혼합 용액의 색깔 : ㉠
- 중화점까지 넣어 준  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피 : 20 mL

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

- [보기]
- ㄱ. ㉠은 노란색이다.
  - ㄴ.  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도는 0.1 M이다.
  - ㄷ. 중화 적정 실험에서  $\text{NaOH}(aq)$ 을  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 이 들어 있는 삼각 플라스크에 넣어 줄 때 뷰렛을 사용한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [2024-0220] 그림은 0.05 M  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$  20 mL에 0.1 M  $\text{NaOH}(aq)$ 을 넣을 때, 첨가한  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 용액 속 이온 A와 B의 양(mol)을 나타낸 것이다.

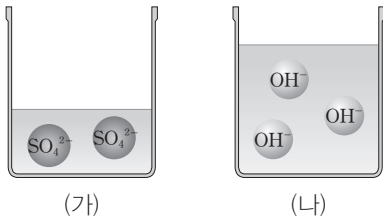


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 은  $\text{H}^+$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 으로 모두 이온화되며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- [보기]
- ㄱ.  $V=10$ 이다.
  - ㄴ. 전체 이온의 양(mol)은 ㉠에서와 ㉡에서가 같다.
  - ㄷ.  $[\text{Na}^+]$ 는 ㉠에서가 ㉡에서의  $\frac{2}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22024-0221] 그림 (가)와 (나)는 각각  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$  10 mL와  $\text{KOH}(aq)$  20 mL에 들어 있는 음이온만을 모형으로 나타낸 것이다.



(가)와 (나)의 용액을 모두 혼합한 용액에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 은  $\text{H}^+$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 으로 모두 이온화되며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

ㄱ. 염기성 용액이다.  
 ㄴ.  $[\text{K}^+] : [\text{SO}_4^{2-}] = 3 : 2$ 이다.  
 ㄷ. 생성된 물의 양(mol)은  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 양(mol)과 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22024-0222] 표는  $\text{HCl}(aq)$ 과  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 달리하여 반응시켰을 때, 혼합 용액에 대한 자료이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		전체 양이온의 양 (mol)
	$\text{HCl}(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$	
(가)	20	100	0.01
(나)	40	80	0.01
(다)	80	40	0.02

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 온도는  $25^\circ\text{C}$ 로 일정하며,  $25^\circ\text{C}$ 에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

보기

ㄱ. 혼합 전  $\text{NaOH}(aq)$ 의 pH는 13이다.  
 ㄴ. (나)에서  $[\text{H}_3\text{O}^+] < 10^{-7} \text{ M}$ 이다.  
 ㄷ. (가)와 (다)를 혼합한 용액 속  $[\text{Na}^+] = \frac{1}{80} \text{ M}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

11 [22024-0223] 다음은 중화 반응 실험이다.

[실험 과정]  
 (가)  $x \text{ M HCl}(aq)$ 과  $y \text{ M NaOH}(aq)$ 을 준비한다.  
 (나)  $x \text{ M HCl}(aq)$  100 mL에  $y \text{ M NaOH}(aq)$  300 mL를 조금씩 넣는다.

[실험 결과]  
 ○ (나)에서 넣어 준  $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 용액 속 이온의 종류와 양(mol)

$\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)	50	V	300
이온의 종류와 양(mol)	$\text{Cl}^-$ 0.02	$\text{H}^+$ 0.01	$\text{Na}^+$ 0.02

$\frac{y}{x} \times V$ 는? (단, 온도는 일정하고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 50                      ② 75                      ③ 100  
 ④ 150                    ⑤ 200

12 [22024-0224] 표는  $\text{NaOH}(aq)$   $V \text{ mL}$ 가 들어 있는 4개의 비커에  $\text{HCl}(aq)$  또는  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 넣었을 때 혼합 용액 속 전체 이온의 몰 농도의 합과 혼합 용액의 액성에 대한 자료이다.

넣어 준 산의 종류와 부피	$\text{HCl}(aq)$ 의 부피(mL)		$\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 부피(mL)	
	10	20	10	20
전체 이온의 몰 농도(M)의 합	1	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	x
혼합 용액의 액성		염기성	염기성	

x는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다. 수용액에서  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 은  $\text{H}^+$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 으로 모두 이온화되며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ①  $\frac{4}{15}$                     ②  $\frac{2}{5}$                     ③  $\frac{1}{2}$   
 ④  $\frac{5}{8}$                     ⑤  $\frac{18}{25}$

01 [22024-0225] 다음은 25°C에서 산 염기와 관련된 실험이다.

[실험 과정]

- (가) ① HCl(g)를 물에 녹여 수용액 20 mL를 만든 후, pH를 측정한다.
- (나) NaOH(s)을 물에 녹여 수용액 20 mL를 만든 후, pH를 측정한다.
- (다) (가)와 (나)에서 만든 수용액을 모두 혼합하여 ② 중화 반응시킨 후, pH를 측정한다.

[실험 결과]

○ (가)~(다)에서 측정한 수용액의 pH

과정	(가)	(나)	(다)
수용액의 pH	1	12	$x$

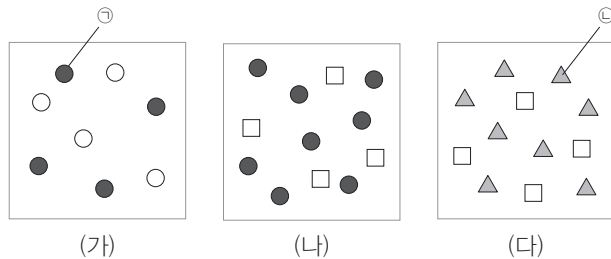
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수( $K_w$ )는  $1 \times 10^{-14}$ 이다.)

보기

- ㄱ.  $x < 7$ 이다.
- ㄴ. ①에서 HCl는 수소 이온( $H^+$ )을 내놓는다.
- ㄷ. ②에서  $OH^-$ 은 브뢴스테드·로리 염기이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22024-0226] 그림은 수용액 (가)~(다)에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각  $CaCl_2(aq)$ ,  $Ca(OH)_2(aq)$ ,  $HCl(aq)$  중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

- ㄱ. ①은 음이온이다.
- ㄴ. 수용액의 pH는 (나)가 (다)보다 크다.
- ㄷ. (가)와 (다)를 혼합하면 ②은 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

브뢴스테드·로리 산은 양성자( $H^+$ )를 주는 물질, 브뢴스테드·로리 염기는 양성자( $H^+$ )를 받는 물질이다.

수소 이온( $H^+$ )과 수산화 이온( $OH^-$ )이 반응할 때  $OH^-$ 은  $H^+$ 를 받으므로 중화 반응에서  $OH^-$ 은 브뢴스테드·로리 염기이다.

중화점에서 반응한 수소 이온의 양과 수산화 이온의 양은 같다.

중화 적정 실험에서 표준 용액은 뷰렛에 넣어 사용하며, 표준 용액의 몰 농도와 중화점까지 넣어 준 표준 용액의 부피를 이용하여 농도를 모르는 산 또는 염기 수용액의 몰 농도를 구할 수 있다.

03 [22024-0227] 다음은 25°C에서 산 HA(aq)의 농도를 구하기 위한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) HA(aq) 10 mL를 삼각 플라스크에 넣고 페놀프탈레인 용액 2~3방울을 넣는다.
- (나) 0.1 M NaOH(aq)을 뷰렛에 넣고, 꼭지를 열어 뷰렛의 아래쪽 끝까지 용액을 채운 후 다시 닫고 눈금을 읽는다.
- (다) (가)의 삼각 플라스크를 흔들어 주면서 뷰렛에 담긴 NaOH(aq)을 한 방울씩 떨어뜨린다.
- (라) 삼각 플라스크 속 수용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 닫고 눈금을 읽는다.

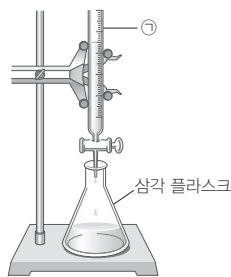
[실험 결과]

과정	(나)	(라)
뷰렛의 눈금 (mL)	3	18

(가)에서 HA(aq)의 몰 농도(M)는? (단, 온도는 25°C로 일정하다.)

- ① 0.05      ② 0.1      ③ 0.15      ④ 0.3      ⑤ 0.6

04 [22024-0228] 그림은 중화 적정 실험 장치를 나타낸 것이고, 표는 그림의 장치를 이용하여 x M HCl(aq)과 y M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq)을 0.2 M NaOH(aq)으로 각각 적정했을 때에 대한 자료이다.



실험	I	II
삼각 플라스크 속 수용액	x M HCl(aq)	y M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)
혼합 전 산의 부피(mL)	10	20
중화점까지 넣어 준 NaOH(aq)의 부피(mL)	25	20

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 온도는 일정하며, 수용액에서 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>은 H<sup>+</sup>과 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>으로 모두 이온화된다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 뷰렛이다.
- ㄴ. x : y = 5 : 1이다.
- ㄷ. 중화점에서 음이온의 몰 농도비는 실험 I : 실험 II = 10 : 7이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22024-0229]

표는 0.05 M A(aq) 20 mL에 B(aq)을 조금씩 넣을 때, 넣어 준 B(aq)의 부피에 따른 혼합 용액에 존재하는  $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 를 나타낸 것이다. A, B는 각각 HCl, Ba(OH)<sub>2</sub> 중 하나이고, 수용액에서 Ba(OH)<sub>2</sub>은 Ba<sup>2+</sup>과 OH<sup>-</sup>으로 모두 이온화된다.

B(aq)의 부피(mL)	0	5	10	15
$\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

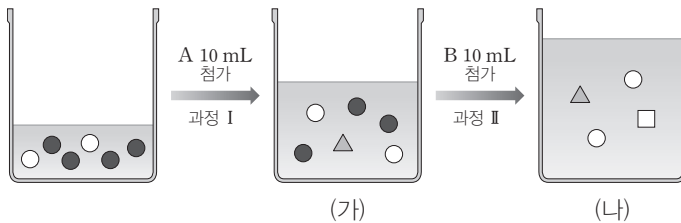
ㄱ. B는 HCl이다.  
 ㄴ. 혼합 전 A(aq)에 존재하는 모든 이온의 몰 농도의 합은 0.15 M이다.  
 ㄷ. HCl(aq)의 몰 농도는 0.2 M이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

HCl(aq)과 Ba(OH)<sub>2</sub>(aq)에서 양이온 수는 각각 1, 음이온 수는 각각 1, 2이다.

06 [22024-0230]

그림은 H<sub>2</sub>X(aq) 20 mL에 염기 수용액 A, B를 각각 10 mL씩 차례대로 넣을 때, 용액에 존재하는 이온을 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

ㄱ. [OH<sup>-</sup>]는 수용액 B에서가 A에서의 3배이다.  
 ㄴ. 생성된 물의 양(mol)은 II에서가 I에서의 2배이다.  
 ㄷ. △의 몰 농도는 (가)에서가 (나)에서의  $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

H<sub>2</sub>X(aq)에 존재하는 이온 수비가 ● : ○ = 2 : 1이므로 ●은 H<sup>+</sup>, ○은 X<sup>2-</sup>이다.

HCl(aq)과 Ca(OH)<sub>2</sub>(aq)을 혼합한 용액이 염기성 용액일 때 전체 이온의 양(mol)은 Ca<sup>2+</sup>의 양(mol)의 3배이다.

07 [22024-0231] 표는 HCl(aq)과 Ca(OH)<sub>2</sub>(aq)의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		전체 이온의 양(mol)	생성된 물의 양(mol)	액성
	HCl(aq)	Ca(OH) <sub>2</sub> (aq)			
(가)	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	4n	x	
(나)	V <sub>3</sub>	2V <sub>2</sub>	6n	2n	염기성

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

ㄱ. V<sub>1</sub> : V<sub>3</sub> = 5 : 4이다.

ㄴ. x =  $\frac{4}{3}$ n이다.

ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 용액에 들어 있는 음이온의 양은 4.5n mol이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

HCl(aq)과 NaOH(aq)의 중화 반응에서 혼합 용액이 산성 용액이면 혼합 용액 속에 존재하는 양이온 수는 Cl<sup>-</sup> 수와 같고, 염기성 용액이면 Na<sup>+</sup> 수와 같다.

08 [22024-0232] 표는 x M HCl(aq)과 y M NaOH(aq)의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)와 (나)에 대한 자료이고, 그림은 혼합 용액 (가)의 단위 부피 속에 존재하는 이온의 입자 모형을 나타낸 자료이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		혼합 용액 속에 존재하는 모든 양이온 수의 합	단위 부피 속에 존재하는 이온 모형
	HCl(aq)	NaOH(aq)		
(가)	10	50	5n	
(나)	20	10	6n	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

ㄱ. x : y = 3 : 2이다.

ㄴ. ㉠에서 ○의 수는 24이다.

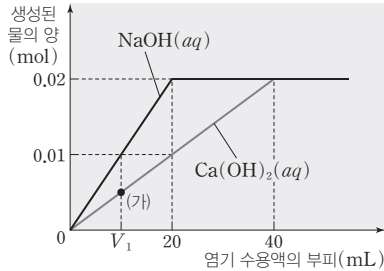
ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 후 2y M NaOH(aq) 15 mL를 추가한 혼합 용액은 중성이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



09 [2024-0233]

그림은 HCl(aq)이 10 mL씩 들어 있는 2개의 비커에 a M NaOH(aq)과 b M Ca(OH)<sub>2</sub>(aq)을 각각 첨가할 때, 첨가한 염기 수용액의 부피에 따른 생성된 물의 양(mol)을 나타낸 것이다. (가)에서 용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도의 합은 x M이다.



$\frac{a}{b} \times x$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 온도는 일정하며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 3.5
- ② 4.5
- ③ 5
- ④ 7.5
- ⑤ 8

HCl(aq)에 염기 수용액을 넣을 때 중화점까지 생성된 물의 양(mol)은 중화점까지 넣어 준 OH<sup>-</sup>의 양(mol)과 같다.

10 [2024-0234]

다음은 중화 반응 실험이다.

[자료]

○ 수용액에서 H<sub>2</sub>A는 H<sup>+</sup>과 A<sup>2-</sup>으로 모두 이온화된다.

[실험 과정]

(가) a M H<sub>2</sub>A(aq), b M NaOH(aq), c M KOH(aq)을 준비한다.

(나) H<sub>2</sub>A(aq) V<sub>1</sub> mL에 NaOH(aq) 20 mL를 첨가한다.

(다) (나)의 혼합 용액에서 10 mL를 취하여 비커에 넣는다.

(라) 비커에 넣은 혼합 용액 10 mL에 KOH(aq) V<sub>2</sub> mL를 첨가한다.

[실험 결과]

○ H<sub>2</sub>A(aq) V<sub>1</sub> mL에 들어 있는 X 이온의 몰 농도 : 3n M

○ (라) 과정 후 혼합 용액은 중성이다.

○ (나)와 (라) 과정 후 혼합 용액에 대한 자료

과정	(나)		(라)	
혼합 용액 속	X 이온	Y 이온	X 이온	Y 이온
이온의 몰 농도(M)	n	0.8n	dn	0.32n

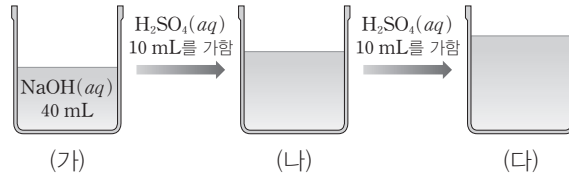
$\frac{b}{c} \times d$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 0.4
- ② 0.6
- ③ 0.8
- ④ 1.2
- ⑤ 1.5

수용액에서 H<sub>2</sub>A는 H<sup>+</sup>과 A<sup>2-</sup>으로 모두 이온화되므로 이온의 양(mol)은 H<sup>+</sup>이 A<sup>2-</sup>의 2배이다. 따라서 H<sub>2</sub>A(aq)에 KOH(aq)을 넣었을 때 중화점에서 양이온의 양(mol)은 A<sup>2-</sup>의 2배이다.

NaOH(aq)에 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq)을 조금씩 가할 때 중화점에서 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) = 2이다.

11 [2024-0235] 그림은  $x$  M NaOH(aq) 40 mL에 0.2 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq) 10 mL씩을 차례대로 넣을 때의 과정을 나타낸 것이다. (다)에 들어 있는 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) =  $\frac{4}{3}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>은 H<sup>+</sup>과 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

ㄱ. (다)는 중성 용액이다.  
 ㄴ.  $x=0.4$ 이다.  
 ㄷ. (나)에 들어 있는 양이온의 양(mol) / 음이온의 양(mol) =  $\frac{8}{7}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

NaOH(aq)과 산 수용액을 혼합한 용액이 염기성 용액 이라면 혼합 용액에 존재하는 모든 양이온의 양(mol)은 Na<sup>+</sup>의 양(mol)과 같다.

12 [2024-0236] 다음은 중화 반응 실험이다.

[자료]  
 ○ 수용액에서 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>은 H<sup>+</sup>과 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>으로 모두 이온화된다.

[실험 과정]  
 (가) 2x M NaOH(aq), y M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq), x M HCl(aq)을 준비한다.  
 (나) NaOH(aq) V mL에 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq) 10 mL를 첨가하여 혼합 용액 I을 만든다.  
 (다) I에 HCl(aq) 20 mL를 첨가하여 혼합 용액 II를 만든다.  
 (라) II에 HCl(aq) 20 mL를 추가하여 혼합 용액 III을 만든다.

[실험 결과]  
 ○ (나)에서 생성된 물의 양 : 0.01 mol  
 ○ II는 중성이다.  
 ○ II와 III에 대한 자료

혼합 용액	II	III
혼합 용액에 존재하는 양이온의 양(mol)	0.02	
혼합 용액에 존재하는 모든 음이온의 몰 농도 합(M)	0.3	z

$\frac{x \times y}{z}$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 0.1                      ② 0.2                      ③ 0.5                      ④ 0.7                      ⑤ 0.9

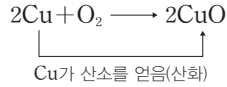
# 12 · 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

IV. 역동적인 화학 반응

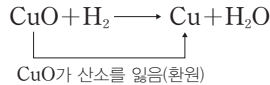
## 1 산소와 산화 환원 반응

### (1) 산소의 이동에 의한 산화 환원

① 산화 : 산소를 얻는 반응이다.



② 환원 : 산소를 잃는 반응이다.



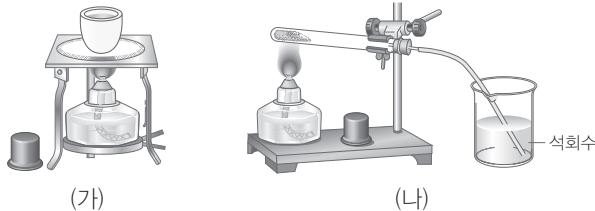
③ 산화 환원의 동시성 : 한 물질이 산소를 얻을 때 다른 물질이 그 산소를 잃으므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.



### 탐구자료 살펴보기 구리의 산화 환원 반응

#### 실험 과정

- (가) 도가니에 구리 가루를 넣고 충분히 가열한 후 식힌다.  
 (나) (가)의 생성물과 탄소 가루를 섞어 시험관에 넣고 가열하며 생성된 기체를 석회수에 통과시킨다.



#### 실험 결과

- 과정 (가)에서 구리 가루의 색이 붉은색에서 검은색으로 변하였다.
- 과정 (나)에서 검은색 가루가 다시 붉게 변하면서 석회수가 뿌옇게 흐려졌다.

#### 분석 point

- 붉은색 구리가 산소와 결합하여 검은색 산화 구리(Ⅱ)가 된다.  

$$2\text{Cu} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO} \text{ (Cu가 산화된다.)}$$
- 검은색 산화 구리(Ⅱ)를 탄소 가루와 섞어 가열하면 산화 구리(Ⅱ)는 산소를 잃고 환원되어 붉은색 구리로 되돌아온다. 이때 탄소는 산화 구리(Ⅱ)로부터 산소를 얻어 이산화 탄소가 된다.  

$$2\text{CuO} + \text{C} \longrightarrow 2\text{Cu} + \text{CO}_2 \text{ (CuO가 환원되고 C가 산화된다.)}$$
- 이산화 탄소는 석회수와 반응하여 흰색 양금(탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>))을 생성하므로 석회수가 뿌옇게 흐려진다. 이러한 성질을 이용하여 석회수는 이산화 탄소의 확인에 사용된다.

### (2) 산소의 이동에 의한 여러 가지 산화 환원 반응

① 연소 : 물질이 산소와 빠르게 반응하면서 빛과 열을 내는 현상으로, 산화 환원 반응에 속한다.

### 개념 체크

- 산화  
산소를 얻는 반응
- 환원  
산소를 잃는 반응
- 산화 환원의 동시성  
산소를 얻는 반응과 잃는 반응은 동시에 일어난다.

- 산소를 얻는 반응을 (    ), 산소를 잃는 반응을 (    )이라고 한다.
- 산화 구리(CuO)가 탄소(C)와 반응하여 구리(Cu)와 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)가 생성되는 반응에서 산화되는 물질은 (    )이고, 환원되는 물질은 (    )이다.
- (    )는 물질이 산소와 빠르게 반응하면서 빛과 열을 내는 현상으로, 산화 환원 반응에 속한다.

#### 정답

- 산화, 환원
- 탄소(C), 산화 구리(CuO)
- 연소

개념 체크

● 산화

전자를 잃는 반응

● 환원

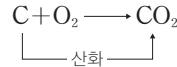
전자를 얻는 반응

● 산화 환원의 동시성

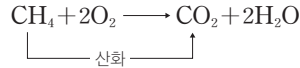
전자를 잃는 반응과 전자를 얻는 반응은 동시에 일어난다.

1. 메테인(CH<sub>4</sub>)이 완전 연소될 때 CH<sub>4</sub>은 ( ) 된다.
2. 어떤 물질이 전자를 잃는 반응을 ( ), 전자를 얻는 반응을 ( )이라고 한다.

- 숲의 연소 : 숲은 주로 탄소(C)로 이루어진 물질이며, 완전 연소되는 과정에서 탄소가 산소와 결합하여 이산화 탄소가 생성된다.



- 천연 가스의 연소 : 천연 가스의 주성분은 메테인(CH<sub>4</sub>)으로, 메테인이 완전 연소되면 이산화 탄소와 물이 생성된다. 이때 메테인에 포함된 탄소가 산소와 결합하면서 산화된다.

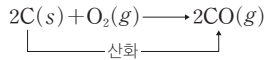


② 철의 제련

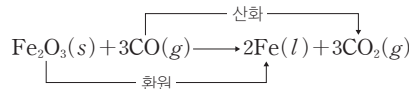
- 산화 철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이 주성분인 철광석에서 순수한 철(Fe)을 얻는 방법으로, 산화 철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이 철(Fe)로 환원된다.
- 용광로에 철광석과 탄소(C)가 주성분인 코크스를 넣고 뜨거운 공기를 불어넣으면 탄소(C)가 불완전 연소되어 일산화 탄소(CO)가 되고, CO에 의해 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이 산소를 잃고 환원되어 Fe이 된다.

과학 돋보기 용광로에서의 철의 제련

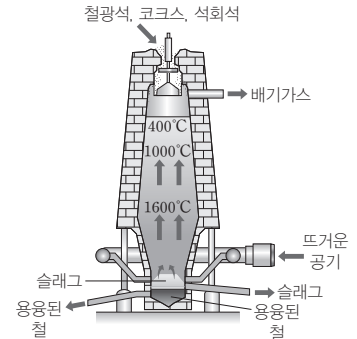
- 용광로에 철광석, 탄소(C)가 주성분인 코크스, 석회석을 넣고 뜨거운 공기를 불어넣는다.
- 탄소(C)가 불완전 연소되어 일산화 탄소(CO)가 된다.



- 일산화 탄소에 의해 산화 철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이 산소를 잃고 환원되어 용융 상태의 철(Fe)이 된다.



- 용광로에서 석회석(CaCO<sub>3</sub>)이 열분해되어 생성된 산화 칼슘(CaO)이 철광석에 포함된 불순물인 이산화 규소(SiO<sub>2</sub>)와 반응하여 슬래그(CaSiO<sub>3</sub>)가 됨으로써 생성된 철과 분리된다.

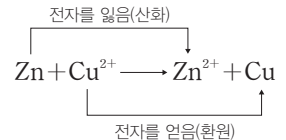


2 전자와 산화 환원 반응

(1) 전자의 이동에 의한 산화 환원

- ① 산화 : 전자를 잃는 반응이다.  $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$
- ② 환원 : 전자를 얻는 반응이다.  $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}$
- ③ 산화 환원의 동시성

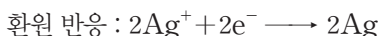
- 한 물질이 전자를 잃고 산화될 때 다른 물질이 그 전자를 얻어서 환원되므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.
- 산화되는 물질이 잃은 전자 수와 환원되는 물질이 얻은 전자 수는 같다.



정답

1. 산화
2. 산화, 환원

예 Cu와 Ag<sup>+</sup>이 반응할 때



→ Cu 1 mol이 Cu<sup>2+</sup>으로 산화될 때 2 mol의 전자를 잃고, Ag<sup>+</sup> 2 mol이 Ag으로 환원될 때 2 mol의 전자를 얻는다.

개념 체크

● 금속과 비금속의 반응

금속은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속은 전자를 얻고 환원되어 음이온이 된다.

1. Cu<sup>2+</sup>이 포함된 수용액에 아연(Zn)을 넣었더니 구리가 석출되었다. 이때 ( )은 산화되고, ( )은 환원된다.

2. 나트륨(Na)과 염소(Cl<sub>2</sub>)가 반응하여 염화 나트륨(NaCl)이 생성될 때 나트륨은 ( )되고, 염소는 ( )된다.

탐구자료 살펴보기 아연과 황산 구리(Ⅱ) 수용액의 반응

실험 과정

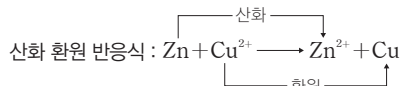
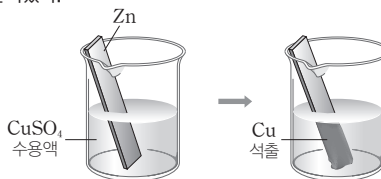
(가) 사포로 문지른 아연(Zn)판을 황산 구리(CuSO<sub>4</sub>) 수용액에 넣는다.  
(나) 시간이 지남에 따라 수용액의 색과 아연판 표면에서 일어나는 변화를 관찰한다.

실험 결과

수용액의 푸른색이 점점 없어졌고, 아연판 표면에 붉은색 금속이 석출되었다.

분석 point

- 아연은 전자를 잃고 아연 이온으로 산화되어 용액 속에 녹아 들어간다.  $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  (산화)
- 구리 이온은 전자를 얻어 구리로 환원되어 석출된다.  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$  (환원)  
Cu<sup>2+</sup>은 수용액에서 푸른색을 띠므로 수용액의 푸른색은 점점 없어지고, 붉은색의 구리 금속이 석출된다.
- Zn이 전자를 잃고 산화될 때 Cu<sup>2+</sup>이 그 전자를 얻어서 환원되므로, 산화와 환원은 동시에 일어난다.



4. 황산 이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)은 구경꾼 이온으로 반응에 참여하지 않고 남아 있다.

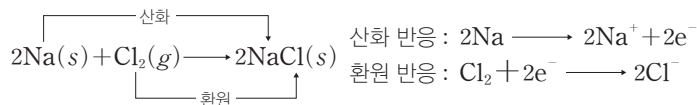
(2) 전자의 이동에 의한 여러 가지 산화 환원 반응

① 금속과 비금속의 반응 : 금속은 산화되어 양이온이 되고, 비금속은 환원되어 음이온이 된다.

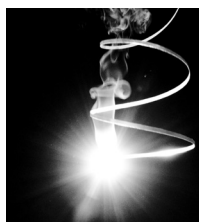
• 나트륨과 염소의 반응 : 나트륨(Na)을 염소(Cl<sub>2</sub>) 기체가 들어 있는 용기에 넣고 반응시키면 불꽃을 내며 격렬히 반응한다. 금속인 나트륨은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속인 염소는 전자를 얻고 환원되어 음이온이 되므로 이온 결합 물질인 염화 나트륨(NaCl)이 생성된다.



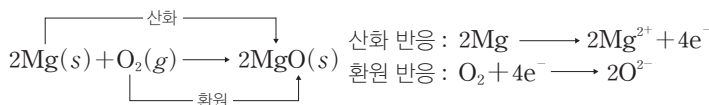
나트륨과 염소의 반응



• 마그네슘과 산소의 반응 : 공기 중에서 마그네슘(Mg) 리본에 불을 붙이면 격렬히 연소된다. 금속인 마그네슘은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속인 산소는 전자를 얻고 환원되어 음이온이 되므로 이온 결합 물질인 산화 마그네슘(MgO)이 생성된다.



마그네슘과 산소의 반응



정답

- Zn, Cu<sup>2+</sup>
- 산화, 환원

개념 체크

● 금속과 금속 이온의 반응

반응성이 큰 금속은 전자를 잃고 양이온으로 되며, 반응성이 작은 금속의 양이온은 전자를 얻어 금속으로 석출된다.

1. 질산 은(AgNO<sub>3</sub>) 수용액에 구리(Cu)를 넣으면 Cu는 전자를 잃어 Cu<sup>2+</sup>으로 녹아 들어가고, Ag<sup>+</sup>은 전자를 얻어 Ag으로 석출된다. 이 반응에서 Cu 1 mol이 산화될 때 석출되는 Ag은 ( ) mol이다.

2. Mg 1 mol을 충분한 양의 염산에 넣으면 전자 ( ) mol이 이동하여 수소 기체 ( ) mol이 생성된다.

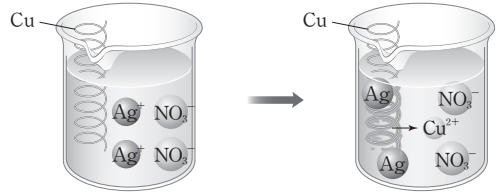
② 금속과 금속 이온의 반응

- 반응성이 작은 금속의 양이온이 들어 있는 수용액에 반응성이 큰 금속을 넣으면, 반응성이 큰 금속은 산화되어 양이온으로 수용액에 녹아 들어가고, 반응성이 작은 금속의 양이온은 환원되어 금속으로 석출된다.
- 반응성이 큰 금속의 양이온이 들어 있는 수용액에 반응성이 작은 금속을 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

탐구자료 살펴보기 금속과 금속 이온의 반응

실험 과정 및 결과

질산 은(AgNO<sub>3</sub>) 수용액에 구리(Cu)선을 넣은 후 변화를 관찰한다. → 구리선에 은(Ag)이 석출되고, 수용액은 점점 푸르게 변한다.



분석 point

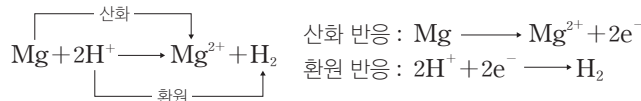
1. Cu는 전자를 잃고 Cu<sup>2+</sup>으로 산화되어 용액 속에 녹아 들어간다.  

$$\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \text{ (산화)}$$
2. Ag<sup>+</sup>은 전자를 얻어 Ag으로 환원되어 석출된다.  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}$  (환원)
3. Cu가 산화되면서 잃은 전자 수와 Ag<sup>+</sup>이 환원되면서 얻은 전자 수가 같아야 한다. Cu 1 mol이 산화될 때 Ag<sup>+</sup> 2 mol이 환원되므로 Cu와 Ag<sup>+</sup>의 반응 계수비는 1 : 2이다.  

$$\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$$

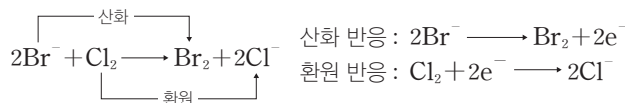
③ 금속과 산의 반응 : 산 수용액에 수소보다 반응성이 큰 금속을 넣으면 금속은 산화되어 양이온이 되고, H<sup>+</sup>이 환원되어 수소 기체가 발생한다.

- 마그네슘을 묶은 염산에 넣으면 마그네슘 표면에서 수소 기체가 발생한다. 마그네슘은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, H<sup>+</sup>은 전자를 얻고 환원되어 수소 기체가 발생한다. 단, 수소(H)보다 반응성이 작은 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag), 수은(Hg), 구리(Cu)는 수소 이온과 반응하지 않는다.



④ 할로젠과 할로젠화 이온의 반응 : 할로젠 원소의 반응성은 F<sub>2</sub> > Cl<sub>2</sub> > Br<sub>2</sub> > I<sub>2</sub>으로, 반응성이 작은 할로젠의 음이온이 들어 있는 수용액에 반응성이 큰 할로젠 분자를 넣으면 반응성이 작은 할로젠 음이온은 산화되어 할로젠 분자가 되고, 반응성이 큰 할로젠 분자는 환원되어 음이온이 되는 산화 환원 반응이 일어난다.

예) 무색의 브로민화 칼륨(KBr) 수용액에 염소(Cl<sub>2</sub>)를 넣으면 브로민화 이온(Br<sup>-</sup>)은 전자를 잃고 산화되어 적갈색의 브로민(Br<sub>2</sub>)이 되고, 염소(Cl<sub>2</sub>)는 전자를 얻고 환원되어 염화 이온(Cl<sup>-</sup>)이 된다.



정답

1. 2  
2. 2, 1

### 3 산화수와 산화 환원

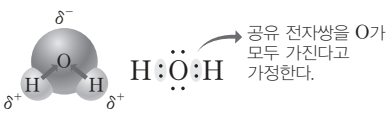
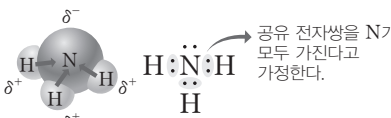
(1) **산화수** : 산화수는 물질을 구성하는 원자가 산화되거나 환원된 정도를 나타내기 위한 값으로, 산소가 관여하거나 전자의 이동이 분명한 반응에서부터 전자가 원자 사이에 공유되어 공유 결합 물질이 생성되는 반응에 이르기까지 여러 가지 산화 환원 반응을 모두 설명하기 위해 산화수를 사용한다.

① 이온 결합 물질에서의 산화수 : 양이온과 음이온이 결합된 이온 결합 물질에서 양이온은 원자가 전자를 잃고, 음이온은 원자가 전자를 얻어 형성된 것으로, 각 이온의 전하가 그 이온의 산화수이다.

예 NaCl :  $\text{Na}^+$ 과  $\text{Cl}^-$ 으로 이루어져 있다.  $\rightarrow$  Na의 산화수 : +1, Cl의 산화수 : -1

MgO :  $\text{Mg}^{2+}$ 과  $\text{O}^{2-}$ 으로 이루어져 있다.  $\rightarrow$  Mg의 산화수 : +2, O의 산화수 : -2

② 공유 결합 물질에서의 산화수 : 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 가진다고 가정할 때, 각 구성 원자의 전하가 그 원자의 산화수이다.

물( $\text{H}_2\text{O}$ )	암모니아( $\text{NH}_3$ )
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기 음성도 : <math>\text{O} &gt; \text{H}</math></li> <li>• H는 전자 1개를 잃었다고 가정하므로 전하가 +1이고, O는 2개의 H로부터 각각 전자 1개씩을 얻었다고 가정하므로 전하가 -2이다.</li> <li>• H의 산화수 : +1      • O의 산화수 : -2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기 음성도 : <math>\text{N} &gt; \text{H}</math></li> <li>• H는 전자 1개를 잃었다고 가정하므로 전하가 +1이고, N는 3개의 H로부터 각각 전자 1개씩을 얻었다고 가정하므로 전하가 -3이다.</li> <li>• H의 산화수 : +1      • N의 산화수 : -3</li> </ul>

#### 과학 돋보기 이온 결합 물질과 공유 결합 물질에서의 산화수

이온 결합 물질은 원자 사이에 전자가 이동하여 형성된 이온들이 정전기적 인력으로 결합하여 이루어진 것으로 이온 결합 물질에서 산화수는 이온의 전하와 같다. 하지만 원자 사이에 전자쌍을 공유하여 형성된 결합으로 이루어진 공유 결합 물질에서는 전자가 어느 한쪽으로 완전히 이동하지 않는다. 공유 결합 물질에서 산화수는 전기 음성도가 큰 원자로 공유 전자쌍이 완전히 이동한다고 가정할 때의 전하로 정의한다. 이처럼 산화수는 모든 물질에서 정의될 수 있으며, 어떤 물질에서 원자가 전자를 얻거나 잃은 정도를 나타내는 가상적인 전하라고 할 수 있다.

(2) **산화수 규칙** : 원자들의 전기 음성도를 토대로 산화수를 구할 수 있는데, 몇몇 원자들은 여러 화합물 내에서 일정한 산화수를 나타낸다. 이를 이용하여 산화수를 쉽게 구하기 위한 방법이 산화수 규칙이다.

#### 과학 돋보기 산화수 규칙

- ① 원소를 이루는 원자의 산화수는 0이다.  $\rightarrow$  Cu,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ 에서 Cu, H, O의 산화수는 모두 0
- ② 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같다.  $\rightarrow$   $\text{Cu}^{2+}$ 에서 Cu의 산화수는 +2,  $\text{Cl}^-$ 에서 Cl의 산화수는 -1
- ③ 화합물에서 각 원자의 산화수의 총합은 0이다.
  - $\rightarrow$   $\text{H}_2\text{O}$ 에서 (H의 산화수)  $\times 2 +$  (O의 산화수)  $\times 1 = (+1) \times 2 + (-2) \times 1 = 0$
- ④ 다원자 이온에서 각 원자의 산화수의 총합은 그 이온의 전하와 같다.
  - $\rightarrow$   $\text{SO}_4^{2-}$ 에서 (S의 산화수)  $\times 1 +$  (O의 산화수)  $\times 4 = (+6) \times 1 + (-2) \times 4 = -2$

#### 개념 체크

##### ● 산화수

물질을 구성하는 원자가 산화되거나 환원된 정도를 나타내는 값이다.

##### ● 산화수 규칙

산화수를 쉽게 구하기 위한 방법이다.

- i) 화합물에서 산화수의 총합은 0이다.
- ii) 다원자 이온에서 각 원자의 산화수의 총합은 그 이온의 전하와 같다.
- iii) 대부분의 화합물에서 H의 산화수는 +1이고, O의 산화수는 -2이다.

1. NaCl에서 Na의 산화수는 ( )이고, Cl의 산화수는 ( )이다.

2. 공유 결합 물질에서 산화수를 결정할 때 전기 음성도가 ( ) 원자가 공유 전자쌍을 모두 가진다고 가정한다.

3. 화합물을 이루는 각 원자의 산화수의 총합은 ( )이다.

4. 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 ( )와 같다.

#### 정답

1. +1, -1
2. 큰
3. 0
4. 전하

개념 체크

○ 산화수의 주기성

원자의 산화수는 원자가 전자 수와 관련되어 일정한 주기성을 나타낸다.

1. SO<sub>2</sub>에서 S의 산화수는 ( )이다.

2. 질소(N)가 가질 수 있는 산화수의 최댓값은 ( )이고, 최솟값은 ( )이다.

3. 화합물에서 F의 산화수는 항상 ( )이다.

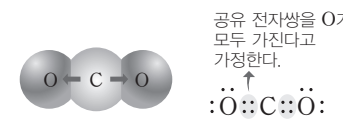
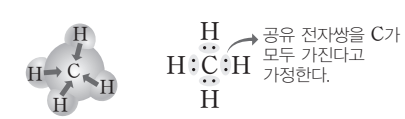
※ ○ 또는 ×

4. CO<sub>2</sub>와 CH<sub>4</sub>에서 C의 산화수는 같다. ( )

- ⑤ 화합물에서 1족 금속 원자의 산화수는 +1, 2족 금속 원자의 산화수는 +2이다.
  - 화합물에서 1족 금속 원자(Li, Na, K 등)의 산화수는 +1이고, 2족 금속 원자(Be, Mg, Ca 등)의 산화수는 +2이다.
- ⑥ 화합물에서 F의 산화수는 -1이다.
  - F은 전기 음성도가 가장 큰 원소이므로 화합물에서 항상 -1의 산화수를 가진다.
- ⑦ 화합물에서 H의 산화수는 +1이다(단, 금속의 수소 화합물에서는 -1이다).
  - H<sub>2</sub>O, HCl, CH<sub>4</sub> 등에서 H의 산화수는 +1 (단, 금속의 수소 화합물에서는 금속이 '+'의 산화수를 가지므로 NaH, MgH<sub>2</sub> 등에서 H의 산화수는 -1이다.)
- ⑧ 화합물에서 O의 산화수는 -2이다(단, 과산화물에서는 -1이며, 플루오린 화합물에서는 +2 또는 +1이다).
  - H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> 등에서 O의 산화수는 -2 (단, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>에서 H의 산화수가 +1이므로 O의 산화수는 -1, 전기 음성도가 F > O이므로 OF<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>F<sub>2</sub>에서 F의 산화수는 -1이고, O의 산화수는 각각 +2, +1이다.)

(3) 산화수의 주기성

- ① 화합물을 형성할 때 화합물을 이루고 있는 각 원자들은 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루려는 경향(옥텟 규칙)이 있다. 산화수는 원자가 전자를 잃거나 얻으려는 성질과 관련되어 있으므로 원자의 전자 배치와 관계있으며 주기성을 나타낸다.
- ② 어떤 원자에 결합된 상대 원자의 전기 음성도에 따라 그 원자가 전자를 잃거나 얻을 수 있기 때문에 같은 원자라도 화합물에 따라서 여러 가지 산화수를 가질 수 있다.

이산화 탄소(CO <sub>2</sub> )	메테인(CH <sub>4</sub> )
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기 음성도 : O &gt; C &gt; H</li> <li>• CO<sub>2</sub>에서 전자를 잃은 C의 산화수는 +4이고, CH<sub>4</sub>에서 전자를 얻은 C의 산화수는 -4이다.</li> <li>• 산화수 규칙에 따른 계산 : C의 산화수를 x라고 할 때                             <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span>CO<sub>2</sub> : x + (-2) × 2 = 0    x = +4</span> <span>CH<sub>4</sub> : x + (+1) × 4 = 0    x = -4</span> </div> </li> </ul>	

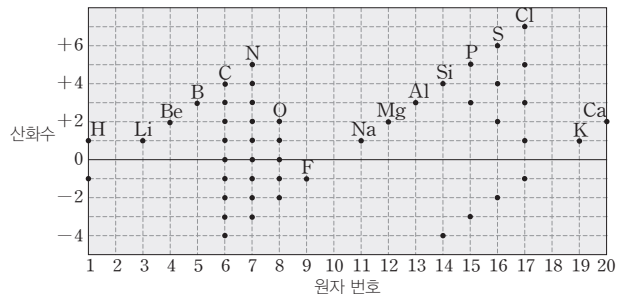
탐구자료 살펴보기 화합물에서 원자의 산화수

탐구 자료

원자 번호 1~20의 원자들이 화합물에서 가질 수 있는 산화수는 그림과 같다.

자료 해석

1. 화합물에서 1족, 2족 금속 원자의 산화수는 각각 +1, +2이고, F의 산화수는 -1이다.
2. 대부분의 원자들은 결합된 상대 원자에 따라 전자를 잃거나 얻을 수 있기 때문에 같은 원자라도 화합물에 따라서 여러 가지 산화수를 가질 수 있다.
3. 원자가 원자가 전자를 모두 잃을 때 가장 큰 산화수를 가지며, 비금속 원자가 전자를 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가질 때 가장 작은 산화수를 가진다.
  - 예 N의 가장 큰 산화수는 +5이고, 가장 작은 산화수는 -3이다.



분석 point

원자의 산화수는 원자가 전자 수와 관련되어 일정한 주기성을 나타낸다.

정답

- 1. +4
- 2. +5, -3
- 3. -1
- 4. ×



## 과학 돋보기 플루오린(F)과 산소(O)의 산화수

플루오린(F)은 전기 음성도가 가장 큰 원소로 원자가 전자 수가 7이므로 전자 1개를 얻어 전하 -1의 음이온이 되거나, 1개의 단일 결합을 형성하기 때문에 화합물에서 항상 -1의 산화수를 가진다.

산소(O)는 전기 음성도가 F 다음으로 큰 원소로, 금속 원소가 O와 결합하면 금속 원소는 전자를 잃고 양이온이 되고, F 이외의 비금속 원소가 O와 공유 결합을 하면 O에 결합된 비금속 원소는 부분적인 양전하를 띠게 되어 이들 화합물에서 O는 음의 산화수를 가진다. O는 F과의 화합물에서만 양의 산화수를 가지는데,  $OF_2$ 에서 O의 산화수는 +2,  $O_2F_2$ 에서 O의 산화수는 +1이다.

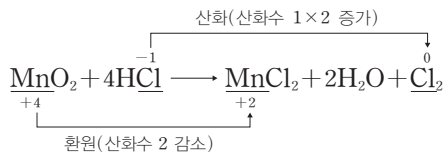


## 개념 체크

- 산화  
산화수가 증가하는 반응
- 환원  
산화수가 감소하는 반응
- 산화 환원의 동시성  
한 원자의 산화수가 증가하면 다른 원자의 산화수가 감소하므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

### (4) 산화수와 산화 환원

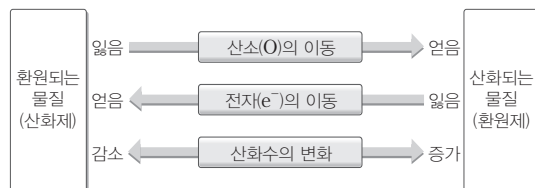
- ① 산화 : 산화수가 증가하는 반응이다. → 원자가 전자를 잃으면 산화수는 ‘+’값이 되므로 산화수가 증가하는 것은 전자를 잃는 것과 같아서 산화에 해당한다.
- ② 환원 : 산화수가 감소하는 반응이다. → 원자가 전자를 얻으면 산화수는 ‘-’값이 되므로 산화수가 감소하는 것은 전자를 얻는 것과 같아서 환원에 해당한다.
- ③ 산화 환원의 동시성
  - 산화 환원 반응에서 한 원자의 산화수가 증가하면 다른 원자의 산화수가 감소하므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.
  - 산화되는 물질에서 증가한 산화수의 합은 환원되는 물질에서 감소한 산화수의 합과 같다.



- ④ 산화 환원 반응 여부의 판단 : 화학 반응 전과 후에 산화수가 변하는 원자가 있으면 산화 환원 반응이고, 산화수가 변하는 원자가 없으면 산화 환원 반응이 아니다.

## 과학 돋보기 산화 환원 정의들 사이의 관계

- 산화 환원 반응은 처음에는 산소를 얻는 반응과 잃는 반응으로 나타내었는데, 보다 넓은 의미로 전자의 이동으로 나타내게 되었고, 이를 보다 편리하게 구분하기 위해 산화수 개념을 사용하게 되었다.



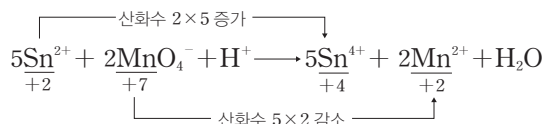
- 산소는 전기 음성도가 크기 때문에 어떤 원소가 산소와 결합하면 대부분 산소에게 전자를 잃고 산화수가 증가한다. 따라서 산소를 얻는 것과 전자를 잃는 것, 산화수가 증가하는 것은 같은 의미를 갖는다. 하지만 플루오린(F)은 전기 음성도가 산소보다 크기 때문에 플루오린이 산소와 결합하면 플루오린은 산화수가 감소하며 환원된다.

정답

1. +2
2. 산화, 환원



[3단계] 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 계수를 맞춘다.



[4단계] 산화수의 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞추어 산화 환원 반응식을 완성한다.



#### (4) 산화 환원 반응의 양적 관계

화학 반응식에서 계수비는 반응 몰비이므로 산화 환원 반응식을 완성하면 반응하는 산화제와 환원제의 양적 관계를 구할 수 있다.

예 산화 철( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )과 일산화 탄소( $\text{CO}$ )가 반응하여 철과 이산화 탄소가 생성되는 반응의 완성된 화학 반응식은  $\text{Fe}_2\text{O}_3(s) + 3\text{CO}(g) \longrightarrow 2\text{Fe}(s) + 3\text{CO}_2(g)$ 로, 산화제인  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 과 환원제인  $\text{CO}$ 가 1 : 3의 몰비로 반응하므로  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1 mol이 환원될 때  $\text{CO}$  3 mol이 산화된다.

#### 개념 체크

● 산화 환원 반응의 양적 관계  
완성된 산화 환원 반응식에서 산화제와 환원제의 계수가 각각  $a$ ,  $b$ 라면 반응하는 물질의 반응 몰비는 산화제 : 환원제 =  $a$  :  $b$ 이다.

1.  $\text{Fe}_2\text{O}_3(s) + 3\text{CO}(g) \longrightarrow 2\text{Fe}(s) + 3\text{CO}_2(g)$   
반응에서 환원제는 ( )  
이며,  $\text{Fe}$  1 mol이 얻어질 때 반응한 환원제는 ( ) mol이다.

2.  $3\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{Al} \longrightarrow 6\text{Ag} + \text{Al}_2\text{S}_3$  반응에서  $\text{Ag}_2\text{S}$  1.5 mol이 환원될 때  $\text{Al}$  ( ) mol이 반응하며, 이 때  $\text{Ag}$  ( ) mol이 생성된다.

#### 탐구자료 살펴보기 황화 은( $\text{Ag}_2\text{S}$ )과 알루미늄( $\text{Al}$ )의 반응

##### 실험 과정 및 결과

- (가) 비커에 소금물을 넣고 바닥에 알루미늄 포일을 깐다.  
(나) 검게 녹은 은 숟가락을 알루미늄 포일에 올려놓고 가열한다.  
⇒ 은 숟가락의 검은 녹이 사라지고 원래의 은색으로 되돌아왔다.



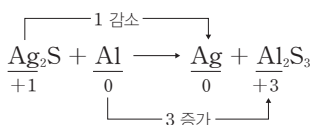
##### 분석 point

- 은 숟가락의 검은 녹은 황화 은( $\text{Ag}_2\text{S}$ )이며, 알루미늄( $\text{Al}$ )과 반응하여 은( $\text{Ag}$ )으로 환원되므로  $\text{Al}$ 은 환원제이고  $\text{Ag}_2\text{S}$ 은 산화제이다.
- 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

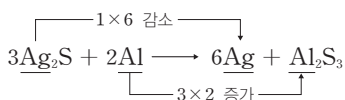
[1단계] 각 원자의 산화수를 구한다.



[2단계] 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.



[3단계] 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 계수를 맞춘다.



- 완성된 산화 환원 반응식에서  $\text{Ag}_2\text{S}$ 과  $\text{Al}$ 의 계수가 각각 3과 2이므로 산화제인  $\text{Ag}_2\text{S}$ 과 환원제인  $\text{Al}$ 은 3 : 2의 몰비로 반응한다.

정답

- $\text{CO}$ , 1.5
- 1, 3

개념 체크

발열 반응

열을 방출하는 반응

흡열 반응

열을 흡수하는 반응

- ( ) 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
- 흡열 반응의 경우 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 ( )다.
- 흡열 반응이 일어나면 주위의 온도는 ( )아진다.

5 화학 반응에서 출입하는 열

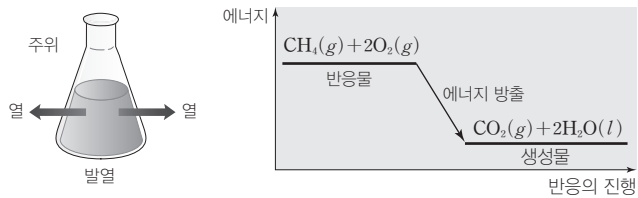
(1) 화학 반응과 열의 출입

화학 반응에서 반응물과 생성물이 가지고 있는 에너지가 다르기 때문에 화학 반응이 일어날 때 열의 출입이 있게 된다.

(2) 발열 반응과 흡열 반응

① 발열 반응

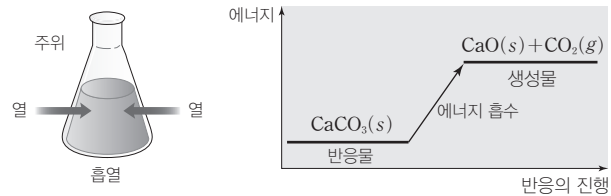
- 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
- 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 반응하면서 열을 방출한다.
- 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.



예 메테인(CH<sub>4</sub>)이 완전 연소되면 이산화 탄소와 물이 생성되는데, 이 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

② 흡열 반응

- 화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응이다.
- 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크므로 반응하면서 열을 흡수한다.
- 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다.



예 탄산 칼슘(CaCO<sub>3</sub>)을 가열하면 분해되어 이산화 탄소가 발생하는데, 이 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

③ 여러 가지 발열 반응과 흡열 반응

발열 반응	<ul style="list-style-type: none"> <li>수증기의 액화, 물의 응고와 같은 상태 변화가 일어날 때 열이 방출된다.</li> <li>휘발유나 천연가스 등의 연료가 연소될 때 많은 열이 발생한다.</li> <li>손난로 속에서 철가루가 산화되면서 열을 방출하여 따뜻해진다.</li> </ul>
흡열 반응	<ul style="list-style-type: none"> <li>물의 기화, 얼음의 용해와 같은 상태 변화가 일어날 때 열이 흡수된다.</li> <li>식물이 빛을 받으면 광합성을 하여 양분을 만드는데, 광합성은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이다.</li> <li>냉각 팩 속 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수하여 팩이 시원해진다.</li> </ul>

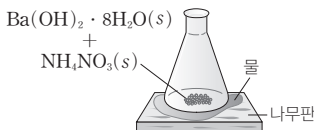
정답

- 발열
- 크
- 낮

## 탐구자료 살펴보기 화학 반응에서 출입하는 열

### 실험 과정

- (가) 나무판의 중앙에 물을 조금 떨어뜨리고, 수산화 바륨 팔수화물 ( $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(s)$ )이 담긴 삼각 플라스크를 올려놓는다.  
 (나) (가)의 삼각 플라스크에 질산 암모늄( $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ )을 넣고 유리 막대로 잘 저어 녹인 다음, 몇 분 뒤 삼각 플라스크를 들어 올린다.



### 실험 결과

나무판 위의 물이 얼면서 나무판이 삼각 플라스크에 달라붙어 삼각 플라스크를 들어 올릴 때 나무판이 함께 들어 올려졌다.

### 분석 point

- $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 과  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 이 반응하면서 나무판 위의 물로부터 열을 빼앗아 물이 얼게 된다.
- $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 과  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 의 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

## 개념 체크

### ● 물의 응고와 열의 출입

물질의 에너지는 물이 얼음보다 크므로  $\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(s)$  반응이 일어날 때 열을 방출한다.

- 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응이 일어날 때 주위로부터 열을 ( )한다.
- 물이 얼음으로 응고되는 과정은 ( ) 반응이다.

## 과학 돋보기 화학 반응에서 출입하는 열의 측정

### [열량과 비열]

어떤 물질이 방출하거나 흡수하는 열량은 그 물질의 비열에 질량과 온도 변화를 곱하여 구할 수 있다.

- 열량 : 물질이 방출하거나 흡수하는 열에너지의 양
- 비열 : 물질 1 g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량으로 단위는  $\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 이다.

$$\text{열량}(Q) = \text{비열}(c) \times \text{질량}(m) \times \text{온도 변화}(\Delta t)$$

### [화학 반응에서 열의 출입 측정하기]

#### 실험 과정

- (가) 전자저울로 과자의 질량을 측정 후 증발 접시에 담는다.  
 (나) 둥근바닥 플라스크에 물 100 mL를 넣고 스탠드에 고정 후 물의 온도를 측정한다.  
 (다) 과자에 불을 붙인 후 둥근바닥 플라스크의 물을 가열한다.  
 (라) 과자를 연소시킨 후 둥근바닥 플라스크 속 물의 온도를 측정한다.  
 (마) 전자저울로 타고 남은 과자의 질량을 측정한다.

#### 실험 결과

과정	(가)	(나)	(라)	(마)
측정 내용	과자의 처음 질량	물의 처음 온도	물의 나중 온도	과자의 나중 질량
측정값	$w_1 \text{ g}$	$t_1 ^\circ\text{C}$	$t_2 ^\circ\text{C}$	$w_2 \text{ g}$



#### 분석 point

- 연소된 과자의 질량은  $(w_1 - w_2) \text{ g}$ 이고, 물의 온도 변화는  $(t_2 - t_1) ^\circ\text{C}$ 이다.
- 물의 밀도와 비열을 각각  $1 \text{ g/mL}$ ,  $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 로 두면 물이 얻은 열량은  $Q = c_{\text{물}} \times m_{\text{물}} \times \Delta t_{\text{물}} = 4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 100 \text{ g} \times (t_2 - t_1) ^\circ\text{C} = 420(t_2 - t_1) \text{ J}$ 이다.
- 과자가 연소될 때 방출한 열을 물이 모두 흡수한다고 가정하면 과자 1 g의 연소 과정에서 방출하는 열량은  $\frac{420(t_2 - t_1)}{w_1 - w_2} \text{ J/g}$ 이다.

#### 정답

- 흡수
- 발열

개념 체크

● 화학 반응에서 출입하는 열의 양은 열량계를 사용하여 측정할 수 있다.

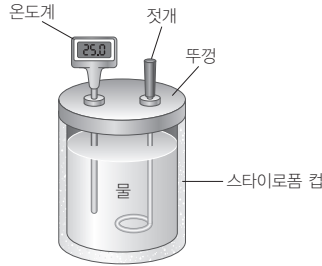
1. 25°C의 물이 들어 있는 간이 열량계에 25°C의 고체 A를 넣어 녹였더니 용액의 온도가 25°C보다 낮아졌다면 고체 A의 용해 반응은 ( ) 반응이다.

※ ○ 또는 ×

2. 스타이로폼 컵을 이용한 간이 열량계에서 스타이로폼 컵은 열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 사용한다. ( )

(3) 열량계를 이용한 열의 측정

① 화학 반응에서 출입하는 열의 양은 열량계를 사용하여 측정할 수 있다.



② 열량계와 외부 사이에 열의 출입이 없다고 가정하고 열량계 자체가 흡수하는 열을 무시하면 화학 반응에서 발생한 열량은 열량계 속 용액이 얻은 열량과 같다.

$$\text{화학 반응에서 발생한 열량}(Q) = \text{열량계 속 용액이 얻은 열량}(Q)$$

탐구자료 살펴보기 열량계를 이용한 열의 측정

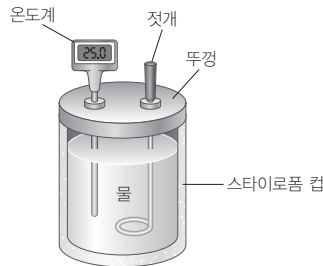
실험 과정

[실험 I]

- (가) 간이 열량계에 물 100 g을 넣고 온도( $t_1$ )를 측정한다.
- (나) 열량계에  $\text{CaCl}_2(s)$  5 g을 넣어 녹일 때 최고 온도( $t_2$ )를 측정한다.

[실험 II]

- (가) 간이 열량계에 물 100 g을 넣고 온도( $t_3$ )를 측정한다.
- (나) 열량계에  $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$  5 g을 넣어 녹일 때 최저 온도( $t_4$ )를 측정한다.



실험 결과

[실험 I]		[실험 II]	
$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
25°C	31°C	25°C	21°C

분석 point

실험 I에서 용액의 온도가 높아졌으므로  $\text{CaCl}_2(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이고, 실험 II에서 용액의 온도가 낮아졌으므로  $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다.

정답

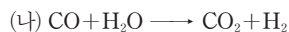
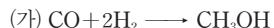
- 1. 흡열
- 2. ○

## 기출문제 다시보기

## 산화 환원 반응

2022학년도 대학수학능력시험

다음은 산화 환원 반응 (가)~(다)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 CO는 환원된다.

ㄴ. (나)에서 CO는 산화제이다.

ㄷ. (다)에서  $a+b+c=4$ 이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**해설** ㄱ. 일반적으로 화합물에서 H의 산화수는 +1, O의 산화수는 -2이므로  $CH_3OH$ 에서 C의 산화수는 -2이다. 따라서 (가)에서 C의 산화수는 +2에서 -2로 감소하므로 CO는 환원된다. ㄴ. (나)에서 C의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 산화된다. 따라서 (나)에서 CO는 환원제이다. ㄷ. (다)에서 Mn의 산화수는 +7에서 +4로 감소하고, S의 산화수는 +4에서 +6으로 증가한다. 감소한 총 산화수와 증가한 총 산화수는 같아야 하므로  $a=2$ ,  $b=3$ 이고 산화수가 변하지 않는 원자의 수를 맞추면  $c=2$ 이다. 따라서  $a+b+c=7$ 이다.



답 ①

## 기출문제 다시보기

## 발열 반응

2022학년도 6월 모의평가

다음은 학생 A가 가설을 세우고 수행한 탐구 활동이다.

[가설]

○

㉠

[탐구 과정 및 결과]

○ 25°C의 물 100 g이 담긴 열량계에 25°C의 수산화 나트륨( $NaOH(s)$ ) 4 g을 넣어 녹인 후 수용액의 최고 온도를 측정하였다.

○ 수용액의 최고 온도 : 35°C

[결론]

○ 가설은 옳다.

학생 A의 결론이 타당할 때, 다음 중 ㉠으로 가장 적절한 것은? (단, 열량계의 외부 온도는 25°C로 일정하다.)

- ① 수산화 나트륨( $NaOH$ )이 물에 녹는 반응은 가역 반응이다.
- ② 수산화 나트륨( $NaOH$ )이 물에 녹는 반응은 발열 반응이다.
- ③ 수산화 나트륨( $NaOH$ )을 물에 녹인 수용액은 산성을 띤다.
- ④ 수산화 나트륨( $NaOH$ )이 물에 녹는 반응은 산화 환원 반응이다.
- ⑤ 수산화 나트륨( $NaOH$ )을 물에 녹인 수용액은 전기 전도성이 있다.

**해설**  $NaOH(s)$ 을 물에 녹였을 때 열이 발생하여 수용액의 온도가 높아졌으므로,  $NaOH(s)$ 이 물에 녹는 반응은 발열 반응이다. 따라서 탐구 과정 및 결과를 통해 '가설은 옳다.'고 결론을 맺었고, 이 결론이 타당하므로 학생 A가 세운 가설은 '수산화 나트륨( $NaOH$ )이 물에 녹는 반응은 발열 반응이다.'이다.

답 ②

01 [22024-0237] 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

- (가)  $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{S} + 2\text{HCl}$   
 (나)  $\text{CuO} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$   
 (다)  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)와 (나)에서 H의 산화수는 모두 증가한다.  
 ㄴ. (가)~(다)의 물질 중 산화수가 가장 큰 원자를 포함하는 것은  $\text{CO}_2$ 이다.  
 ㄷ. 산화제 1 mol이 반응할 때 생성되는  $\text{H}_2\text{O}$ 의 양(mol)은 (다)에서가 (나)에서의 2배이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22024-0238] 다음은 금속 A와 B를 이용한 산화 환원 반응 실험이다.

[실험 과정]

- (가) A(s) 0.1 mol을  $\text{HCl}(aq)$ 에 넣는다.  
 (나) A(s) 0.1 mol을  $\text{AgNO}_3(aq)$ 에 넣는다.  
 (다) B(s) 0.1 mol을  $\text{HCl}(aq)$ 에 넣는다.  
 (라) B(s) 0.1 mol을  $\text{AgNO}_3(aq)$ 에 넣는다.

[실험 결과]

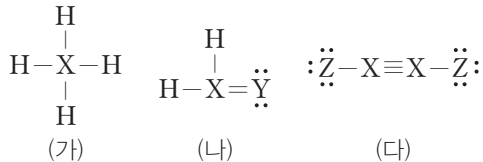
- (가)에서  $\text{H}_2(g)$ 가 발생하였고, (다)에서 반응이 일어나지 않았다.  
 ○ (나)에서 A는 모두 반응하였고,  $\text{Ag}(s)$ 과  $\text{A}^{3+}$ 이 생성되었다.  
 ○ (라)에서 B는 모두 반응하였고,  $\text{Ag}(s)$ 과  $\text{B}^{2+}$ 이 생성되었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. (가)와 (나)에서 A의 산화수는 모두 증가한다.  
 ㄴ. (나)와 (라)에서 생성된  $\text{Ag}(s)$ 의 양(mol)은 같다.  
 ㄷ. (가)와 (다)에서  $\text{HCl}(aq)$ 은 모두 산화제이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

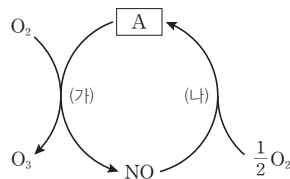
03 [22024-0239] 그림은 2주기 원소 X~Z가 포함된 분자 (가)~(다)의 루이스 구조식을 나타낸 것이다. (가)~(다)에서 X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, 전기 음성도는  $\text{X} > \text{H}$ 이다.



(가)~(다)에서 X의 산화수로 옳은 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- |   | (가) | (나) | (다) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | -4  | -4  | -1  |
| ② | -4  | 0   | +1  |
| ③ | -4  | 0   | +2  |
| ④ | +4  | -2  | +1  |
| ⑤ | +4  | 0   | +2  |

04 [22024-0240] 그림은 질소 산화물 A와 관련된 반응 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



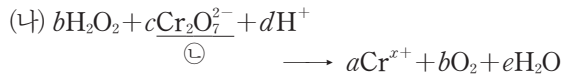
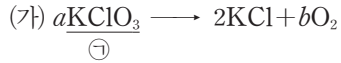
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는  $\text{NO}_2$ 이다.  
 ㄴ. (가)에서 N의 산화수는 감소한다.  
 ㄷ. (나)에서  $\text{O}_2$ 는 환원제이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



**05** [2024-0241] 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.  $a \sim e$ 는 반응 계수이다.



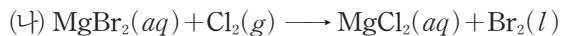
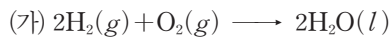
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠에서 Cl와 ㉡에서 Cr의 산화수 차는 1이다.
- ㄴ.  $x=3$ 이다.
- ㄷ. (나)에서  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 은 환원제로 작용한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** [2024-0242] 다음은 산화 환원 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

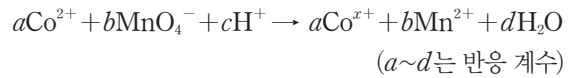
보기

- ㄱ. (가)에서 O의 산화수는 감소한다.
- ㄴ. (나)에서  $\text{MgBr}_2$ 은 산화제이다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 환원제 1 mol이 반응할 때 생성되는 액체의 양(mol)은 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [2024-0243] 다음은 어떤 산화 환원 반응에 대한 자료이다.

○ 화학 반응식



○  $\text{Co}^{2+}$  1 mol이 반응할 때 생성되는  $\text{H}_2\text{O}$ 의 양 : 0.8 mol

$\frac{b}{a} \times x$ 는?

- ①  $\frac{3}{5}$                       ②  $\frac{3}{4}$                       ③ 1
- ④  $\frac{3}{2}$                       ⑤  $\frac{12}{5}$

**08** [2024-0244] 다음은 물질 X에 대한 자료이다.

X는 ㉠ 연소될 때 많은 열이 발생하고 오염 물질이 생성되지 않는 청정 연료이며, 물을 전기 분해하여 얻을 수 있으므로 풍부한 자원이다. 그러나 X는 끓는점이 낮아 액체 상태로 저장하면 ㉡ 기화되기 쉬워 폭발할 위험성이 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 수소( $\text{H}_2$ )이다.
- ㄴ. ㉠이 일어나는 과정은 발열 반응이다.
- ㄷ. ㉡이 일어나는 과정에서 열을 흡수한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22024-0245] 다음은 우리 주변에서 일어나는 3가지 현상과 화학 반응식이다.

- (가) 광합성 :  $6\text{CO}_2(g) + 6\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s) + 6\text{O}_2(g)$   
 (나) 물의 응고 :  $\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(s)$   
 (다)  $\text{CH}_4$ 의 연소 :  $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$

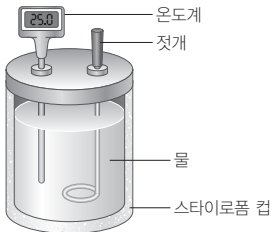
(가)~(다) 중 산화 환원 반응이면서 발열 반응인 것만을 있는 대로 고른 것은?

- ① (가)    ② (나)    ③ (다)    ④ (가), (나)    ⑤ (나), (다)

10 [22024-0246] 다음은 중화 반응 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 25°C 물 100 g이 들어 있는 간이 열량계에 25°C의  $\text{NaOH}(s)$  0.4 g을 넣어 용해시킨 후 최고 온도( $t_1$ )를 측정한다.



(나) (가)의 스타이로폼 컵에 25°C의 0.5 M  $\text{HCl}(aq)$  10 mL를 넣어 반응시킨 후 최고 온도( $t_2$ )를 측정한다.

[실험 결과]

○  $25^\circ\text{C} < t_1 < t_2$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $\text{NaOH}$ 의 화학식량은 40이고, 외부 온도는 25°C로 일정하다.)

- 보기  
 가. (나)에서 생성된 물의 양은 0.005 mol이다.  
 나.  $\text{NaOH}(s)$ 은 물에 용해될 때 열을 방출한다.  
 다.  $\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$  반응은 발열 반응이다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

11 [22024-0247] 다음은 실생활과 관련된 현상이다.

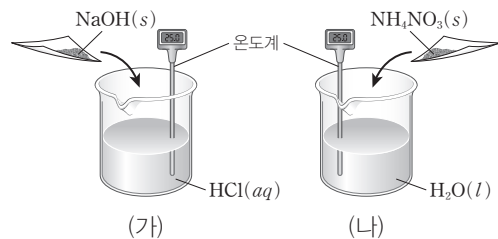


㉠~㉢에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기  
 가. 산화 환원 반응은 1가지이다.  
 나. ㉡은 발열 반응이다.  
 다. ㉠과 ㉢이 일어날 때 열을 흡수한다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

12 [22024-0248] 그림 (가)는 25°C의  $\text{HCl}(aq)$ 에 25°C의  $\text{NaOH}(s)$ 을 넣은 것을, (나)는 25°C의 물에 25°C의  $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 을 넣어 용해시킨 것을 나타낸 것이다. 수용액의 온도는 (가)에서 25°C보다 높아졌고, (나)에서 25°C보다 낮아졌다.

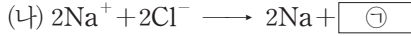
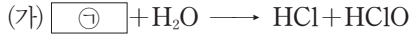


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 외부 온도는 25°C로 일정하다.)

- 보기  
 가. (가)에서 일어나는 반응은 산화 환원 반응이다.  
 나. (나)에서 반응이 일어날 때 열을 흡수한다.  
 다. (가)와 (나)에서 수용액의 온도 변화로 반응에서의 열의 출입을 알 수 있다.

- ① 가    ② 나    ③ 다    ④ 가, 나    ⑤ 나, 다

01 [22024-0249] 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은  $\text{Cl}_2$ 이다.

ㄴ. (가)에서  $\text{H}_2\text{O}$ 은 환원제이다.

ㄷ. (나)와 (다)에서 산화제 1 mol이 반응할 때 생성되는 생성물의 총 양(mol)은 같다.

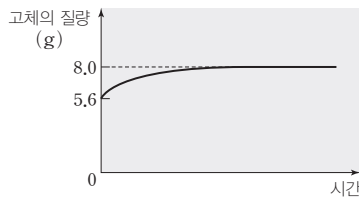
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

대부분의 화합물에서 산소(O)의 산화수는 -2이지만  $\text{H}_2\text{O}_2$ 에서 O의 산화수는 -1이다.

02 [22024-0250] 다음은 철과 산소가 반응하여 산화 철을 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 용기에  $\text{Fe}(s)$  5.6 g과 충분한 양의  $\text{O}_2(g)$ 를 넣고 반응시킬 때, 용기 속 고체의 질량을 시간에 따라 나타낸 것이다. 용기 속  $\text{Fe}(s)$ 은 모두  $\text{Fe}_2\text{O}_x(s)$ 로 산화된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, O, Fe의 원자량은 각각 16, 56이다.)

보기

ㄱ.  $x=3$ 이다.

ㄴ. 이 반응에서 Fe의 산화수는 증가한다.

ㄷ. 반응이 완결되었을 때 반응한 산화제의 양은 0.15 mol이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

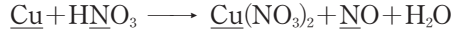
철을 공기 중에 놓아두면 철이 산소와 반응하여 산화되므로 철은 환원제, 산소는 산화제이다.

산화 반응과 환원 반응은 항상 동시에 일어나므로 산화 환원 반응이 일어날 때 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같다.

같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도는 증가한다. 따라서 전기 음성도는  $Y > Z > X$ 이다.

03 [22024-0251] 다음은 완성되지 않은 산화 환원 반응식을 완성하는 과정이다.  $a, b$ 는 반응 계수이다.

○ 완성되지 않은 산화 환원 반응식



(가) 위 반응에서 밑줄 친 원자의 산화수 변화를 구한다.

Cu :  $x$  증가, N :  $y$  감소

(나) 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 계수를 맞춘다.

(다) 산화수 변화가 없는 원소의 원자 수가 같도록 계수를 맞추어 화학 반응식을 완성한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

□ 보기 □

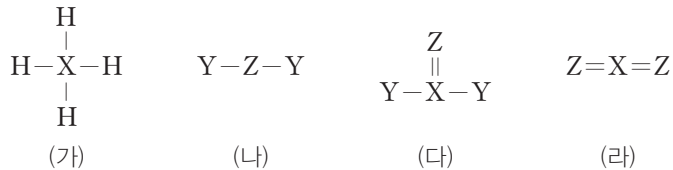
ㄱ.  $x=y$ 이다.

ㄴ.  $b=4$ 이다.

ㄷ. (다)에서  $\text{HNO}_3$  1 mol이 반응할 때 NO 0.25 mol이 생성된다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22024-0252] 그림은 2주기 원소 X~Z가 포함된 분자 (가)~(라)의 구조식을 나타낸 것이다. (가)~(라)에서 X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하며, 전기 음성도는  $X > \text{H}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

□ 보기 □

ㄱ. (나)에서 Y의 산화수는 +1이다.

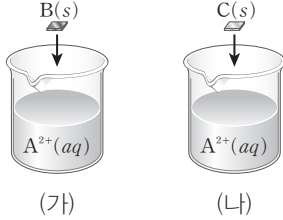
ㄴ. Z의 산화수는 (나)에서가 (라)에서보다 크다.

ㄷ. 반응  $\text{XH}_4 + 2\text{Z}_2 \longrightarrow \text{XZ}_2 + 2\text{H}_2\text{Z}$ 에서 X의 산화수는 8만큼 증가한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22024-0253]

그림은  $x \text{ M A}^{2+}(\text{aq})$  30 mL가 들어 있는 비커(가)와(나)에 금속 B(s)와 C(s)를 각각 넣는 모습을 나타낸 것이고, 표는(가)와(나)에서 반응을 완결시켰을 때 비커에 들어 있는 이온에 대한 자료이다.



	(가)	(나)
양이온의 종류	$\text{B}^+$	$\text{C}^{3+}$
양이온의 양(mol)	$y$	$z$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A ~ C는 임의의 원소 기호이고, 물과 음이온은 반응하지 않는다.)

보기

- ㄱ. (가)에서 반응이 일어날 때  $\text{A}^{2+}$ 은 산화제이다.
- ㄴ. (나)에서 반응이 일어날 때 증가한 산화수의 합은 감소한 산화수의 합보다 크다.
- ㄷ.  $y+z=0.1x$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22024-0254]

다음은 학생 A가 가설을 세우고 수행한 탐구 활동이다.

[가설]

- 금속과 산소( $\text{O}_2$ )의 반응에서                                  ㉠.

[탐구 과정]

- (가)  $\text{Mg}(s)$  연소 반응을 화학 반응식으로 나타내고, Mg의 산화수 변화를 구한다.
- (나)  $\text{Zn}(s)$  연소 반응을 화학 반응식으로 나타내고, Zn의 산화수 변화를 구한다.

[탐구 결과]

과정	화학 반응식
(가)	$2\text{Mg}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{MgO}(s)$
(나)	$2\text{Zn}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{ZnO}(s)$

- (가)와 (나)에서 Mg과 Zn의 산화수는 모두 증가한다.

[결론]

- 가설은 옳다.

학생 A의 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ‘금속의 산화수는 증가한다.’는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. (가)에서 산화제는  $\text{O}_2(g)$ 이다.
- ㄷ. (나)에서  $\text{ZnO}$  1 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

금속과 금속 이온의 반응에서 용액 속 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량은 같으므로 반응이 일어날 때 증가한 산화수의 합은 감소한 산화수의 합과 같다.

Mg의 연소 반응에서 Mg이 전자를 잃고  $\text{Mg}^{2+}$ 이 될 때 Mg의 산화수는 0에서 +2로 증가한다.

중화 반응이 일어날 때 열을 방출하므로 수용액의 온도는 높아진다.

액체 질소가 기화될 때 열을 흡수하므로 공기 중 수증기는 얼음으로 승화되고, 공기 중 산소는 액체로 액화된다.

07 [22024-0255] 다음은  $\text{NaOH}(s)$ 과  $\text{HCl}(aq)$ 을 이용한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 열량계에  $25^\circ\text{C}$ 의 물 100 mL를 넣는다.
- (나) (가)의 열량계에  $25^\circ\text{C}$ 의  $\text{NaOH}(s)$  0.4 g을 용해시킨 후 최고 온도를 측정한다.
- (다) (나)의 열량계에  $25^\circ\text{C}$ 의 0.2 M  $\text{HCl}(aq)$  100 mL를 넣은 후 최고 온도를 측정한다.

[실험 결과]

과정	(나)	(다)
혼합 용액의 최고 온도( $^\circ\text{C}$ )	27	29

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $\text{NaOH}$ 의 화학식량은 40이고, 열량계의 외부 온도는  $25^\circ\text{C}$ 로 일정하며,  $\text{HCl}(aq)$ 이 희석될 때의 열 출입과 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

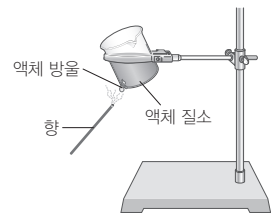
- ㄱ.  $\text{NaOH}(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.
- ㄴ. (다)에서 생성된  $\text{H}_2\text{O}$ 의 양은 0.015 mol이다.
- ㄷ. (다)의 열량계에  $25^\circ\text{C}$ 의 0.2 M  $\text{HCl}(aq)$  50 mL를 추가로 넣은 용액의 최고 온도는  $29^\circ\text{C}$ 보다 높다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22024-0256] 다음은 액체 질소를 이용한 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

- (가) 그림과 같이 비커에 액체 질소를 넣었더니, ㉠ 액체 질소는 기체 질소가 되었고, 공기 중 ㉡ 수증기가 얼음이 되어 비커 바깥벽에 달라붙었다.
- (나) (가)의 비커 바깥쪽 바닥에 모인 액체 방울에 꺼져가는 향을 가져가 대었더니, ㉢ 향이 연소되며 불이 되살아났다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

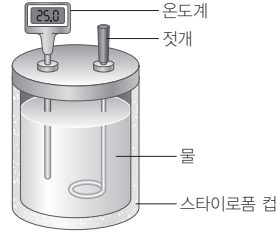
- ㄱ. ㉠과 ㉡은 모두 상변화이다.
- ㄴ. ㉠과 ㉢은 모두 산화 환원 반응이다.
- ㄷ. ㉡과 ㉢은 모두 발열 반응이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

**09** [2024-0257] 다음은 2가지 물질의 용해 실험이다.

**[실험 과정]**

- (가) 그림과 같은 열량계에 25°C의 물 100 g을 넣는다.
- (나) (가)의 열량계에 25°C의 X(s) w g을 넣고 모두 용해시킨 후 최종 온도를 측정한다.
- (다) 25°C의 Y(s) w g을 이용하여 (가)와 (나)를 수행한다.
- (라) 25°C의 Y(s) 2w g을 이용하여 (가)와 (나)를 수행한다.



**[실험 결과]**

과정	(나)	(다)	(라)
최종 온도(°C)	28	22	t

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열량계의 외부 온도는 25°C로 일정하다.)

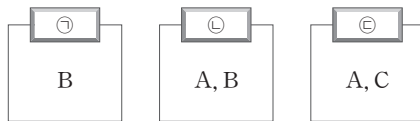
**보기**

- ㄱ.  $t < 22$ 이다.
- ㄴ. X(s)가 물에 녹는 반응은 발열 반응이다.
- ㄷ. 열량계 내부의 온도 변화로 반응에서의 열의 출입을 알 수 있다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

물질을 용해시킬 때 방출하는 열량은 용액이 흡수하는 열량과 같다.

**10** [2024-0258] 그림은 반응 A~C 중 분류 기준 ㉠~㉣에 해당하는 것만을, 표는 분류 기준 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다. A~C는 각각 CH<sub>4</sub>(g)의 연소, H<sub>2</sub>O(l)의 응고, 광합성 중 하나이다.



분류 기준 ㉠~㉣
• 산화 환원 반응이다.
• 발열 반응이다.
• 흡열 반응이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. B는 '광합성'이다.
- ㄴ. ㉡은 '산화 환원 반응이다.'이다.
- ㄷ. 중화 반응은 ㉢에 해당한다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

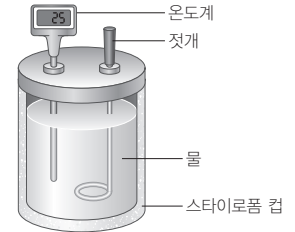
CH<sub>4</sub>(g)의 연소와 광합성은 모두 산화 환원 반응이다.

물질을 물에 용해시킬 때 열을 흡수하면 수용액의 온도는 낮아지며, 용해되는 물질의 질량이 클수록 열을 많이 흡수하므로 수용액의 온도는 더 낮아진다.

11 [22024-0259] 다음은 X(s)를 이용한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 스타이로폼 컵에 25°C의 물 100 g을 넣는다.
- (나) (가)의 스타이로폼 컵에 25°C의 X(s) 20 g을 넣고 저어 준 후 온도( $t_1$ °C)를 측정한다.
- (다) (나)의 스타이로폼 컵에  $t_1$ °C의 X(s) 20 g을 넣고 저어 준 후 온도( $t_2$ °C)를 측정한다.



[실험 결과]

- (나)에서 X(s)는 모두 녹았고, (다)에서 X(s)의 일부가 녹지 않고 남았다.
- (나)와 (다)에서 측정된 수용액의 온도는 모두 25°C보다 낮았다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 스타이로폼 컵의 열 손실은 없다.)

보기

- ㄱ. (다) 과정 후 X(s)와 X(aq)은 동적 평형을 이루고 있다.
- ㄴ. X(s)가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.
- ㄷ.  $t_1 > t_2$  이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

I은 물의 기화, II는 물의 분해, III은 탄소의 연소 반응이며, 이 중 II와 III은 산화 환원 반응이다.

12 [22024-0260] 다음은 3가지 반응 I ~ III을 3가지 기준에 따라 분류한 자료이다.

○ 화학 반응식

반응	화학 반응식
I	$\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$
II	$2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$
III	$\text{C}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g)$

○ 3가지 반응의 분류

분류 기준	예	아니요
흡열 반응인가?	I, II	III
(가)	II, III	I
(나)	I	II, III

다음 중 (가), (나)로 가장 적절한 것은?

- |               |             |
|---------------|-------------|
| (가)           | (나)         |
| ① 산화 환원 반응인가? | 상변화인가?      |
| ② 산화 환원 반응인가? | 발열 반응인가?    |
| ③ 발열 반응인가?    | 산화 환원 반응인가? |
| ④ 연소 반응인가?    | 발열 반응인가?    |
| ⑤ 연소 반응인가?    | 상변화인가?      |