

수능특강

과학탐구영역 | 화학I

I 화학의 첫걸음

01	우리 생활 속의 화학	6
02	화학식량과 몰	19
03	화학 반응식과 용액의 농도	35

II 원자의 세계

04	원자의 구조	54
05	현대적 원자 모형과 전자 배치	66
06	원소의 주기적 성질	83

III 화학 결합과 분자의 세계

07	이온 결합	102
08	공유 결합과 결합의 극성	114
09	분자의 구조와 성질	133

IV 역동적인 화학 반응

10	동적 평형	152
11	산 염기와 중화 반응	167
12	산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열	184



학생 EBS 교재 문제 검색

EBS 단추에서 문항코드나 사진으로 문제를 검색하면 푸러봇이 해설 영상을 제공합니다.

[23024-0001] 23024-0001

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

※ 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

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

2023학년도 대학수학능력시험 9번

9. 다음은 A(I)를 이용한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 25℃에서 밀도가 d_1 g/mL인 A(I)를 준비한다.
- (나) (가)의 A(I) 10 mL를 취하여 부피 플라스크에 넣고 물과 혼합하여 수용액 I 100 mL를 만든다.
- (다) (가)의 A(I) 10 mL를 취하여 비커에 넣고 물과 혼합하여 수용액 II 100 g을 만든 후 밀도를 측정한다.

[실험 결과]

- I의 몰 농도: x M
- II의 밀도 및 몰 농도: d_2 g/mL, y M

$\frac{y}{x}$ 는? (단, A의 분자량은 a 이고, 온도는 25℃로 일정하다.)

- ① $\frac{d_1}{d_2}$ ② $\frac{d_2}{d_1}$ ③ d_2 ④ $\frac{10}{d_1}$ ⑤ $\frac{10}{d_2}$

2023학년도 EBS 수능특강 42쪽 몰 농도

4 몰 농도

(1) 몰 농도

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

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

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

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

연계 분석

수능 9번 문항은 수능특강 42쪽 ‘몰 농도’ 부분을 연계하여 출제되었다. 수능 9번은 같은 질량의 용질 A가 녹아 있는 수용액 I 과 II의 몰 농도비를 구하는 문항으로, 주어진 밀도를 이용하여 용질의 부피를 질량으로, 용액의 질량을 부피로 바꾸어 적용하도록 문제를 구성하였으며, 수능특강에 제시된 ‘수용액의 몰 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ ’의 관계식을 기반으로 출제되었다. 따라서 이 문항은 수능특강의 몰 농도 부분에서 다른 개념, 정의, 예제 문항 및 탐구자료를 잘 학습하고 활용하였다면 쉽게 해결할 수 있으므로 수능특강의 내용 요소와 연계성이 높다.

학습 대책

특정 몰 농도의 수용액을 만드는 과정을 이해하고, 특정 몰 농도의 수용액에 용질, 물, 다른 농도의 수용액을 혼합하는 문제 상황에서 용질의 양(mol)과 몰 농도를 파악하는 유형의 문항은 출제 빈도가 높다. 용액의 혼합, 용질의 첨가와 같은 조건이 변화 상황에서 바뀐 몰 농도나 용질의 양(mol)을 구해보는 연습을 충분히 하고, 제시된 밀도를 활용하여 용액의 부피나 질량을 파악한 후 풀이 과정에 적용해 보는 연습도 충분히 하여 응용된 문제를 해결할 수 있도록 한다.



수능-EBS교재 연계 사례

2023학년도 6월 모의평가 18번

18. 표는 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)의 분자당 구성 원자 수는 7이다.

기체	분자식	1 g에 들어 있는 전체 원자 수 (상댓값)	분자량 (상댓값)	구성 원소의 질량비
(가)	$X_m Y_{2n}$	21	4	$X : Y = 9 : 1$
(나)	$Z_n Y_n$	16	3	

$\frac{m}{n} \times \frac{Z \text{의 원자량}}{X \text{의 원자량}}$ 은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ① $\frac{7}{4}$ ② $\frac{7}{8}$ ③ $\frac{6}{7}$ ④ $\frac{7}{9}$ ⑤ $\frac{4}{7}$

2023학년도 EBS 수능특강 23~24쪽 몰과 질량

(3) 몰과 질량

① 1 mol의 질량 : 물질의 화학식 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 ₃)의 분자량 : 17 → 암모니아(NH ₃) 분자 1 mol의 질량 = 17 g
이온 결합 물질	화학식량 g	탄산 칼슘(CaCO ₃)의 화학식량 : 100 → 탄산 칼슘(CaCO ₃) 1 mol의 질량 = 100 g

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

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

☐ 물(H₂O) 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.

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

☐ 물(H₂O) 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 ₄)	이산화 탄소(CO ₂)
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.

☐ 1g의 메테인(CH₄)과 1g의 이산화 탄소(CO₂)에 포함된 분자 수비

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

연계 분석

6월 모의평가 18번 문항은 수능특강 23~24쪽 '몰과 질량' 부분을 연계하여 출제되었다. 6월 모의평가 18번은 1 g에 들어 있는 전체 원자 수와 분자량을 비교하여 분자의 구성 원자 수비를 파악한 후, 구성 원소의 질량비를 이용하여 원자량비를 구하는 문항으로 수능특강에서 자세히 다룬 '물질의 양(mol)과 질량'과 관련된 내용 요소를 응용하여 출제되었다. 특히 수능특강의 '물질 1 g에 포함된 양(mol)과 구성 원자의 개수비, 질량비'를 나타낸 표와 예제의 학습을 통해 모의평가 문항을 쉽게 해결할 수 있는 실마리를 얻을 수 있다. 따라서 이 문항과 수능특강의 내용 요소의 연관성은 매우 높다.

학습 대책

'몰과 질량'을 내용 요소로 하는 문제는 최근에 난이도가 높은 문항으로 자주 출제되고 있다. 이러한 문항을 해결하기 위해서는 원자량과 몰에 대한 기본 개념과 원리를 확실하게 이해하고, 물질의 양(mol)과 질량, 분자량의 관계를 활용하여 기체의 밀도, 단위 부피당 원자 수, 기체의 질량비, 구성 원소의 질량비 등으로 제시되는 자료를 면밀하게 분석하여 원자량, 분자량, 분자식 등을 도출해내는 연습을 충분히 해야 한다. 또한 제시된 기체의 밀도비와 질량비에서 아보가드로 법칙을 응용하여 분자량비, 몰비를 파악하는 유형 및 이를 응용한 다양한 유형의 문항을 접하고 충분한 연습을 통해 여러 가지 문제 상황을 해결할 수 있는 능력을 키워야 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. ()

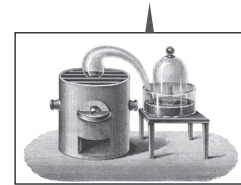
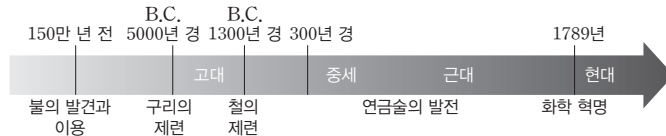
3. 암모니아는 공기 중 질소와 산소를 반응시켜 합성한다. ()

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(N₂)를 직접 이용하지 못한다.
 - 하버와 보슈는 공기 중의 질소(N₂)를 수소(H₂)와 반응시켜 암모니아(NH₃)를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.
 - 암모니아 대량 생산의 의의 : 암모니아를 원료로 하여 만든 질소 비료는 식량 문제 해결에 크게 기여하였다.

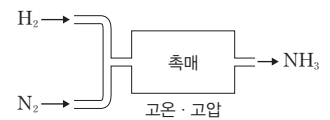
과학 돋보기 | 하버·보슈 법

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"> • 흡습성과 촉감이 좋다. • 질기지 않아 쉽게 닳는다. • 생산량이 일정하지 않다. • 생산 과정에 많은 시간과 노력이 필요하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 흡습성이 좋지 않다. • 질기고 쉽게 닳지 않는다. • 대량 생산이 가능하다. • 세탁이 간편하고 해충과 곰팡이의 피해가 없다. • 다양한 기능의 섬유를 제작할 수 있다.

- 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 물로부터 만들어, 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 ₃)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 ₂)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.

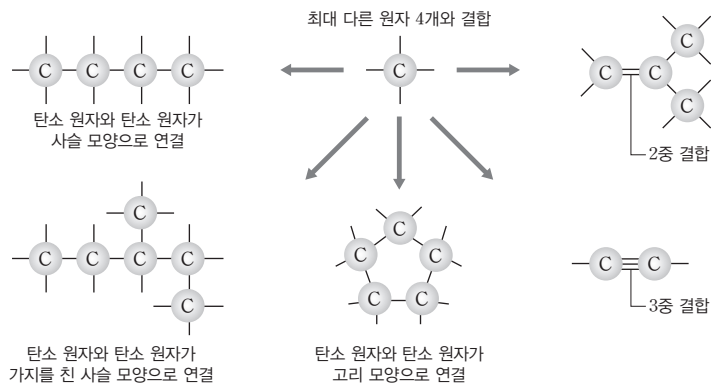
2 탄소 화합물의 유용성

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

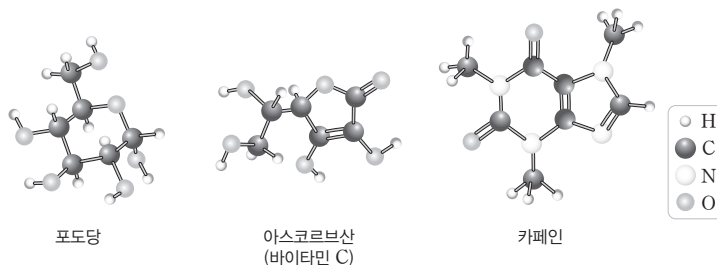
예) 아미노산, DNA, 합성 섬유 등

(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.



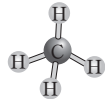
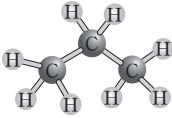
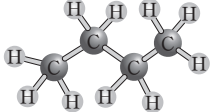
③ 탄소 원자는 C 원자뿐만 아니라 H, O, N 등의 원자와도 결합하므로 화합물의 종류가 매우 많다.



(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_2)와 물(H_2O)이 생성된다.

탄화수소	메테인(CH_4)	프로페인(C_3H_8)	뷰테인(C_4H_{10})
분자 모형 및 결합의 특징	 <p>C 원자 1개를 중심으로 4개의 H 원자가 정사면체 모양을 이룬다.</p>	 <p>3개의 C 원자가 사슬 모양으로 결합되어 있다.</p>	 <p>4개의 C 원자가 사슬 모양으로 결합되어 있다.</p>

정답

- 탄소(C)
- 4
- 메테인(CH_4)

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

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.
- 탄화수소의 완전 연소 생성물 중 ()를 석회수에 통과시키면 석회수가 뿌옇게 흐려진다.



과학 돋보기 | LNG와 LPG의 저장·운반 및 이용

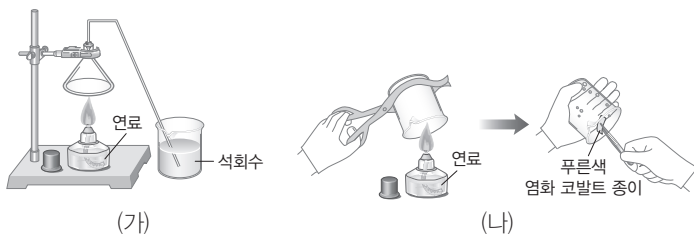
구분	LNG	LPG	
주성분	메테인(CH ₄)	프로페인(C ₃ H ₈)	뷰테인(C ₄ H ₁₀)
끓는점(°C)	-162.0	-42.1	-0.5
이용	도시 가스	차량용, 상업용 연료	

- LNG(액화 천연 가스) : 끓는점이 매우 낮아 쉽게 기화되기 때문에 액화시키기 어려워 용기에 넣어 저장하거나 운반하지 않고 주로 가스관을 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 여름철보다 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 종이가 붉게 변하였다.

분석 point

- 석회수(Ca(OH)₂(aq))가 뿌옇게 흐려진 것은 석회수와 이산화탄소가 반응하여 물에 녹지 않는 탄산 칼슘(CaCO₃)이 생성되었기 때문이다.

$$\text{Ca(OH)}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- 푸른색 염화 코발트 종이는 물에 의해 붉게 변하므로 생성된 액체는 물이다.

정답

- 수소
- 이산화탄소
- 물
- 이산화탄소

개념 체크

● 에탄올

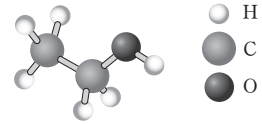
탄화수소인 에테인(C_2H_6)에서 H 원자 1개 대신 $-OH$ 가 탄소 원자에 결합되어 있는 물질로, 물에 잘 녹는다.

● 아세트산

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

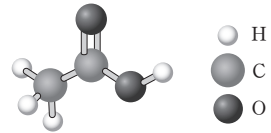
1. 에탄올을 완전 연소시키면 ()와/과 ()이 생성된다.
 2. 식초는 약 6%의 () 수용액이다.
- ※ ○ 또는 ×
3. 에탄올을 물에 녹인 수용액은 염기성이다. ()
 4. 분자당 탄소 원자 수는 아세트산이 에탄올보다 크다. ()

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

과학 돋보기 | 탄소 화합물의 완전 연소

탄소 화합물이 완전 연소될 때 분자를 구성하는 C와 H 원자가 O 원자와 결합하므로 이산화 탄소(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

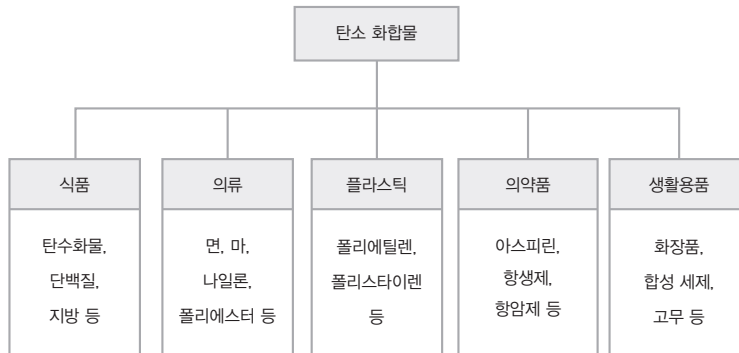
1. 이산화 탄소, 물
2. 아세트산
3. ×
4. ×

(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

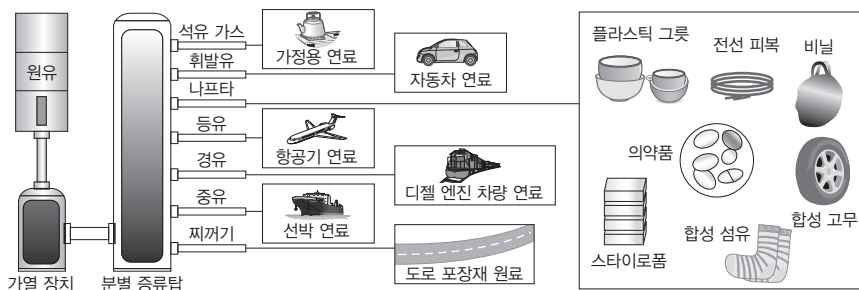
살리실산과 아세트산을 반응시켜 합성한 탄소 화합물이다.

※ ○ 또는 ×

1. 원유는 탄화수소의 혼합물이다. ()
2. 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.
- 분자당 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. ○
2. ○

01 다음은 실생활의 문제 해결에 영향을 준 물질 X에 대한 자료이다. [23024-0001]

- X는 질소 비료의 원료이다.
- 하버와 보슈는 공기 중의 ① 기체를 수소 기체와 반응시켜 X를 합성하는 방법을 개발하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ①은 산소이다.
 - ㄴ. X의 대량 생산은 인류의 식량 문제를 해결하는 데 기여하였다.
 - ㄷ. X는 탄소 화합물이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 표는 실생활에 이용되고 있는 물질 (가)~(다)를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다. (가)~(다)는 각각 철, 나일론, 아세트산 중 하나이다. [23024-0002]

분류 기준	예	아니요
탄소 화합물인가?	(가), (나)	(다)
에탄올을 발효시켜 얻을 수 있는가?	(나)	(가), (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 인류의 의류 문제 해결에 기여하였다.
 - ㄴ. (나)는 식초를 만드는 데 사용된다.
 - ㄷ. (다)는 건축 재료로 사용된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 물질 (가)~(다)가 실생활에서 사용되는 사례를 나타낸 것이다. [23024-0003]

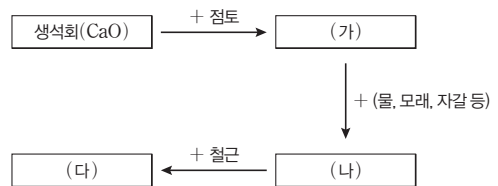


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에는 탄소(C)가 들어 있다.
 - ㄴ. (가)는 (나)보다 질기고 쉽게 닳지 않는다.
 - ㄷ. (다)에 물, 모래, 자갈 등을 섞어 콘크리트를 만든다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 몇 가지 건축 재료를 생산하는 과정을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 콘크리트, 시멘트, 철근 콘크리트 중 하나이다. [23024-0004]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 콘크리트이다.
 - ㄴ. 강도는 (나)가 (다)보다 크다.
 - ㄷ. (가)~(다)는 모두 인류의 주거 문제 해결에 기여하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

에탄올이 발효되면 아세트산이 생성된다.

에탄올 수용액은 중성, 아세트산 수용액은 산성이다.

[23024-0009]

01 다음은 실생활에서 이용되고 있는 물질과 관련된 낱말 퀴즈 자료이다.

㉠			(가)	
	㉡			
			㉢	

[가로 열쇠]

- 공기 중의 질소를 수소와 합성시켜 질소 비료의 원료인 ㉠을 합성한다.
- ㉡은 석회석을 가열하여 만든 생석회에 점토를 섞어 만든 건축 재료이다.
- 메테인을 완전 연소시켰을 때 생성되는 2가지 물질에 공통으로 포함된 원소는 ㉢이다.

[세로 열쇠]

- 살리실산과 (가)를 반응시켜 아스피린을 합성한다.

(가)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

| 보기 |

ㄱ. 탄소 화합물이다.
 ㄴ. 식초를 만드는 데 사용된다.
 ㄷ. 발효되면 에탄올이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0010]

02 표는 물질 (가)~(다)의 특징과 이용 사례에 대한 자료이다. A~C는 각각 (가)~(다) 중 하나이고, (가)~(다)는 각각 메테인(CH₄), 에탄올(C₂H₅OH), 아세트산(CH₃COOH) 중 하나이다.

물질	(가)	(나)	(다)
특징	수용액은 산성이다.		구성 원소는 2가지이다.

물질	A	B	C
이용 사례	손 소독제로 이용된다.	도시 가스로 이용된다.	

(가)~(다)와 A~C를 옳게 짝 지은 것은?

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

03 다음은 실생활에서 이용되는 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 나일론, 암모니아, 아세트산 중 하나이다. [23024-0011]

○ (가)~(다)의 구성 원소

물질	(가)	(나)	(다)
구성 원소	X, H	Y, H, O	X, Y, H, O

- (가)는 질소 비료의 원료이며 인류의 해결에 기여하였다.
○ (다)는 최초의 합성 섬유이다.

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

┌ 보기 ─┘

- ㄱ. X는 C(탄소)이다.
ㄴ. '식량 문제'는 ㉠으로 적절하다.
ㄷ. (나)와 (다)는 모두 탄소 화합물이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 탄소 화합물 (가)와 (나)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다. (가)와 (나)는 각각 아세트산, 에탄올 중 하나이다. [23024-0012]

- 포도당($C_6H_{12}O_6$)의 발효 : $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 \text{ (가) } + 2CO_2$
○ (가)의 발효 : $\text{ (가) } + O_2 \longrightarrow \text{ (나) } + H_2O$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

┌ 보기 ─┘

- ㄱ. $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 는 (가) > (나)이다.
ㄴ. (가)는 손 소독제를 만드는 데 사용된다.
ㄷ. (나)의 수용액은 산성이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

나일론과 아세트산은 탄소 화합물이다.

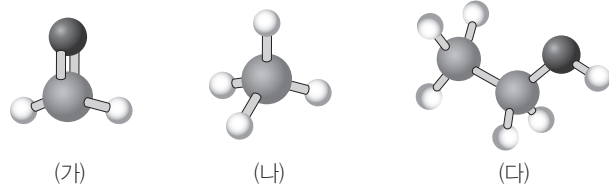
에탄올은 과일이나 곡물 속의 당을 발효시켜 만들고, 아세트산은 에탄올을 발효시켜 만든다.

화학식이 (가)는 CH_2O , (나)는 CH_4 , (다)는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이다.

아세트산은 에탄올을 발효시켜 얻을 수 있고, 암모니아는 질소와 수소를 반응시켜 합성하며 질소 비료의 원료로 이용된다.

[23024-0013]

05 그림은 탄소 화합물 (가)~(다)를 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 메테인(CH_4), 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), 폼알데하이드(CH_2O) 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

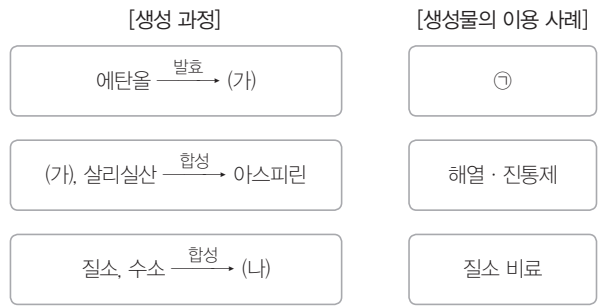
보기

- ㄱ. (나)는 천연 가스의 주성분이다.
- ㄴ. (다)의 수용액은 염기성이다.
- ㄷ. 1 mol을 완전 연소시켰을 때 생성되는 H_2O 의 양(mol)은 (다)가 (가)의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0014]

06 그림은 실생활에서 이용되는 물질의 생성 과정과 생성물의 이용 사례를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 암모니아, 아세트산 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

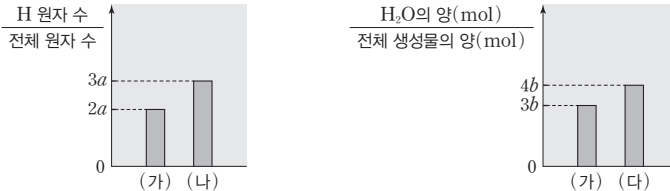
보기

- ㄱ. '식초'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. (가)와 (나)는 모두 탄소 화합물이다.
- ㄷ. (나)의 대량 생산은 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0015]

07 그림은 물질 (가)와 (나)의 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 와 물질 (가)와 (나) 1 mol씩을 완전 연소시켰을 때 생성되는 $\frac{\text{H}_2\text{O의 양(mol)}}{\text{전체 생성물의 양(mol)}}$ 을 각각 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 포알데하이드(CH_2O) 중 하나이다.



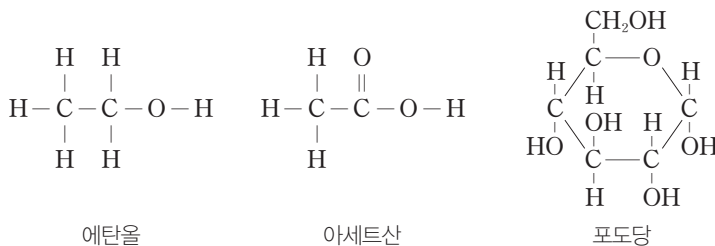
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$ 이다.
 - ㄴ. 구성 원소의 가짓수는 (가)와 (나)가 같다.
 - ㄷ. (나)는 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.

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

[23024-0016]

08 그림은 3가지 탄소 화합물의 구조식을 나타낸 것이다.



다음은 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)는 각각 에탄올, 아세트산, 포도당 중 하나이다.
- $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 는 (가)=(나)>(다)이다.
- (가)가 발효되면 (다)가 생성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (나)는 식초를 만드는 데 사용된다.
 - ㄴ. 완전 연소 생성물의 가짓수는 (나)>(가)이다.
 - ㄷ. 분자당 C 원자 수는 (가)가 (다)의 2배이다.

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

1 mol을 완전 연소시킬 때, 포알데하이드는 H_2O 1 mol과 CO_2 1 mol이 생성되며, 메테인은 H_2O 2 mol과 CO_2 1 mol이 생성된다.

포도당이 발효되면 에탄올이 생성된다.

메테인은 천연 가스의 주성분 이고, 아세트산 수용액은 산 성이다.

09 그림은 탄소 화합물 (가)~(다)에 대한 선생님과 학생의 원격 수업 장면의 일부를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 아세트산, 에탄올, 메테인 중 하나이다.

그림은 (가)~(다)의 구조식을 순서없이 나타낸 것인데, (가)는 천연 가스의 주성분 이고, (나)의 수용액은 산성이예요. (가)~(다)의 특징들에 대해서 말해볼까요?

(가)는 에탄올입니다.

분자당 C 원자와 결합한 H 원자 수는 (나)가 (가)보다 많습니다.

(다)는 손 소독제를 만드는 데에도 사용됩니다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

아세트산(CH₃COOH)에는 -COOH가, 에탄올(C₂H₅OH)에는 -OH가 각각 탄소 원자에 결합되어 있다.

10 다음은 탄소 화합물 X와 Y에 대한 자료이다. X와 Y는 각각 에탄올, 아세트산 중 하나이다.

탄소 화합물	X	Y
O 원자 수	1	$\frac{1}{2}$
C 원자 수		
구성 원소	C, H, O	C, H, O
분자당 구성 원자 수	8	9

○ X에는 -COOH가, Y에는 -OH가 각각 1개씩 탄소 원자에 결합되어 있다.
○ X와 Y에서 C, O는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X의 수용액은 산성이다.
ㄴ. Y의 완전 연소 생성물은 2가지이다.
ㄷ. 1 mol이 완전 연소될 때 생성되는 H₂O의 양(mol)은 X > Y이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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 ₂)	물(H ₂ O)	암모니아(NH ₃)
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(¹²C) 원자의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 하여 비교한 원자의 상대적인 질량이며, g, kg과 같은 단위를 붙이지 않는다.

- 질량수 : 양성자수와 중성자수를 합한 수이다.

예 ¹²C : 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 상대적 질량인 원자량을 사용한다.



과학 돋보기 | 원자량의 의미

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

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.)

정답

1. 탄소(C)
2. ○
3. 8, 7

개념 체크

● 분자량

분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합하여 구한다.

● 분자가 아닌 물질의 화학식량

화학식에 표시된 구성 원자의 원자량을 합하여 구한다.

1. 다음 물질의 분자량을 구하시오. (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)

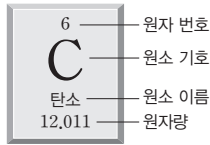
- (1) CH₄
- (2) CO₂
- (3) H₂O₂

2. 다음 물질의 화학식량을 구하시오. (단, C, O, Ca의 원자량은 각각 12, 16, 40이다.)

- (1) 흑연(C)
- (2) 산화 칼슘(CaO)
- (3) 탄산 칼슘(CaCO₃)



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 ¹²C가 대부분이지만 질량수가 13인 ¹³C도 조금 섞여 있다. 평균 원자량은 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 것이고, 주기율표에 주어진 각 원소의 원자량은 평균 원자량이다.

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

\uparrow ¹²C의 존재 비율 \uparrow ¹³C의 존재 비율
 \uparrow ¹²C의 원자량 \uparrow ¹³C의 원자량

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

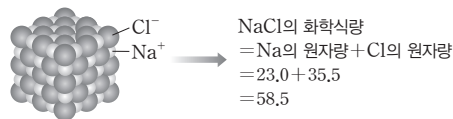
분자(분자식)	산소(O ₂)	물(H ₂ O)	암모니아(NH ₃)
분자 모형			
구성 원자 (원자량)	 (16) (16)	 (16) (1) (1)	 (14) (1) (1) (1)
분자량	16 × 2 = 32	16 + (1 × 2) = 18	14 + (1 × 3) = 17

(3) 분자가 아닌 물질의 화학식량

① 염화 나트륨(NaCl), 염화 칼슘(CaCl₂) 등의 이온 결합 물질과 철(Fe), 구리(Cu) 등의 금속 결합 물질, 그리고 공유 결합 물질 중 이산화 규소(SiO₂), 다이아몬드(C) 등은 분자가 아니다.

② 분자가 아닌 물질의 화학식량은 화학식을 이루는 각 원자의 원자량을 합하여 구한다.

- 염화 나트륨은 Na⁺과 Cl⁻이 1 : 1의 개수비로 연속적으로 결합하여 결정을 이루고 있어서 화학식을 NaCl로 표시하며 화학식량은 화학식을 구성하는 원자의 원자량을 합하여 구한다.



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

정답

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

2 물

(1) 물

- ① 물(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 6.02×10^{23} 개의 입자를 뜻하며, 6.02×10^{23} 을 아보가드로수라고 한다.




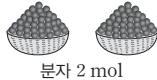
$$1 \text{ mol} = \text{입자 } 6.02 \times 10^{23} \text{ 개}$$



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. 1 mol은 탄소(^{12}C) 12 g 속에 들어 있는 원자의 개수로 정의되었다가 현재는 '1 mol은 $6.02214076 \times 10^{23}$ 개의 구성 요소를 포함한다.'로 정의가 바뀌었다. 구성 요소는 원자, 분자, 이온, 전자 등이 될 수 있다. 예를 들면 전자 1 mol에 포함된 전자는 $6.02214076 \times 10^{23}$ 개이다.

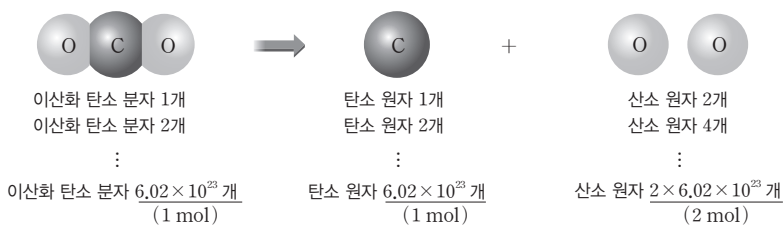
- (2) 몰과 입자 수 : 원자, 분자, 이온 등 입자의 종류와 관계없이 입자 1 mol에는 그 입자가 6.02×10^{23} 개 들어 있다.

원자		분자	
 원자 1 mol	원자 1 mol = 원자 6.02×10^{23} 개	 분자 1 mol	분자 1 mol = 분자 6.02×10^{23} 개
 원자 2 mol	원자 2 mol = 원자 12.04×10^{23} 개	 분자 2 mol	분자 2 mol = 분자 12.04×10^{23} 개

입자	1 mol의 의미	물질의 양(mol)과 입자 수
원자	6.02×10^{23} 개의 원자	<ul style="list-style-type: none"> 탄소 원자(C) 1 mol \Rightarrow 탄소 원자 6.02×10^{23}개 수소 원자(H) 0.5 mol \Rightarrow 수소 원자 $0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$개
분자	6.02×10^{23} 개의 분자	<ul style="list-style-type: none"> 물 분자(H_2O) 1 mol \Rightarrow 물 분자 6.02×10^{23}개 산소 분자(O_2) 0.1 mol \Rightarrow 산소 분자 $0.1 \times 6.02 \times 10^{23}$개
이온	6.02×10^{23} 개의 이온	<ul style="list-style-type: none"> 칼륨 이온(K^+) 1 mol \Rightarrow 칼륨 이온 6.02×10^{23}개 염화 이온(Cl^-) 2 mol \Rightarrow 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_2) 분자 1 mol에는 탄소(C) 원자 1 mol, 산소(O) 원자 2 mol이 들어 있다.



개념 체크

● 물

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

● 아보가드로수

입자 1 mol을 나타내는 수인 6.02×10^{23} 이다.

※ ○ 또는 ×

1. 분자 1 mol은 분자 6.02×10^{23} 개이다. ()
2. 다음 입자의 양(mol)을 구하시오.
 - (1) 물(H_2O) 분자 0.5 mol에 들어 있는 수소 원자
 - (2) 프로페인(C_3H_8) 1 mol에 들어 있는 전체 원자
 - (3) 염화 나트륨(NaCl) 2 mol에 들어 있는 전체 이온
3. 다음의 입자 수를 구하시오. (단, 아보가드로수는 6.02×10^{23} 이다.)
 - (1) 수소 원자 2 mol에 들어 있는 수소 원자 수
 - (2) 이산화 탄소(CO_2) 2.5 mol에 들어 있는 산소 원자 수
 - (3) 염화 칼슘(CaCl_2) 1 mol에 들어 있는 전체 이온 수

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) $3 \times 6.02 \times 10^{23}$

개념 체크

1 mol의 질량

물질의 화학식량 뒤에 그램(g) 단위를 붙인 질량이다.

※ ○ 또는 ×

※ H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.

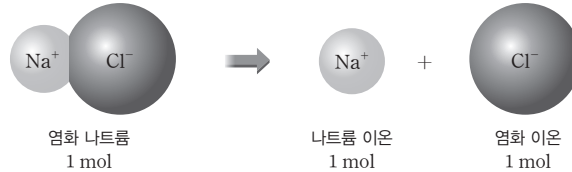
1. 산소(O) 원자 1 mol의 질량은 16 g이다. ()

2. 메테인(CH₄) 2 mol과 산소(O₂) 1 mol의 질량은 같다. ()

3. 이산화 탄소(CO₂) 88 g에 포함된 전체 원자 수는 $3 \times 6.02 \times 10^{23}$ 이다. ()

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⁺ 1 mol과 Cl⁻ 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 ₃)의 분자량 : 17 → 암모니아(NH ₃) 분자 1 mol의 질량 = 17 g
이온 결합 물질	화학식량 g	탄산 칼슘(CaCO ₃)의 화학식량 : 100 → 탄산 칼슘(CaCO ₃) 1 mol의 질량 = 100 g

• 이산화 탄소(CO₂) 분자와 구성 원자의 몰과 질량 관계

→

+

이산화 탄소 분자 산소 원자 탄소 원자

물질의 양(mol)	1	2	1
입자 수	6.02×10^{23}	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$	6.02×10^{23}
질량	44 g	$2 \times 16 \text{ g} = 32 \text{ g}$	12 g



과학 돋보기 | 물질 1 mol의 질량 비교



물질	화학식	1 mol의 질량(g)
물	H ₂ O	18
구리	Cu	63.5
염화 나트륨	NaCl	58.5

- 분자량이 18인 H₂O 분자 1 mol의 질량은 18 g이다.
- 원자량이 63.5인 Cu 원자 1 mol의 질량은 63.5 g이다.
- 화학식량이 58.5인 NaCl 1 mol의 질량은 58.5 g이다.

정답

1. ○
2. ○
3. ×



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.

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

- ☞ 산소 원자(O) 1 mol의 질량(g)
= 산소 원자(O) 1개의 질량(g) $\times N_A$
- 물 분자(H₂O) 1개의 질량(g)
= 물 분자(H₂O) 1 mol의 질량(g) $\div N_A$

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

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

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

☞ 물(H₂O) 2 mol의 질량 = 18 g/mol \times 2 mol = 36 g

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

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

☞ 물(H₂O) 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 ₄)	이산화 탄소(CO ₂)
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 \times 1) = 3 : 1	C : O = 12 : (2 \times 16) = 3 : 8

• 같은 질량의 물질에 포함된 분자 수는 분자량에 반비례한다.

☞ 1 g의 메테인(CH₄)과 1 g의 이산화 탄소(CO₂)에 포함된 분자 수비

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

개념 체크

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

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

※ ○ 또는 \times

1. 물(H₂O) 2 mol과 이산화 탄소(CO₂) 1 mol에 포함된 산소(O) 원자의 질량은 같다. ()

2. 메테인(CH₄) 8 g에 포함된 전체 원자의 양은 $\frac{5}{2}$ mol이다. (단, H와 C의 원자량은 각각 1, 12이다.) ()

3. 암모니아(NH₃) 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

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(CH₄) 기체 11.2 L가 있다. 다음을 구하시오. (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. ()

(4) 몰과 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 6.02×10^{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 ₂)	산소(O ₂)	암모니아(NH ₃)	이산화 탄소(CO ₂)
모형 (0°C, 1 atm)				
물질의 양(mol)	1	1	1	1
분자 수	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	6.02×10^{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 6.02×10^{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(mol) : 기체 분자의 양(mol)은 기체의 부피를 기체 1 mol의 부피로 나누어 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(CH₄) 기체 12 L에 포함된 기체 분자의 양은 $\frac{12 \text{ L}}{24 \text{ L/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 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(O₂)의 분자량이 32, 메테인(CH₄)의 분자량이 16이므로 20°C, 1 atm에서 산소(O₂) 기체의 밀도가 $\frac{4}{3} \text{ g/L}$ 이면 메테인(CH₄) 기체의 밀도는 $\frac{4}{3} \text{ g/L} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{3} \text{ g/L}$ 이다.

정답

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

(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) C₂H₆(분자량 : 30) 기체 2 mol의 입자 수, 질량, 부피

- 분자 수 : 2 × 6.02 × 10²³
- 질량 : 2 × 30 g
- 기체의 부피 : 2 × 22.4 L (0°C, 1 atm)

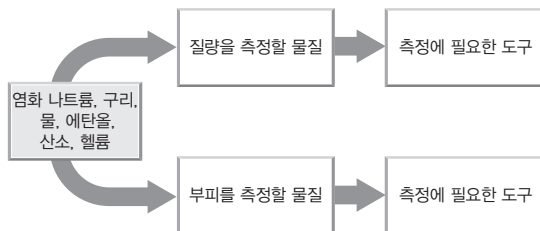
탐구자료 살펴보기 여러 가지 물질 1 mol의 질량과 부피

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 어림해 본다.

(다) 실험 도구를 이용하여 각 물질 1 mol의 질량 또는 부피를 측정하고, 어림한 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. → 22.4 L는 22400 cm³이고, $\frac{4}{3}\pi r^3 = 22400 \text{ cm}^3$ 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.

개념 체크

- 물질의 입자 수 = 물질의 양(mol) × 6.02 × 10²³(/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 ₂)	질소(N ₂)
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(O₂)와 헬륨(He) 기체에 포함된 분자의 양(mol)은 같다. ()

정답

1. ㉠ 28 ㉡ 0.5 ㉢ 11.2
2. ×
3. ○

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.

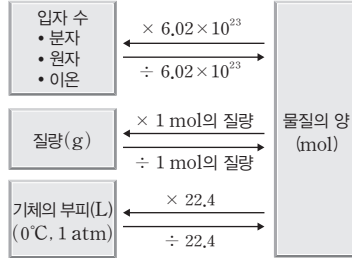
- 다음 기체의 분자량을 구하시오. (단, O의 원자량은 16이고, 0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.)
 - 0°C, 1 atm에서 5.6 L의 질량이 8 g인 기체
 - 같은 온도와 압력에서 밀도가 산소(O₂)의 2배인 기체

※ ○ 또는 ×

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



과학 돋보기 | 물질의 양(mol) 구하기



물질의 입자 수와 양(mol)

- 물질의 입자 수는 물질의 양(mol)에 아보가드로수(6.02×10^{23})를 곱하여 구한다.
- 물질의 양(mol)은 입자 수를 6.02×10^{23} 로 나누어 구한다.

물질의 질량과 양(mol)

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

기체의 부피와 양(mol)(0°C, 1 atm)

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



과학 돋보기 | 기체의 분자량 구하기

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

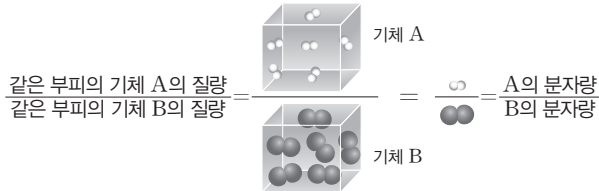
0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이고, 1 mol의 질량은 분자량에 g(단위)을 붙인 질량에 해당하므로 기체 22.4 L의 질량을 계산하여 분자량을 구할 수 있다.

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 12 L의 질량이 8 g이고, 산소(O₂) 기체 12 L의 질량이 16 g이다. X의 분자량은? (단, O의 원자량은 16이다.)

→ $\frac{\text{X 12 L의 질량 (8 g)}}{\text{O}_2 \text{ 12 L의 질량 (16 g)}} = \frac{\text{X의 분자량}}{\text{O}_2 \text{의 분자량}} = \frac{\text{X의 분자량}}{32}$ 이므로 $\frac{\text{X의 분자량}}{32} = \frac{1}{2}$ 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.

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

예 t°C, 1 atm에서 기체 X 6 L의 질량이 8 g이고, 이산화 탄소(CO₂) 12 L의 질량이 22 g이다. X의 분자량은? (단, CO₂의 분자량은 44이다.)

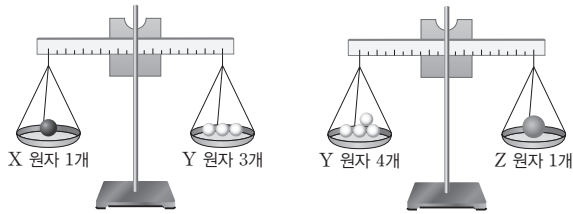
→ X의 밀도는 $\frac{4}{3}$ g/L, CO₂의 밀도는 $\frac{11}{6}$ g/L이므로 $\frac{\text{기체 X의 밀도}}{\text{기체 CO}_2 \text{의 밀도}} = \frac{8}{11}$ 이며,

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

정답

- (1) ① 32 ② 64
- ×

01 [23024-0019] 그림은 원자 X~Z의 질량 관계를 나타낸 것이다. ●, ○, ○은 각각 X, Y, Z의 원자 모형이다.



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

- 보기
- ㄱ. 원자량은 $Y > X$ 이다.
 - ㄴ. 기체 1 mol의 질량비는 $XZ_2(g) : Z_2(g) = 11 : 8$ 이다.
 - ㄷ. 기체 1 g에 들어 있는 Z 원자 수비는 $XZ(g) : Z_2(g) = 4 : 7$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23024-0020] 다음은 물질 (가)와 (나)에 대한 자료와 이에 대한 세 학생의 대화이다.

(가) 메테인(CH_4) 8 g
(나) 물(H_2O) 분자 N_A 개

H 원자 수는 (가)와 (나)가 같아.

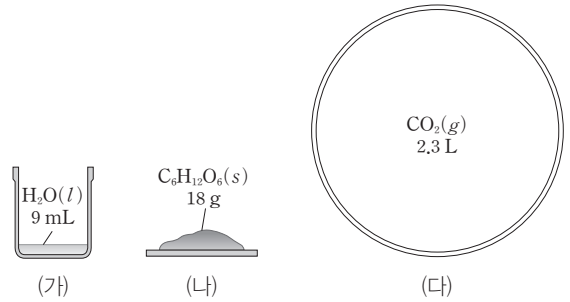
전체 원자 수는 (가)가 (나)보다 많아.

(가)에서 C 원자 수는 $2N_A$ 야.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은? (단, H, C의 원자량은 각각 1, 12이고, N_A 는 아보가드로수이다.)

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

03 [23024-0021] 그림은 $t^\circ C$, 1 atm에서 3가지 물질 (가)~(다)를 나타낸 것이다. $t^\circ C$, 1 atm에서 $H_2O(l)$ 의 밀도는 1 g/mL이고, 기체 1 mol의 부피는 23 L이다.



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

- 보기
- ㄱ. 분자 수는 (가) > (다)이다.
 - ㄴ. O 원자 수는 (나)가 (다)의 3배이다.
 - ㄷ. 질량은 (가)가 (다)의 2배보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [23024-0022] 표는 $t^\circ C$, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다.

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	XY	Z_2Y	XY_2
질량(상대값)	14	11	44
부피(L)	2.8	1.4	5.6

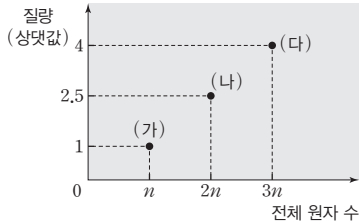
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 원자량비는 $X : Y = 3 : 4$ 이다.
 - ㄴ. 전체 원자 수는 (다)가 (가)의 2배이다.
 - ㄷ. 분자 1개의 질량은 XY 와 Z_2 가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0025]

05 그림은 기체 (가)~(다)의 전체 원자 수와 질량(상댓값)을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 AB_2 , AB_3 , B_2 중 하나이고, 기체의 양(mol)은 (다) > (가) = (나)이다.



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

보기

- ㄱ. (나)는 AB_2 이다.
- ㄴ. 원자량비는 $A : B = 2 : 1$ 이다.
- ㄷ. 1 g당 전체 원자 수비는 $AB_3 : B_2 = 4 : 5$ 이다.

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

[23024-0024]

06 표는 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다. O 원자 수는 (나)와 (다)에서 같다.

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	CH_4	CH_3OH	O_2
기체의 양	$\frac{1}{5}N_A$ 개	1.6 g	V L

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

보기

- ㄱ. (가)의 부피는 8V L이다.
- ㄴ. H 원자 수는 (가)가 (나)의 2배이다.
- ㄷ. 기체의 질량은 (나)가 (다)의 3배이다.

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

07 표는 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다. (다)는 구성 원소가 X와 Y이고, 분자당 원자 수가 3이며, $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 32 L이다.

기체	분자식	질량(g)	부피(L)
(가)	XY_3	20	8
(나)	Y_2	16	16
(다)		32	16

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

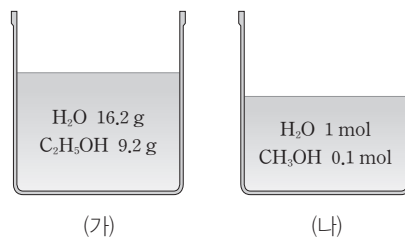
보기

- ㄱ. X의 원자량은 32이다.
- ㄴ. (다)의 분자식은 X_2Y 이다.
- ㄷ. 1 g에 들어 있는 Y 원자의 양(mol)은 (다) > (가)이다.

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

[23024-0026]

08 그림은 수용액 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



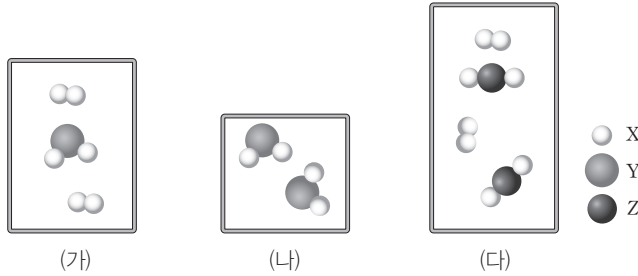
(가)에서 (나)에서보다 큰 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)

보기

- ㄱ. H의 질량
- ㄴ. C 원자 수
- ㄷ. 전체 질량

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

01 [23024-0027] 그림은 용기 (가)~(다)에 들어 있는 기체를 분자 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다)에서 기체의 온도와 압력은 같고, 용기에 들어 있는 전체 기체의 질량비는 (가):(나):(다)=16:16:190이며, 모든 기체는 반응하지 않는다.



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

보기

ㄱ. 원자량비는 $X:Z=3:4$ 이다.
 ㄴ. 용기에 들어 있는 전체 기체의 밀도비는 (가):(나)=2:3이다.
 ㄷ. YX_2 1g에 들어 있는 X 원자의 양(mol)은 ZX_2 1g에 들어 있는 Z 원자의 양(mol)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23024-0028] 표는 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

물질	분자식	상태	밀도	부피	전체 원자 수
(가)	CH_3OH	액체	0.8 g/mL	100 mL	xN_A
(나)	O_2	기체	y g/L	48 L	$4N_A$
(다)	H_2O	액체	1 g/mL	z mL	$0.3N_A$

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

보기

ㄱ. $\frac{z}{x \times y} = 0.09$ 이다.
 ㄴ. (나)에서 O_2 의 질량은 64 g이다.
 ㄷ. H 원자 수는 (가)가 (다)의 10배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피비는 몰비와 같다.

물질의 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로
 질량 = 밀도 \times 부피이다.

분자식이 (가)는 XZ_2 이고, (다)는 XZ 이다.

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

[23024-0029]

03 표는 원소 X~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 분자당 구성 원자 수가 3 이하이고, 원자량은 $Z > Y$ 이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	X, Z	Y, Z	X, Z
구성 원소의 질량비	X : Z = 3 : 8	Y : Z = 7 : 4	X : Z = 3 : 4
분자량(상댓값)	11	11	7

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

보기

ㄱ. 원자량은 $Y > X$ 이다.
 ㄴ. (나)의 분자식은 YZ 이다.
 ㄷ. 분자량비는 $XZ_2 : Y_2Z_4 = 11 : 23$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0030]

04 다음은 학생 A가 가설을 세우고 수행한 탐구 활동이다.

[가설]
 ○ 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 종류에 관계없이 기체의 양(mol)에 한다.

[탐구 과정]
 (가) $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 $\text{H}_2(g)$ 1 mol, 2 mol, 3 mol의 부피를 조사한다.
 (나) $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 $\text{CH}_4(g)$ 1 mol, 2 mol, 3 mol의 부피를 조사한다.

[탐구 결과]

기체의 양(mol)	1	2	3
$\text{H}_2(g)$ 의 부피(L)	24	x	72
$\text{CH}_4(g)$ 의 부피(L)	y	48	z

[결론]
 ○ 가설은 옳다.

학생 A의 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $x + y = z$ 이다.
 ㄴ. '비례'는 ㉠으로 적절하다.
 ㄷ. $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 $\frac{\text{H}_2(g) \ x \text{ L에 들어 있는 H 원자의 양(mol)}}{\text{CH}_4(g) \ y \text{ L에 들어 있는 H 원자의 양(mol)}} = 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 표는 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

[23024-0031]

기체	분자식	1 g당 전체 원자 수	1 g당 분자 수	H 원자의 질량 전체 질량
(가)	X_mH_m	$\frac{2}{13}N_A$	$\frac{1}{26}N_A$	
(나)	Y_mH_n	$\frac{3}{16}N_A$	$\text{㉠} N_A$	$\frac{1}{8}$

㉠은? (단, X, Y는 임의의 원소 기호이고, H의 원자량은 1이며, N_A 는 아보가드로수이다.)

- ① $\frac{1}{32}$ ② $\frac{1}{16}$ ③ $\frac{2}{7}$ ④ $\frac{2}{5}$ ⑤ $\frac{3}{7}$

1 g당 분자 수는 분자량에 반
비례한다.

06 다음은 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

[23024-0032]

분자	(가)	(나)	(다)
분자당 구성 원자 수	3	6	5
구성 원소	X, Y	X, Z	X, Z
분자량(상대값)	11	7	4

- 분자당 X 원자 수는 (가)와 (다)가 같다.
- 분자당 Z 원자 수는 (나)와 (다)가 같다.

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

□ 보기 □

- ㄱ. (가)의 분자식은 X_2Y 이다.
- ㄴ. 원자량비는 $X : Y = 3 : 4$ 이다.
- ㄷ. 1 g에 들어 있는 Z 원자 수비는 (나) : (다) = 8 : 7이다.

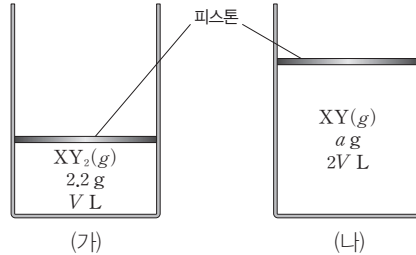
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

분자식이 (가)는 XY_2 , (나)는
 X_2Z_4 , (다)는 XZ_4 이다.

같은 온도와 압력에서 기체의 몰비는 부피비와 같다. 기체의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 2 이다.

[23024-0033]

07 그림은 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 실린더 (가)와 (나)에 $\text{XY}_2(\text{g})$ 와 $\text{XY}(\text{g})$ 가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다. (가)의 기체에 들어 있는 Y의 질량과 (나)의 기체에 들어 있는 Y의 질량의 합은 3.2 g이다.



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

보기

ㄱ. $a=3$ 이다.
 ㄴ. 원자량은 $X > Y$ 이다.
 ㄷ. (가)의 기체에 들어 있는 Y 원자 수와 (나)의 기체에 들어 있는 X 원자 수는 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{1 mol의 질량(g/mol)}}$ 이고, NH_3 , CO_2 , C_2H_4 의 분자량은 각각 17, 44, 28이다.

[23024-0034]

08 다음은 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다.

○ (가)~(다)의 분자식과 질량

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	NH_3	CO_2	C_2H_4
질량(g)	3.4	11	2.8

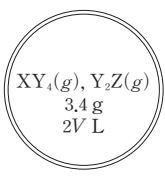
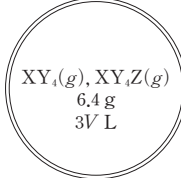
○ (가)~(다) 중 부피가 가장 큰 기체는 이다.
 ○ (가)~(다) 중 전체 원자 수가 가장 큰 기체는 이다.
 ○ (가)~(다) 중 단위 부피당 질량이 가장 큰 기체는 이다.

㉠~㉢으로 옳은 것은? (단, H, C, N, O의 원자량은 각각 1, 12, 14, 16이다.)

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

09 다음은 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 기체에 대한 자료이다. (가)와 (나)에서 기체의 온도와 압력은 같다.

[23024-0035]

 <p>XY₄(g), Y₂Z(g) 3.4 g 2V L</p>	 <p>XY₄(g), XY₄Z(g) 6.4 g 3V L</p>
(가)	(나)

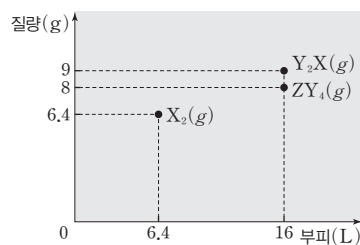
- Y 원자 수는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
- $\frac{X \text{ 원자 수}}{Z \text{ 원자 수}}$ 는 (나)에서가 (가)에서의 3배이다.
- (가)에서 Z의 질량은 1.6 g이고, (나)에서 X의 질량은 w g이다.

$w \times \frac{Z \text{의 원자량}}{X \text{의 원자량}}$ 은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 0.6 ② 2.4 ③ 4.8 ④ 5.4 ⑤ 9.6

10 그림은 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 3가지 기체의 부피와 질량을 나타낸 것이다.

[23024-0036]



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

보기

- ㄱ. 분자량은 $ZY_4 > X_2$ 이다.
- ㄴ. 원자량비는 $X : Z = 4 : 3$ 이다.
- ㄷ. 1 g에 들어 있는 Y 원자 수는 $ZY_4(g) > Y_2X(g)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

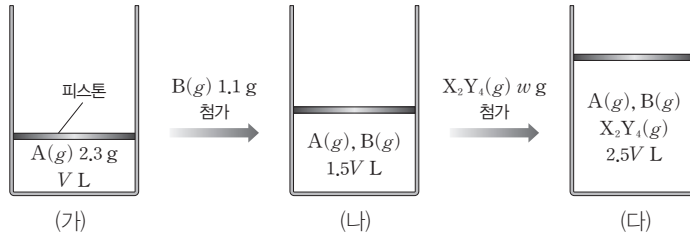
(가)와 (나)에서 기체의 온도와 압력이 같으므로 기체의 몰비는 부피비와 같다. 따라서 기체의 몰비는 (가) : (나) = 2 : 3 이다.

같은 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같고, 기체의 양(mol)이 같을 때 질량비는 분자량비와 같다.

기체의 부피비가 (가) : (나) : (다) = 1 : 1.5 : 2.5이므로 A 2.3 g을 n mol이라고 하면 B 1.1 g은 $0.5n$ mol이고, X_2Y_4 w g은 n mol이다.

(가)에서 $Y_2Z(g)$ 2.2 g을 n mol이라고 하면 (나) 과정 후 $2V$ L의 용기와 $2V$ L의 실린더 속 전체 기체의 양이 $4n$ mol이므로 XZ_2 6.6 g의 양은 $3n$ mol이고, (다) 과정 후 $2V$ L 용기, V L 용기와 $3V$ L의 실린더 속 전체 기체의 양이 $6n$ mol이므로 YZ_2 4.6 g의 양은 $2n$ mol이다.

11 그림 (가)는 실린더에 A(g) 2.3 g이 들어 있는 것을, (나)는 (가)의 실린더에 B(g) 1.1 g이 첨가된 것을, (다)는 (나)의 실린더에 $X_2Y_4(g)$ w g이 첨가된 것을 나타낸 것이다. A, B의 분자식은 각각 X_2Y , XY_2 중 하나이고, 실린더 속 전체 기체의 밀도비는 (가) : (다) = 23 : 32이며, 모든 기체는 반응하지 않는다.



$w \times \frac{Y \text{의 원자량}}{A \text{의 분자량}}$ 은? (단, X, Y는 임의의 원소 기호이고, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

- ① $\frac{4}{5}$ ② $\frac{46}{55}$ ③ $\frac{8}{5}$ ④ $\frac{92}{55}$ ⑤ $\frac{16}{5}$

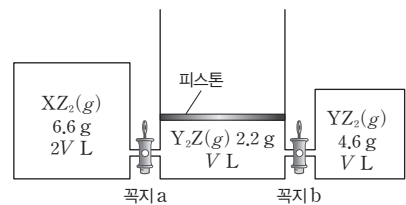
12 다음은 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체의 성질을 알아보는 실험이다. 모든 기체는 반응하지 않는다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 실린더와 용기에 3가지 기체를 각각 넣은 후, 실린더 속 기체의 부피를 측정한다.

(나) 쪽지 a를 열고 충분한 시간이 흐른 후, 실린더 속 기체의 부피를 측정한다.

(다) 쪽지 b를 열고 충분한 시간이 흐른 후, 실린더 속 기체의 부피를 측정한다.



[실험 결과]

○ 각 과정 후 실린더 속 기체의 부피

과정	(가)	(나)	(다)
실린더 속 기체의 부피(L)	V	2V	3V

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하며, 연결관의 부피는 무시한다.)

[보기]

ㄱ. 원자량은 $Z > Y > X$ 이다.

ㄴ. (나) 과정 후 실린더 속 $\frac{X \text{의 질량}}{Z \text{의 질량}} = \frac{9}{28}$ 이다.

ㄷ. (다) 과정 후 실린더 속 기체의 양(mol)은 $YZ_2(g)$ 가 $Y_2Z(g)$ 의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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"> • 반응물 : 수소 H₂, 산소 O₂ • 생성물 : 수증기 H₂O
2단계	반응물은 왼쪽에, 생성물은 오른쪽에 쓰고, 그 사이를 '→'로 연결한다. 또 반응물이나 생성물이 2가지 이상이면 각 물질을 '+'로 연결한다.	수소 + 산소 → 수증기 H ₂ + O ₂ → H ₂ 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 ₂ +O ₂ → 2H ₂ O ii) 수소 원자의 수를 같게 맞춘다. 2H ₂ +O ₂ → 2H ₂ O
4단계	물질의 상태는 () 안에 기호를 써서 화학식 뒤에 표시한다.	고체 : (s), 액체 : (l), 기체 : (g), 수용액 : (aq) 2H ₂ (g)+O ₂ (g) → 2H ₂ O(g)

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(N₂) 기체와 수소(H₂) 기체가 반응하여 암모니아(NH₃) 기체가 생성되는 반응의 화학 반응식을 쓰시오.

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(CH₃OH)이 연소하여 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)이 생성되는 반응

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

정답

1. C, D
2. ○
3. N₂(g)+3H₂(g) → 2NH₃(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 \Rightarrow 기체인 메테인과 산소가 반응하여 기체인 이산화 탄소와 액체인 물이 생성된다.			
물질의 양 (mol)	1	2	1	2
	\Rightarrow CH_4 1 mol과 O_2 2 mol이 반응하여 CO_2 1 mol과 H_2O 2 mol이 생성된다.			
분자 수	6.02×10^{23}	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$	6.02×10^{23}	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$
	\Rightarrow CH_4 분자 1개와 O_2 분자 2개가 반응하여 CO_2 분자 1개와 H_2O 분자 2개가 생성된다.			
기체의 부피(L) (0°C , 1 atm)	22.4	44.8	22.4	
	\Rightarrow CH_4 22.4 L와 O_2 44.8 L가 반응하여 CO_2 22.4 L가 생성된다.			
질량(g)	1×16	2×32	1×44	2×18
	\Rightarrow 반응한 물질의 양(mol)과 1 mol의 질량을 곱하여 반응한 질량과 생성된 질량을 구할 수 있으며, CH_4 16 g과 O_2 64 g이 반응하여 CO_2 44 g과 H_2O 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



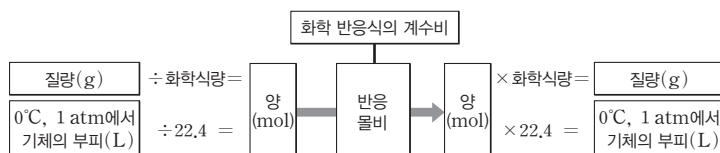
- 계수비는 $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 3 : 2$ 이다.
- 반응 몰비와 반응 분자 수비는 $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 3 : 2$ 이다.
- 일정한 온도와 압력에서 기체의 반응 부피비는 $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 3 : 2$ 이다.
- 반응 질량비는 $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 14 : 3 : 17$ 이다.

정답

1. ×
2. ○
3. ○
4. ×

2 화학 반응에서의 양적 관계

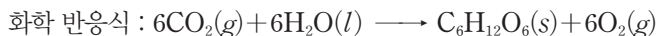
화학 반응에서 반응물과 생성물의 계수비가 반응 몰비와 같다는 것을 이용하여 반응물과 생성물의 질량이나 부피를 구할 수 있다.



(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(C₆H₁₂O₆) 90 g이 생성되는 데 필요한 물(H₂O)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.	$6\text{CO}_2(g) + \underline{6\text{H}_2\text{O}(l)} \longrightarrow \underline{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)} + 6\text{O}_2(g)$ 반응 몰비 6 : 1 물과 포도당의 반응 몰비는 6 : 1 = x : 0.5이므로 $x = 3$ 이다.
3단계	물의 양(mol)을 질량으로 변환한다.	H ₂ 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(NH₃) 30 L가 생성되는 데 필요한 수소(H₂)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

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

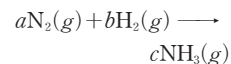
1. $\text{N}_2(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{NO}_2(g)$ 에서 반응의 양적 관계가 N₂ : O₂ : NO₂ = 1 : 2 : 2인 것을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 온도와 압력은 일정하다.)

보기

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

※ ○ 또는 ×

2. 다음은 N₂(g)와 H₂(g)의 반응에 대한 화학 반응식이다. (단, H와 N의 원자량은 각각 1, 14이고, 온도와 압력은 일정하다.)



- (1) $a + b > c$ 이다. ()
 (2) N₂ 10 g과 H₂ 30 g을 완전히 반응시킬 때 생성되는 NH₃의 질량은 20 g이다. ()
 (3) N₂ 28 g이 모두 반응하는 데 필요한 H₂의 질량은 6 g이다. ()
 (4) NH₃(g) 10 L가 생성되는 데 필요한 H₂(g)의 부피는 15 L이다. ()

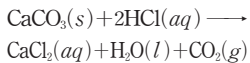
정답

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

개념 체크

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

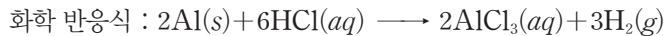
※ 다음은 탄산 칼슘(CaCO₃)과 묽은 염산(HCl(aq))의 반응에 대한 화학 반응식이다. (단, CaCO₃, CO₂의 화학식량은 각각 100, 44이고, t°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.)



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

2. t°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(H₂)의 0°C, 1 atm에서의 부피 구하기

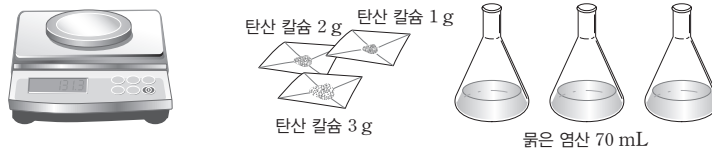


1단계	알루미늄 5.4 g의 양(mol)을 구한다.	양(mol) = $\frac{\text{질량}}{1 \text{ mol의 질량}} = \frac{5.4 \text{ g}}{27 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$
2단계	화학 반응식에서 알루미늄과 수소의 반응 몰비를 구하고, 비례식을 이용하여 생성되는 수소의 양(mol) x를 구한다.	$\frac{2\text{Al}(s) + 6\text{HCl}(aq) \rightarrow 2\text{AlCl}_3(aq) + 3\text{H}_2(g)}{\text{반응 몰비} \quad 2 \qquad \qquad \qquad 3}$ 알루미늄(Al)과 수소(H ₂)의 반응 몰비는 2 : 3 = 0.2 : x 이므로 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(CaCO₃)과 염산(HCl(aq))이 반응하여 염화 칼슘(CaCl₂), 물(H₂O), 이산화 탄소(CO₂)를 생성한다. 반응물인 탄산 칼슘(CaCO₃)과 생성물인 이산화 탄소(CO₂) 사이의 양적 관계를 확인해 보자.

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



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.(CaCO₃과 CO₂의 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 CaCO₃과 생성된 CO₂의 질량(g)과 양(mol)

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

분석 point

- 1. 화학 반응식에서 탄산 칼슘과 이산화 탄소의 반응 몰비를 구하면 CaCO₃ : CO₂ = 1 : 1이다.
- 2. 실험 결과에서 반응한 탄산 칼슘(CaCO₃)과 생성된 이산화 탄소(CO₂)의 몰비는 1 : 1이며, 화학 반응식의 계수비와 같다.

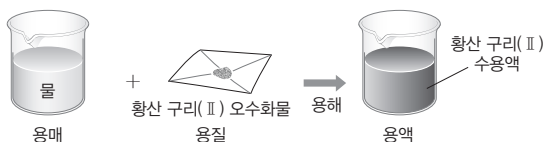
정답

- 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.

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

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

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

예 15% 포도당 수용액 200 g에 들어 있는 물과 포도당의 질량

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

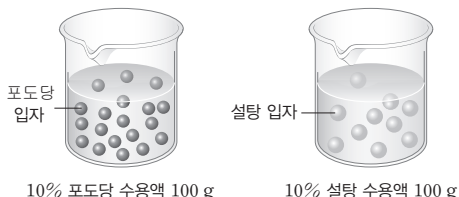
$$\text{포도당의 질량}(\text{g}) = 200 \text{ g} \times \frac{15}{100} = 30 \text{ g이다.}$$

\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

두 종류 이상의 순물질이 균일하게 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.

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

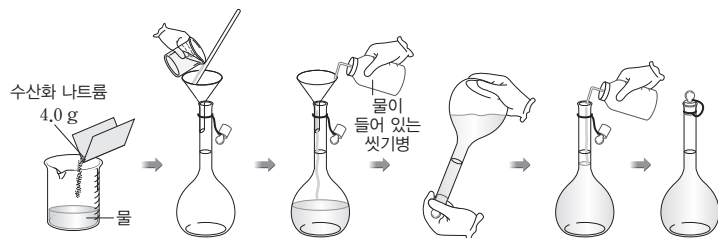
(2) 용액 만들기

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

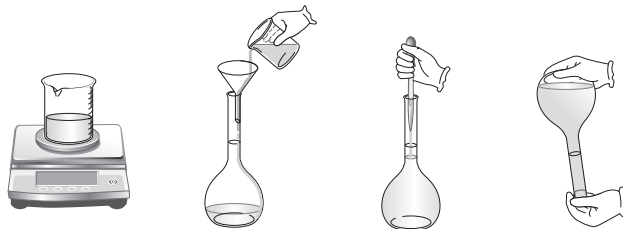
탐구자료 살펴보기 0.1 M 황산 구리(Ⅱ) 수용액 만들기

특정한 몰 농도의 수용액을 제조해 보자. 황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 화학식량은 249.7이다.

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

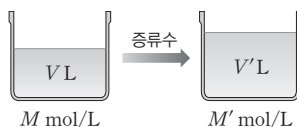
1. 증류수에 녹인 황산 구리(Ⅱ) 오수화물 24.97 g의 양(mol)은 황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 화학식량이 249.7이므로 $\frac{24.97 \text{ g}}{249.7 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.
2. 황산 구리(Ⅱ) 오수화물 0.1 mol이 녹아 있는 용액 전체의 부피가 1 L이므로 황산 구리(Ⅱ) 수용액의 몰 농도는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다.

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.



용질의 양(mol) = 몰 농도(mol/L) × 용액의 부피(L)

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

개념 체크

① 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 ×

1. 0.2 M 포도당 수용액 500 mL에 물을 넣어 1 L 수용액을 만들었다. (단, 포도당의 분자량은 180이다.)

(1) 0.2 M 포도당 수용액 500 mL에 녹아 있는 포도당의 질량은 18 g이다. ()

(2) 물을 넣어 희석한 용액의 물 농도는 0.1 M이다. ()

2. 1 M 포도당 수용액 100 mL와 2 M 포도당 수용액 100 mL를 혼합하고 물을 넣어 혼합 용액 300 mL를 만들었다. 이 혼합 용액의 물 농도를 구하시오.

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

① 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.

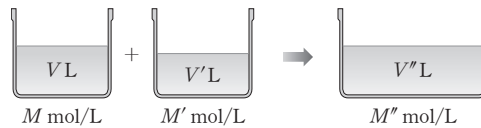
② 진한 용액에서 같은 양(mol)의 포도당을 얻는 데 필요한 부피를 계산한다.

→ 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.

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

② 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 각 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다.

• 용액의 물 농도가 $M \text{ mol/L}$ 인 용액 $V \text{ L}$ 에 $M' \text{ mol/L}$ 인 용액 $V' \text{ L}$ 를 혼합하여 용액의 물 농도가 $M'' \text{ mol/L}$, 용액의 전체 부피가 $V'' \text{ L}$ 가 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_3) 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_3 수용액 100 mL와 완전히 반응하는 데 필요한 NaCl 의 질량 구하기

[화학 반응식] $\text{AgNO}_3(aq) + \text{NaCl}(aq) \longrightarrow \text{AgCl}(s) + \text{NaNO}_3(aq)$

① 0.1 M AgNO_3 수용액 100 mL에 녹아 있는 AgNO_3 의 양(mol)을 구한다.

→ 용질의 양(mol) = 물 농도(mol/L) × 용액의 부피(L)이므로
 AgNO_3 의 양(mol) = 0.1 mol/L × 0.1 L = 0.01 mol이다.

② 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같고, AgNO_3 과 NaCl 의 계수비는 1 : 1이므로 AgNO_3 0.01 mol은 NaCl 0.01 mol과 반응한다.

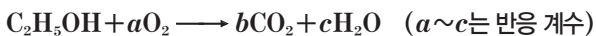
→ NaCl 의 화학식량이 58.5이므로 NaCl 0.01 mol의 질량은 0.585 g이며, 0.1 M AgNO_3 수용액 100 mL와 완전히 반응하는 데 필요한 NaCl 의 질량은 0.585 g이다.

정답

1. (1) ○ (2) ○
 2. 1 M

01 다음은 에탄올(C_2H_5OH)이 연소하는 반응의 화학 반응식이다.

[23024-0039]

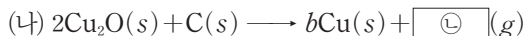


$\frac{b \times c}{a}$ 는?

- ① 0.5 ② 1 ③ 1.5
 ④ 2 ⑤ 4

02 다음은 2가지 반응의 화학 반응식이다.

[23024-0040]



(a, b 는 반응 계수)

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

보기

- ㄱ. $a=b$ 이다.
 ㄴ. 분자당 O 원자 수는 ㉠과 ㉡이 같다.
 ㄷ. (가)와 (나)에서 각각 1g의 Cu가 생성될 때 반응하는 반응물의 질량비는 $H_2 : C = 2 : 3$ 이다.

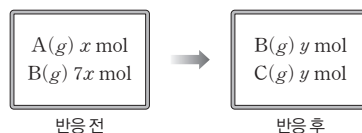
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다. B의 분자량은 $5x$ 이다.

[23024-0041]



그림은 강철 용기에 A(g) x mol과 B(g) $7x$ mol을 넣고 반응을 완결시켰을 때 반응 전과 후의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $b \times y = 6x$ 이다.
 ㄴ. 반응 후 용기 속 기체의 밀도 > 1이다.
 ㄷ. 강철 용기에 A(g) 1 mol과 B(g) 10x g을 넣고 반응을 완결시켰을 때 감소하는 전체 기체의 양은 $\frac{8}{5}$ mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 다음은 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$)이 분해되는 2가지 반응의 화학 반응식이다.

[23024-0042]



(a, b 는 반응 계수)

(가)와 (나)에서 각각 $NaHCO_3(s)$ 4.2 g이 반응할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, Na_2O , $NaHCO_3$, Na_2CO_3 의 화학식량은 각각 62, 84, 106 이고, $t^\circ C$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.)

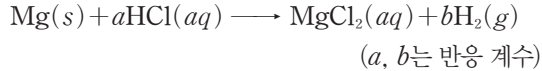
보기

- ㄱ. ㉠과 ㉡은 모두 CO_2 이다.
 ㄴ. $\frac{\text{(나)에서 생성된 } Na_2O \text{의 질량(g)}}{\text{(가)에서 생성된 } Na_2CO_3 \text{의 질량(g)}} = \frac{31}{53}$ 이다.
 ㄷ. 생성된 ㉠과 ㉡의 부피의 합은 $t^\circ C$, 1 atm에서 1.8 L이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 $Mg(s)$ 과 $HCl(aq)$ 의 반응에서 2 M $HCl(aq)$ 200 mL에 들어 있는 HCl 가 모두 반응할 때 생성되는 $H_2(g)$ 의 질량을 구하는 과정이다.

[단계 1] $Mg(s)$ 과 $HCl(aq)$ 이 반응하여 $H_2(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식을 완성한다.



[단계 2] 2 M $HCl(aq)$ 200 mL에 들어 있는 HCl 의 양(mol)을 계산한다.

$$HCl \text{의 양(mol)} = 2 \text{ M} \times \boxed{\text{㉠}}$$

[단계 3] 반응 계수비로부터 생성되는 $H_2(g)$ 의 양(mol)을 계산한다.

$$H_2(g) \text{의 양(mol)} = HCl \text{의 양(mol)} \times \boxed{\text{㉡}}$$

$$= \boxed{\text{㉢}} \text{ mol}$$

[단계 4] 단계 3에서 구한 $H_2(g)$ 의 양(mol)으로부터 $H_2(g)$ 의 질량을 계산한다.

$$H_2(g) \text{의 질량} = \boxed{\text{㉣}} \text{ mol} \times H_2 \text{ 1 mol의 질량}$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. ㉠은 0.2 L이다.
 - ㉡. ㉡은 $\frac{b}{a}$ 이다.
 - ㉢. ㉢은 0.4이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

06 표는 $t^\circ C$ 에서 3가지 수용액에 대한 자료이다. [23024-0044]

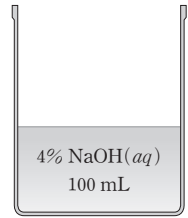
수용액	A(aq)	B(aq)	C(aq)
용질의 질량(g)	2	1	1
용질의 화학식량	a	x	$\frac{2}{3}a$
용액의 부피(mL)	150	50	75
용액의 몰 농도(M)	$2b$	b	y

$x \times y$ 는?

- ① $\frac{20}{3}$ ② $\frac{40}{3}$ ③ 20 ④ 40 ⑤ 60

07 그림은 4% $NaOH(aq)$ 100 mL를 나타낸 것이다. 용액의 밀도는 1.05 g/mL이다.

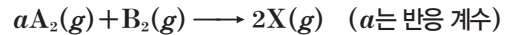
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $NaOH$ 의 화학식량은 40이다.)



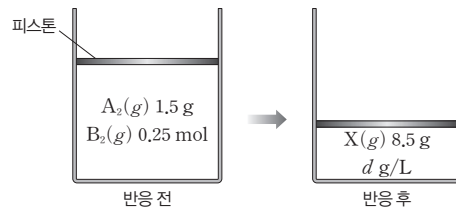
- 보기
- ㉠. 용액에 녹아 있는 용질의 질량은 4 g이다.
 - ㉡. 용액 1 g에 녹아 있는 용질의 양은 $\frac{1}{1000}$ mol이다.
 - ㉢. 물을 넣어 200 mL로 만든 용액의 몰 농도는 0.5 M이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢

08 다음은 $t^\circ C$, 1 atm에서 $A_2(g)$ 와 $B_2(g)$ 가 반응하여 $X(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식이다. X 의 분자당 구성 원자 수는 4이다. [23024-0046]



그림은 실린더에 $A_2(g)$ 와 $B_2(g)$ 를 넣고 반응을 완결시켰을 때 반응 전과 후의 모습을 나타낸 것이다.

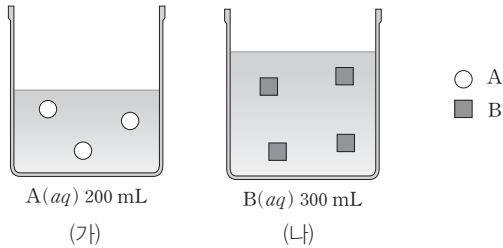


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 임의의 원소 기호이고, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하며, $t^\circ C$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이며, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㉠. $a = 3$ 이다.
 - ㉡. 분자량비는 $B_2 : X = 14 : 17$ 이다.
 - ㉢. $d = \frac{17}{12}$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉠, ㉢

09 그림은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 같은 질량의 A와 B가 각각 녹아 있는 수용액 (가)와 (나)를 모형으로 나타낸 것이다. 모형 1개는 입자 $n \text{ mol}$ 에 해당한다.



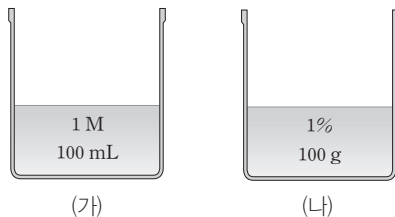
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 용질의 양(mol)은 (나)가 (가)보다 크다.
- ㄴ. 용액의 몰 농도는 (나)가 (가)보다 크다.
- ㄷ. 용질의 화학식량은 B가 A보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $\text{NaOH}(aq)$ (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



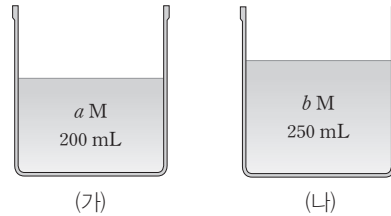
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용액의 온도는 $t^{\circ}\text{C}$ 로 일정하고, NaOH 의 화학식량은 40이다.)

보기

- ㄱ. (가)에 물을 넣어 250 mL로 만든 용액의 몰 농도는 0.4 M이다.
- ㄴ. (나)에 $\text{NaOH}(s)$ 1 g을 추가로 녹인 후 물 99 g을 넣은 용액의 퍼센트 농도는 0.5%이다.
- ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 용액에 물을 넣어 250 mL로 만든 용액의 몰 농도는 0.5 M이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $\text{NaOH}(aq)$ (가)와 (나)를 나타낸 것이다. 녹아 있는 NaOH 의 질량은 (가)와 (나)가 같고, 용액의 질량은 (나)가 (가)의 1.2배이다.



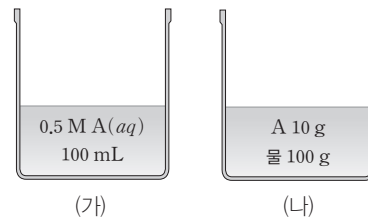
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH 의 화학식량은 40이다.)

보기

- ㄱ. (가)에 녹아 있는 NaOH 의 질량은 $8a$ g이다.
- ㄴ. $a : b = 4 : 5$ 이다.
- ㄷ. 용액의 밀도는 (나)가 (가)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

12 그림은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $A(aq)$ (가)와 (나)를 나타낸 것이다. (가)의 밀도는 1.05 g/mL 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용액의 온도는 $t^{\circ}\text{C}$ 로 일정하고, A의 화학식량은 100이다.)

보기

- ㄱ. 용매의 질량은 (가)와 (나)가 같다.
- ㄴ. (가)에 $A(s)$ 5 g을 추가로 녹인 용액의 퍼센트 농도는 (나)와 같다.
- ㄷ. (나)에 물을 넣어 200 mL로 만든 용액의 몰 농도는 (가)와 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0051]

(가)의 분자식을 C_aH_b , (나)의 분자식을 C_mH_n 이라고 하면 $a+b=5$ 이고, $m+n=x$ 이며, $\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ 의 비는 $\frac{b}{a} : \frac{n}{m} = 3 : 20$ 이다.

01 표는 C와 H로 이루어진 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

분자	(가)	(나)
분자당 원자 수	5	x
$\frac{H \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}}$ (상댓값)	3	2
분자량(상댓값)	4	11

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

□ 보기 □

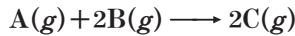
- ㄱ. $x=8$ 이다.
- ㄴ. (가)와 (나) 각각 1 mol이 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 3이다.
- ㄷ. (가)와 (나) 각각 1 g이 완전 연소할 때 반응하는 O_2 의 질량비는 (가) : (나) = 15 : 14이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

반응 후 전체 기체의 부피비는 (가) : (나) = 4 : 9이므로 전체 기체의 몰비도 (가) : (나) = 4 : 9이다.

[23024-0052]

02 다음은 $t^\circ C$, 1 atm에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 반응하여 $C(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 실린더 (가)와 (나)에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 질량을 달리하여 넣고 각각 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후 기체에 대한 자료이다. A의 분자량은 32이다.

실린더	반응 전		반응 후	
	A의 질량(g)	B의 질량(g)	A 또는 B의 양	전체 기체의 부피(L)
(가)	4	10	a g	$4V$
(나)	16	15	b mol	$9V$

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

□ 보기 □

- ㄱ. $\frac{b}{a} = \frac{1}{10}$ 이다.
- ㄴ. 분자량비는 B : C = 15 : 23이다.
- ㄷ. $\frac{\text{생성된 } C(g) \text{의 양(mol)}}{\text{반응 후 전체 기체의 양(mol)}}$ 의 비는 (가) : (나) = 9 : 8이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 $\text{X}(s)$ 와 $\text{HCl}(aq)$ 의 반응에서의 양적 관계를 알아보는 실험이다.

[23024-0053]

[화학 반응식]



[실험 과정 및 결과]

- (가) $\text{HCl}(aq)$ 50 mL가 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 w_1 g이었다.
 (나) $\text{X}(s)$ 2 g을 (가)의 삼각 플라스크에 넣고 $\text{X}(s)$ 가 모두 반응하였을 때 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 $\text{CO}_2(g)$ 480 mL가 생성되었다.
 (다) 반응이 완결된 후 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 w_2 g이었다.

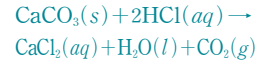
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이고, 물의 증발과 물에 대한 CO_2 의 용해는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. X의 화학식량은 100이다.
 ㄴ. 실험으로 구한 CO_2 의 분자량은 $50(w_1 - w_2)$ 이다.
 ㄷ. 반응 전 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.8 M 이상이다.

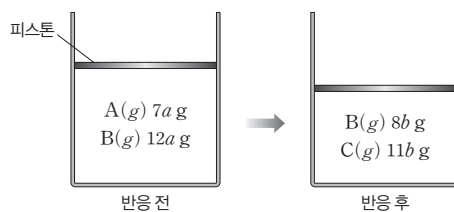
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

반응물과 생성물에 있는 원자의 종류와 수는 같으므로 X는 CaCO_3 이고, 화학 반응식은 다음과 같다.



04 그림은 $2\text{A}(g) + \text{B}(g) \longrightarrow 2\text{C}(g)$ 의 반응에서 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 를 실린더에 넣고 반응시켰을 때의 반응 전과 후 실린더에 존재하는 물질과 양을 나타낸 것이다.

[23024-0054]



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

[보기]

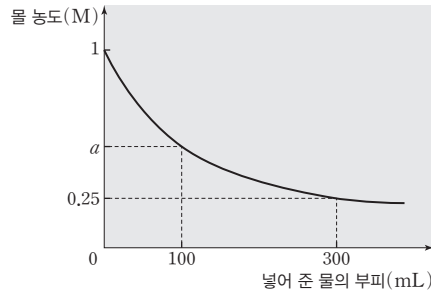
- ㄱ. $a = b$ 이다.
 ㄴ. 분자량비는 $\text{A} : \text{C} = 7 : 11$ 이다.
 ㄷ. $\frac{\text{반응 후 실린더 속 기체의 밀도}}{\text{반응 전 실린더 속 기체의 밀도}} = \frac{5}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

반응 전과 후의 전체 기체의 질량은 같으므로 실린더 속 기체의 밀도는 부피에 반비례한다.

07 그림은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 1 M NaOH(aq) x mL에 물을 추가할 때 넣어 준 물의 부피에 따른 NaOH(aq)의 몰 농도를 나타낸 것이다.

[23024-0057]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH의 화학식량은 40이고, 용액의 온도는 $t^{\circ}\text{C}$ 로 일정하며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

| 보기 |

- ㄱ. 용액에 녹아 있는 NaOH의 질량은 3 g이다.
 ㄴ. $x \times a = 50$ 이다.
 ㄷ. 넣어 준 물의 부피가 400 mL일 때, 용액의 몰 농도는 0.15 M이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 A(aq)을 만드는 실험이다.

[23024-0058]

- (가) 소량의 물에 A(s) 36 g을 녹인 후 x mL 부피 플라스크에 모두 넣고 표시선까지 물을 넣고 섞어 1.2 M A(aq)을 만든다.
 (나) (가)에서 만든 A(aq) 300 mL에 물을 넣어 a M A(aq) 400 mL를 만든다.
 (다) (가)에서 만든 A(aq) $(x-300)$ mL에 A(s) 3.6 g을 추가로 녹인 후 물을 넣어 0.5 M A(aq) y mL를 만든다.
 (라) (나)에서 만든 수용액과 (다)에서 만든 수용액을 혼합하여 b M A(aq)을 만든다.

$\frac{y \times a}{x \times b}$ 는? (단, A의 화학식량은 60이고, 온도는 일정하며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

- ① $\frac{11}{18}$ ② $\frac{22}{25}$ ③ $\frac{25}{22}$ ④ $\frac{18}{11}$ ⑤ $\frac{9}{5}$

가한 물의 부피가 300 mL일 때 수용액의 부피는 $(x+300)$ mL이고, 몰 농도는 0.25 M이므로

$$\frac{\left(1 \times \frac{x}{1000}\right) \text{ mol}}{\frac{(x+300)}{1000} \text{ L}} = 0.25 \text{ M}$$

이다.

(나)와 (다)를 혼합한 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 (나)에 녹아 있는 용질의 양(mol)과 (다)에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다.

(가)~(다)에 녹아 있는 X의 양은 각각 $0.4a$ mol, $0.4b$ mol, $0.2b$ mol이다.

30% A(aq) 1000 mL에 녹아 있는 A의 질량은 $\frac{30}{100} \times 1000d \text{ g} = 300d \text{ g}$ 이다.

[23024-0059]

09 표는 $t^\circ\text{C}$ 에서 X(aq) (가)~(다)에 대한 자료이다.

용액	(가)	(나)	(다)
부피(L)	a	b	b
몰 농도(M)	0.4	0.4	0.2
용질의 질량(g)	x	$2x$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X의 화학식량은 60이고, 용액의 온도는 $t^\circ\text{C}$ 로 일정하며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

보기

ㄱ. $2a = b$ 이다.

ㄴ. $\frac{a+b}{x} = \frac{1}{8}$ 이다.

ㄷ. (가)와 (다)를 혼합한 용액의 몰 농도는 $\frac{4}{15}$ M이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0060]

10 다음은 $t^\circ\text{C}$ 에서 A(aq)을 만드는 실험이다.

[자료]

- A의 화학식량 : 60
- $t^\circ\text{C}$ 에서 30% A(aq)의 밀도 : $d \text{ g/mL}$

[실험 과정]

(가) 30% A(aq) $x \text{ mL}$ 를 취하여 500 mL 부피 플라스크에 넣는다.

(나) 부피 플라스크의 표시선까지 물을 채운 후 용액을 잘 섞어 0.2 M A(aq) 500 mL를 만든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용액의 온도는 $t^\circ\text{C}$ 로 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

보기

ㄱ. 30% A(aq) 1 mL에 녹아 있는 A의 질량은 $3d \text{ g}$ 이다.

ㄴ. $x = \frac{20}{d}$ 이다.

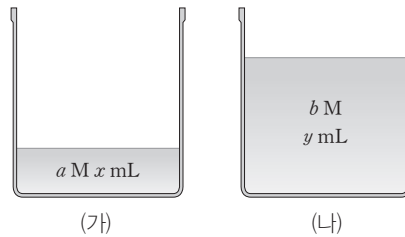
ㄷ. 30% A(aq) $\frac{x}{10} \text{ mL}$ 와 0.2 M A(aq) $10dx \text{ mL}$ 를 혼합한 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 0.3 g 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 다음은 NaOH(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다.

[23024-0061]

- $x+y=400$ 이다.
- (가)와 (나)를 혼합한 용액의 몰 농도는 1.25 M이다.
- 녹아 있는 용질의 질량은 (가)의 $\frac{1}{2}x$ mL에서와 (나)의 $\frac{1}{18}y$ mL에서가 같다.
- (나)에서 NaOH(aq) 20 mL를 취한 후 물을 넣어 50 mL로 만든 용액의 몰 농도는 0.6 M이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용액의 온도는 $t^{\circ}\text{C}$ 로 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

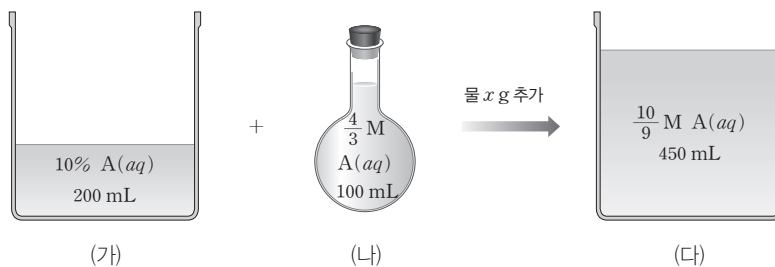
| 보기 |

- ㄱ. 용액에 녹아 있는 NaOH의 질량비는 (가) : (나) = 1 : 3이다.
- ㄴ. $x : y = 1 : 3$ 이다.
- ㄷ. $a : b = 1 : 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 10% A(aq) 200 mL와 $\frac{4}{3}$ M A(aq) 100 mL를 혼합한 후 물 x g을 추가하여 $\frac{10}{9}$ M A(aq) 450 mL를 만드는 것을 나타낸 것이다. (가)의 밀도는 1.1 g/mL이고, (나)의 밀도는 1.08 g/mL이며, (다)에서 $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{물의 양(mol)}} = \frac{1}{50}$ 이다.

[23024-0062]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물의 화학식량은 18이다.)

| 보기 |

- ㄱ. A의 화학식량은 40이다.
- ㄴ. (나)에서 물의 질량은 100 g이다.
- ㄷ. $x = 152$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)와 (나)를 혼합한 수용액의 부피는 400 mL이고, 몰 농도는 1.25 M이므로 녹아 있는 전체 A의 양은 $1.25 \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$ 이다.

혼합 전 각 용액에 들어 있는 A의 양(mol) 또는 질량의 합은 혼합 후 용액에 녹아 있는 A의 양(mol) 또는 질량과 같다.

II

원자의 세계

2023학년도 대학수학능력시험 15번

15. 표는 원소 X와 Y에 대한 자료이고, $a+b+c+d=100$ 이다.

원소	원자 번호	동위 원소	자연계에 존재하는 비율(%)	평균 원자량
X	17	^{35}X	a	35.5
		^{37}X	b	
Y	31	^{69}Y	c	69.8
		^{71}Y	d	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, ^{35}X , ^{37}X , ^{69}Y , ^{71}Y 의 원자량은 각각 35.0, 37.0, 69.0, 71.0이다.)

<보 기>

ㄱ. $\frac{d}{c} = \frac{2}{3}$ 이다.

ㄴ. $\frac{1\text{g의 }^{69}\text{Y에 들어 있는 양성자수}}{1\text{g의 }^{71}\text{Y에 들어 있는 양성자수}} > 1$ 이다.

ㄷ. X_2 1 mol에 들어 있는 ^{35}X 와 ^{37}X 의 존재 비율(%)이 각각 a , b 일 때, 중성자의 양은 37 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능완성 29쪽 4번

04

▶22067-0051

표는 자연계에 2가지 동위 원소만 존재하는 염소(Cl)에 대한 자료이다. Cl의 평균 원자량은 35.5이다.

동위 원소	원자량	존재 비율(%)
^{35}Cl	35	x
^{37}Cl	37	y

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, Cl의 원자 번호는 17이다.)

「 보 기 」

ㄱ. $x : y = 3 : 1$ 이다.

ㄴ. 중성자수의 비는 $^{35}\text{Cl} : ^{37}\text{Cl} = 9 : 10$ 이다.

ㄷ. $\frac{\text{분자량이 가장 큰 Cl}_2\text{의 존재 비율}(\%)}{\text{분자량이 가장 작은 Cl}_2\text{의 존재 비율}(\%)} = \frac{1}{9}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계
분석

수능 15번 문항은 수능완성 29쪽 4번 문항과 연계하여 출제되었다. 수능완성에서는 한 종류의 동위 원소에 대한 자료를 제시하였고, 수능에서는 두 종류의 동위 원소에 대한 자료를 제시하였지만 두 문항 모두 질량수가 다른 동위 원소의 원자량과 평균 원자량에 대한 자료가 주어지고 이를 통해 문제를 해결하도록 하는 점에서 매우 유사하다. 또한 주어진 자료를 바탕으로 미지수로 제시한 동위 원소의 자연계 존재 비율과 원자의 구성 입자 수(양성자수 또는 중성자수), 그리고 동위 원소로 이루어진 분자의 존재 비율과 관련된 내용에 대해 묻고 있는 점에서 매우 유사하다. 따라서 이 문항은 연계 문항과 유사성이 매우 높은 문항이다.

학습
대책

동위 원소의 평균 원자량과 존재 비율에 관련된 문항은 출제 빈도가 매우 높은 문항이다. 이러한 문항들에서는 보통 원자량과 평균 원자량을 자료로 제시하고 존재 비율을 물어보거나, 원자량과 존재 비율을 자료로 제시하고 평균 원자량을 비교하거나 구하는 것을 꼭 물어보고 있다. 또한 동위 원소들로 구성된 분자의 종류와 존재 비율, 분자를 이루는 중성자의 양에 대해서도 자주 물어보고 있다. 출제 빈도는 매우 높으나 동위 원소에 대한 학습 내용이 어렵지 않고, 또한 질문의 유형도 일정하므로 틀리지 않도록 관련 문항들을 반복적으로 풀어보는 연습과 노력이 필요하다.



2023학년도 6월 모의평가 9번

9. 표는 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z의 원자 번호는 각각 8~15 중 하나이다.

원자	X	Y	Z
s 오비탈에 들어 있는 전자 수	a		a
p 오비탈에 들어 있는 전자 수		a	
p 오비탈에 들어 있는 전자 수	1	b	b
s 오비탈에 들어 있는 전자 수			

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. $b = \frac{3}{2}$ 이다.
- ㄴ. Y와 Z는 같은 주기 원소이다.
- ㄷ. 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 Z가 X의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 80쪽 8번

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
출전자 수	z		

$x + y + z$ 는? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 7 ② 9 ③ 10
④ 11 ⑤ 13

연계 분석

6월 모의평가 9번 문항은 수능특강 80쪽 8번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 3가지 원자의 s 오비탈에 들어 있는 전자 수와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수에 대한 값 또는 서로 비교할 수 있는 미지수를 자료로 제시하고 있는 점에서 매우 유사하다. 또한 두 문항 모두 주어진 자료를 바탕으로 3가지 원자가 어떤 원자인지를 알아내는 것이 중요하며, 이를 통해 주어진 자료에서의 미지수가 얼마인지 묻고 있는 점에서 매우 유사하다. 따라서 이 문항은 연계 문항과 유사성이 매우 높은 문항이다.

학습 대책

2주기 및 3주기 원자의 바닥상태 전자 배치에 관련된 문항은 출제 빈도가 매우 높은 문항이며, 매년 6월, 9월 모의평가와 수능에서 빠지지 않고 출제되고 있다. 따라서 2, 3주기 원자의 바닥상태 전자 배치를 그리는 것은 매우 기본적이고 중요하며, 이와 관련하여 쌍음 원리, 훈트 규칙, 파울리 배타 원리에 대한 학습을 통해 들뜬상태 전자 배치와 불가능한 전자 배치에 대해서도 알아 놓는 것이 중요하다. 아울러 2, 3주기 바닥상태 원자의 전자 배치와 관련된 문항에서 출전자 수, s 오비탈과 p 오비탈에 들어 있는 전자 수, 전자가 들어 있는 s 오비탈 수와 p 오비탈 수를 능숙하게 활용하여 문제를 해결할 수 있도록 다양한 유형의 문항을 많이 풀어보는 등 꾸준한 학습이 병행되어야 한다.

개념 체크

● 톰슨은 음극선이 전자의 흐름이라는 것을 발견하였다.

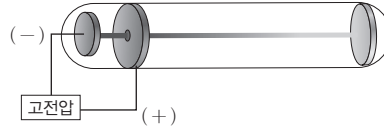
1. 음극선의 진로에 장애물을 설치하면 그림자가 생기는 것은 음극선이 ()하기 때문이다.

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

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.



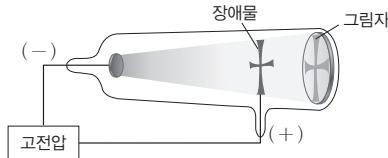
② 음극선 실험 : 1897년 톰슨은 음극선에 대한 몇 가지 실험 결과를 통해 음극선이 질량을 가지며 (-)전하를 띤 입자의 흐름임을 알아내었다. (-)극으로 사용한 금속의 종류와 방전관에 들어 있는 기체의 종류에 관계없이 음극선이 같은 특성을 보이므로 음극선의 구성 입자가 모든 물질의 공통적인 입자라고 생각하였고, 이를 전자라고 하였다.

탐구자료 살펴보기 음극선의 성질

탐구 자료 및 자료 해석

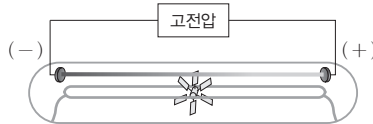
(가) 음극선의 진로에 장애물을 설치하면 그림자가 생긴다.

→ 음극선이 직진함을 알 수 있다.



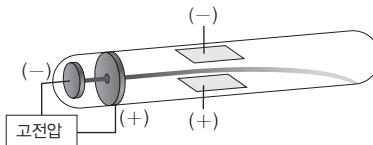
(나) 음극선의 진로에 바람개비를 설치하면 바람개비가 회전한다.

→ 음극선이 질량을 가진 입자의 흐름임을 알 수 있다.



(다) 전기장에서 음극선의 진로가 (+)극 쪽으로 휘다.

→ 음극선이 (-)전하를 띤다는 것을 알 수 있다.



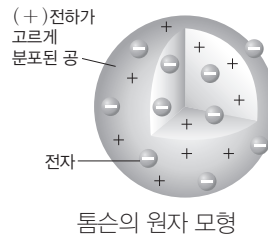
분석 point

음극선은 직진하면서 질량을 갖는 (-)전하를 띤 입자의 흐름이다.

정답

1. 직진
2. (-)전하

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



(2) 원자핵의 발견

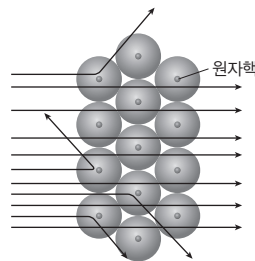
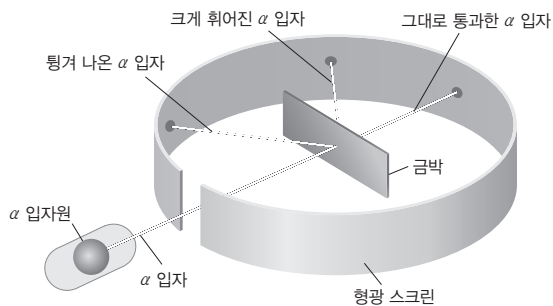
① **α 입자 산란 실험** : 1911년 러더퍼드는 금박에 (+) 전하를 띤 α 입자를 충돌시키는 실험을 한 결과, 대부분의 α 입자는 금박을 그대로 통과하지만 극히 일부의 α 입자가 크게 휘어지거나 튕겨 나오는 현상을 관찰하게 되었다. 이를 바탕으로 원자의 대부분이 빈 공간이며 원자의 중심에 원자 질량의 대부분을 차지하면서 크기가 매우 작고 (+) 전하를 띤 입자가 있음을 발견하였고, 이를 원자핵이라고 하였다.

탐구자료 살펴보기

α 입자 산란 실험과 원자핵의 발견

실험 과정

금박 주위에 원형 형광 스크린을 장치하고 α 입자를 금박에 충돌시킨다.



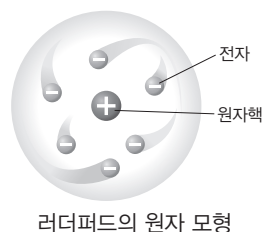
실험 결과

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

분석 point

1. 대부분의 α 입자가 금박을 그대로 통과하므로 금박을 구성하고 있는 원자의 대부분은 빈 공간이다.
2. 극히 일부의 α 입자가 금박에서 크게 휘어지거나 튕겨 나오므로 α 입자를 크게 휘어지게 하거나 튕겨 내는 입자는 크기가 매우 작고, (+) 전하를 띠며, 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 띠는 매우 작은 크기의 원자핵이 원자의 중심에 있고, (-) 전하를 띤 전자가 원자핵 주위를 돌고 있는 원자 모형을 제안하였다.



개념 체크

① α 입자 산란 실험에서 대부분의 α 입자는 금박을 그대로 통과하여 직진한다.

② α 입자를 금박에 충돌시켰을 때 극히 일부의 α 입자가 크게 휘어지거나 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 α 입자 산란 실험을 통해 ()을 발견하였다.

정답

1. 전자
2. 원자핵

개념 체크

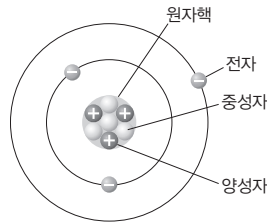
- 양성자와 중성자는 원자핵을 구성한다.
- 전자의 질량은 양성자와 중성자의 질량에 비해 매우 작다.
- 원자 번호 = 양성자수 = 원자의 전자 수
- 질량수 = 양성자수 + 중성자수

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

(3) 원자를 구성하는 입자

- ① 원자의 구조 : 원자는 물질을 구성하는 기본 입자로, 원자의 중심에 (+)전하를 띠는 원자핵이 있고, 원자핵 주위에 (-)전하를 띠는 전자가 위치한다. 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다.
- ② 원자를 구성하는 입자의 성질

구성 입자	질량(g)	상대적 질량	전하량(C)	상대적 전하	
원자핵	양성자(p)	1.673×10^{-24}	1	$+1.6 \times 10^{-19}$	+1
	중성자(n)	1.675×10^{-24}	1	0	0
전자(e^-)	9.109×10^{-28}	$\frac{1}{1836}$	-1.6×10^{-19}	-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.
- 중성자(n) : 양성자와 질량이 거의 같으며 전하를 띠지 않는 입자로 양성자와 함께 원자핵을 구성한다. 같은 원소의 원자라도 중성자수는 다를 수 있다.
- 전자(e^-) : 양성자와 전하량의 크기는 같고 부호는 반대인 (-)전하를 띠는 입자로, 질량은 양성자 질량의 $\frac{1}{1836}$ 배 정도이다.
- 양성자와 전자는 전하량의 크기는 같지만 전하의 부호가 서로 반대이며, 원자에서 양성자수와 전자 수는 같으므로 원자는 전기적으로 중성이다.

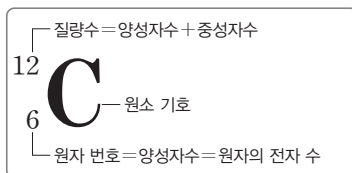
(4) 원자의 표시

- 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 질량수라고 한다. 질량수는 원소 기호의 왼쪽 위에 표시한다.

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



정답

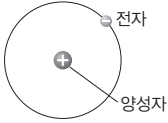
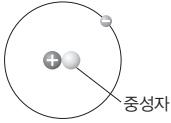
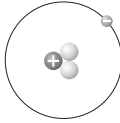
1. 중성자
2. 전자
3. $b - a$

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.

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			

개념 체크

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

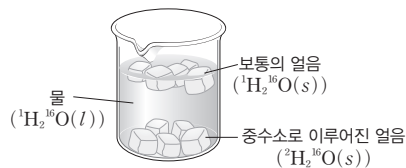
● 동위 원소는 화학적 성질은 거의 같으나 물리적 성질은 다르다.

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

2. 동위 원소는 ()가 같고, ()가 다르다.

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(H_2O) 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 쓰지만 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.



H_2O 을 구성하는 원자들의 질량수의 합

H_2O	${}^{16}\text{O}$	${}^{17}\text{O}$	${}^{18}\text{O}$
${}^1\text{H}, {}^1\text{H}$	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.

정답

1. 1, 2, 1

2. 양성자수, 중성자수

개념 체크

● 평균 원자량

자연계에 존재하는 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 원자량이다.

1. ()은 자연계에 존재하는 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 원자량이다.

2. 자연계에 존재하는 염소(Cl)는 ^{35}Cl , ^{37}Cl 2가지이며, 각각의 원자량은 35.0, 37.0이다. Cl의 평균 원자량이 35.5인 것으로 보아 자연계 존재 비율은 ()가 ()보다 크다.

(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.

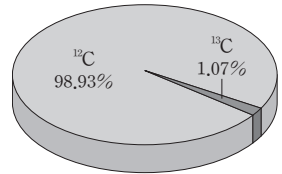
예 탄소(C)의 평균 원자량 구하기 : 원자량이 12인 ^{12}C 의 자연 존재 비율은 98.93%이고, 원자량이 13.003인 ^{13}C 의 자연 존재 비율은 1.07%이다.

$$\begin{array}{c} \begin{array}{c} ^{12}\text{C의} \\ \text{원자량} \end{array} \\ \downarrow \\ \boxed{12} \end{array} \times \begin{array}{c} \begin{array}{c} ^{12}\text{C의} \\ \text{자연 존재 비율} \end{array} \\ \downarrow \\ \boxed{\frac{98.93}{100}} \end{array} + \begin{array}{c} \begin{array}{c} ^{13}\text{C의} \\ \text{원자량} \end{array} \\ \downarrow \\ \boxed{13.003} \end{array} \times \begin{array}{c} \begin{array}{c} ^{13}\text{C의} \\ \text{자연 존재 비율} \end{array} \\ \downarrow \\ \boxed{\frac{1.07}{100}} \end{array} = \boxed{12.011}$$



과학 돋보기 | 질량수와 원자량

질량수는 원자핵을 구성하는 양성자수와 중성자수를 합한 수이고, 동위 원소를 구별하기 위해 사용한다. 원자의 질량은 대부분 원자핵이 차지하므로 원자의 질량수는 원자의 상대적 질량을 대략적으로 알려준다. ^{12}C 와 ^{13}C 는 양성자수가 같으나 중성자수가 달라 질량수가 다른 동위 원소로 질량수가 큰 ^{13}C 가 질량수가 작은 ^{12}C 보다 원자의 질량이 크다. 그러나 질량수와 원자량이 반드시 같은 것은 아니다. 양성자와 중성자 등과 같은 입자가 결합하여 원자를 형성할 때 에너지가 방출되면서 질량이 감소하므로 단순히 질량수만으로 각 동위 원소의 원자량을 알 수가 없다.



탄소의 동위 원소 존재 비율(%)

• ^{13}C 의 원자량 : 질량수와 원자량은 유사한 값을 갖지만 항상 같지는 않다. ^{13}C 의 원자량은 13.003이다.

탐구자료 살펴보기 | 붕소의 평균 원자량 구하기

탐구 자료

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

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

자료 해석

- ^{10}B 의 존재 비율인 19.9%와 ^{11}B 의 존재 비율인 80.1%의 합이 100%이므로 자연계에 존재하는 B의 동위 원소는 ^{10}B 와 ^{11}B 2가지이다.
- B의 평균 원자량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\text{B의 평균 원자량} = (^{10}\text{B의 원자량}) \times (^{10}\text{B의 존재 비율}) + (^{11}\text{B의 원자량}) \times (^{11}\text{B의 존재 비율})$$

$$= 10.0 \times \frac{19.9}{100} + 11.0 \times \frac{80.1}{100} \approx 10.8$$
- B의 평균 원자량은 존재 비율이 작은 ^{10}B 의 원자량인 10.0보다 존재 비율이 큰 ^{11}B 의 원자량인 11.0에 더 가까운 값이다.

분석 point

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

정답

1. 평균 원자량
2. ^{35}Cl , ^{37}Cl

01 다음은 원자를 구성하는 입자에 대한 설명이다. ㉠~㉣은 각각 양성자, 중성자, 전자 중 하나이다. [23024-0063]

원자를 구성하는 입자의 종류에는 양성자, 중성자, 전자가 있다. 모든 원자에는 ㉠과 ㉡가 들어 있고, ㉢은 원자핵을 구성하는 입자 중 하나이다. 질량은 ㉡가 ㉠보다 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
 ㄱ. ㉠은 ${}^3\text{He}^{2+}$ 을 구성하는 입자이다.
 ㄴ. ㉠은 모든 이온에 들어 있는 입자이다.
 ㄷ. ㉢은 ${}^1\text{H}$ 를 구성하는 입자이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

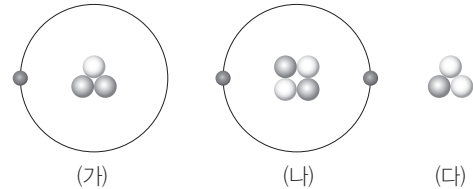
02 다음은 입자 X에 대한 자료이다. [23024-0064]

- 중성자수는 양성자수보다 1만큼 크다.
- 전자 수는 양성자수보다 1만큼 크다.

다음 중 입자 X로 가장 적절한 것은?

- ① ${}^2_1\text{H}$ ② ${}^7_3\text{Li}^+$ ③ ${}^{17}_8\text{O}^{2-}$
 ④ ${}^{19}_9\text{F}^-$ ⑤ ${}^{37}_{17}\text{Cl}^-$

03 그림은 원자 또는 이온 (가)~(다)를 구성하는 입자를 모형으로 나타낸 것이다. ●, ○, ⊙은 각각 양성자, 중성자, 전자 중 하나이고, (가)~(다) 중 원자는 1가지이다. [23024-0065]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

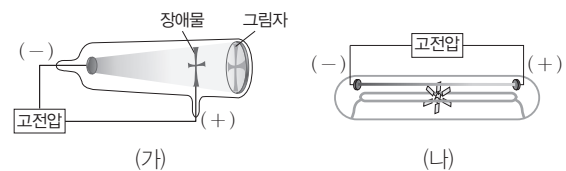
보기
 ㄱ. (다)는 ${}^3\text{H}^+$ 이다.
 ㄴ. 중성자수는 (가)와 (나)가 같다.
 ㄷ. ${}^{23}_{11}\text{Na}^+$ 에서 입자 수는 ●이 ○보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

04 다음은 원자를 구성하는 입자 X의 발견과 관련된 실험이다. [23024-0066]

[실험 과정 및 결과]

- (가) 음극선의 진로에 장애물을 설치하였더니 그림자가 생겼다.
 (나) 음극선의 진로에 바람개비를 설치하였더니 바람개비가 회전하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
 ㄱ. X는 질량을 가진다.
 ㄴ. (나)에서 (-)극으로 사용한 금속의 종류를 다르게 하더라도 바람개비는 회전한다.
 ㄷ. 이 실험으로 X가 원자핵 주위를 돌고 있는 것을 알게 되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

05 다음은 원자 또는 이온에 대한 자료이다.

[23024-0067]

- ^{13}W 와 ^{14}X 는 중성자수가 같다.
- $^{35}\text{Y}^-$ 과 $^{36}\text{Z}^{2-}$ 은 전자 수가 같다.

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

보기

- ㄱ. 전자 수는 ^{14}X 가 ^{13}W 보다 1만큼 크다.
- ㄴ. 중성자수는 $^{36}\text{Z}^{2-}$ 이 $^{35}\text{Y}^-$ 보다 1만큼 크다.
- ㄷ. ^{13}W 와 $^{35}\text{Y}^-$ 의 양성자수의 합은 ^{14}X 와 $^{36}\text{Z}^{2-}$ 의 양성자수의 합과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 X와 Y의 동위 원소와 분자 XY가 자연계에 존재하는 비율에 대한 자료이다. $a+b=x+y=10$ 이다.

[23024-0068]

○ X의 동위 원소 자연계 존재 비율

동위 원소	존재 비율
^{79}X	a
^{81}X	b

○ Y의 동위 원소 자연계 존재 비율

동위 원소	존재 비율
^{35}Y	x
^{37}Y	y

○ XY의 자연계 존재 비율

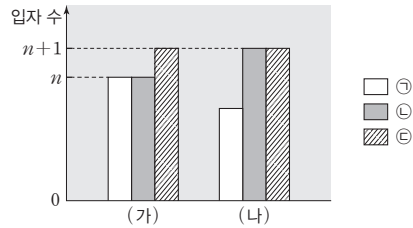
분자	존재 비율
$^{79}\text{X}^{35}\text{Y}$	$\frac{3}{8}$
$^{79}\text{X}^{37}\text{Y}$	$\frac{1}{8}$
$^{81}\text{X}^{35}\text{Y}$	$\frac{3}{8}$
$^{81}\text{X}^{37}\text{Y}$	$\frac{1}{8}$

$\frac{x \times y}{a \times b}$ 는? (단, X, Y는 임의의 원소 기호이다.)

- ① $\frac{3}{8}$ ② $\frac{3}{4}$ ③ 1 ④ $\frac{4}{3}$ ⑤ $\frac{8}{3}$

07 그림은 원자 A와 이온 B^{2+} 에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 각각 A와 B^{2+} 중 하나이고, ㉠~㉣은 각각 양성자, 중성자, 전자 중 하나이다.

[23024-0069]



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

보기

- ㄱ. ㉣은 중성자이다.
- ㄴ. 원자 번호는 $A > B$ 이다.
- ㄷ. B^{2+} 의 전자 수는 $n-1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 원자 (가)~(다)에 대한 자료이다. ㉠은 양성자와 중성자 중 하나이다.

[23024-0070]

원자	(가)	(나)	(다)
원자 번호	x	$x-1$	
질량수	$2x+1$	$2x$	$2x$
㉠의 수 전자 수		$\frac{6}{5}$	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 중성자이다.
- ㄴ. (가)와 (다)는 동위 원소이다.
- ㄷ. (나)와 $^{20}_{10}\text{Ne}$ 은 동위 원소이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 다음은 원자를 구성하는 입자 X를 발견한 톰슨의 실험과 원자를 구성하는 입자 Y를 발견한 러더퍼드의 실험을 나타낸 것이다.

[23024-0071]

(가) 톰슨의 실험: A cathode ray tube with a cathode (-) and anode (+). A high voltage (고전압) is applied. The cathode ray is deflected towards the positive anode.

(나) 러더퍼드의 실험: A circular setup with a central alpha particle source (α 입자원), a lead box (금박), and a fluorescent screen (형광 스크린). Alpha particles are emitted in various directions. Most pass straight through, some are deflected, and some are reflected back.

- (가)에서 음극선의 진로가 (+)극 쪽으로 휘었다.
- (나)에서 극히 일부의 α 입자의 경로가 크게 휘어지거나 튕겨 나왔고, 대부분의 α 입자는 금박을 그대로 통과하였다.

톰슨의 음극선 실험을 통해 전자가 발견되었고, 러더퍼드의 α 입자 산란 실험을 통해 원자핵이 발견되었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

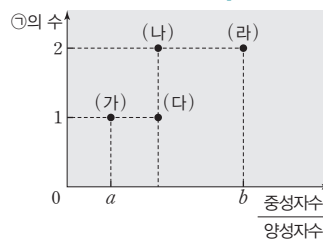
- ㄱ. 원자에서 X와 Y 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.
- ㄴ. 원자에서 |X의 전체 전하량| = |Y의 전체 전하량|이다.
- ㄷ. (가)와 (나)의 결과를 통해 X는 Y 주위의 정해진 궤도를 원운동하는 원자 모형이 제안되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 이온 (가)~(라)에 대한 자료이다. (가)~(라)는 각각 ${}^2_1\text{H}^+$, ${}^3_1\text{H}^+$, ${}^3_2\text{He}^{2+}$, ${}^4_2\text{He}^{2+}$ 중 하나이고, ㉠은 양성자와 중성자 중 하나이다.

[23024-0072]

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



${}^2_1\text{H}^+$, ${}^3_1\text{H}^+$, ${}^3_2\text{He}^{2+}$, ${}^4_2\text{He}^{2+}$ 에서 (중성자수, 양성자수)는 각각 (1, 1), (2, 1), $(\frac{1}{2}, 2)$, (1, 2)이다.

보기

- ㄱ. $\frac{a}{b} = \frac{1}{4}$ 이다.
- ㄴ. ㉠은 양성자이다.
- ㄷ. (가)~(라) 중 $\frac{\text{이온의 전하량}}{\text{중성자수}}$ 은 (가)가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

자연계에 존재하는 H의 동위 원소 ^1H 와 ^2H 의 존재 비율이 각각 $a\%$, $b\%$ 이므로 H의 평균 원자량은

$$\left(1 \times \frac{a}{100}\right) + \left(2 \times \frac{b}{100}\right) = \frac{a+2b}{100} = 1 + \frac{b}{100} \text{이다.}$$

$^1\text{H}^2\text{H}$ 의 전체 양성자수는 2, 전체 중성자수는 1이고, $^{12}\text{C}^1\text{H}_4$ 의 전체 양성자수는 10, 전체 중성자수는 6이며, $^3\text{H}^3\text{H}$ 의 전체 양성자수는 2, 전체 중성자수는 2이다.

[23024-0073]

03 표는 자연계에 존재하는 수소(H)와 산소(O)의 동위 원소에 대한 자료이다. $a+b=100$ 이고, $a>b$ 이다.

원소	동위 원소	원자량	존재 비율(%)
H	^1H	1	a
	^2H	2	b
O	^{16}O	16	99.76
	^{17}O	17	0.04
	^{18}O	18	0.2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H와 O의 각 동위 원소의 존재 비율은 자연계에서와 각각 O_2 에서 및 H_2O 에서가 같다.)

보기

ㄱ. H의 평균 원자량은 1.5보다 작다.

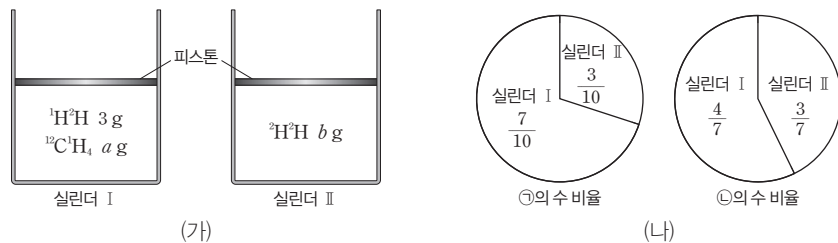
ㄴ. 자연계에서 $\frac{\text{O}_2 \text{ 중 분자량이 36인 } \text{O}_2 \text{의 존재 비율}(\%)}{\text{O}_2 \text{ 중 분자량이 35인 } \text{O}_2 \text{의 존재 비율}(\%)} = 5$ 이다.

ㄷ. 자연계에서 $\frac{\text{H}_2\text{O} \text{ 중 분자량이 21인 } \text{H}_2\text{O} \text{의 존재 비율}(\%)}{\text{H}_2\text{O} \text{ 중 분자량이 22인 } \text{H}_2\text{O} \text{의 존재 비율}(\%)} < 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0074]

04 그림 (가)는 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 실린더 I과 II에 기체가 들어 있는 것을, (나)는 실린더 I과 II에 들어 있는 전체 ㉠의 수 비율과 전체 ㉡의 수 비율을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 양성자와 중성자 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C의 원자 번호는 각각 1, 6이고, ^1H , ^2H , ^{12}C 의 원자량은 각각 1, 2, 12이며, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

보기

ㄱ. (나)에서 ㉠은 양성자이다.

ㄴ. (가)에서 실린더 속 기체의 양(mol)은 I과 II가 같다.

ㄷ. $a+b=14$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

X^+ 의 양성자수를 x 라고 하면, 전자 수는 $x-1$ 이며, Y^{2-} 의 양성자수를 y 라고 하면, 전자 수는 $y+2$ 이고, $\frac{\text{양성자수}}{\text{질량수}} = \frac{1}{2}$ 이므로 양성자수와 중성자수가 같고, 중성자수도 y 이다.

07 다음은 X^+ 과 Y^{2-} 에 대한 자료이다.

[23024-0077]

- Y^{2-} 에서 $\frac{\text{양성자수}}{\text{질량수}} = \frac{1}{2}$ 이다.
- 전자 수는 X^+ 과 Y^{2-} 이 같다.
- 질량수는 X^+ 이 Y^{2-} 보다 7만큼 크다.

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

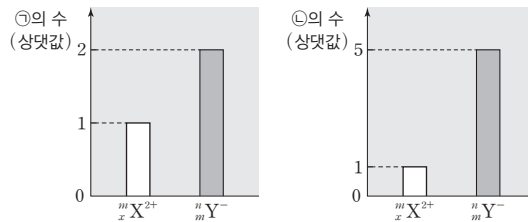
- 보기
- ㄱ. 전자 수는 X가 Y보다 3만큼 크다.
 - ㄴ. $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 는 $X^+ > Y^{2-}$ 이다.
 - ㄷ. $\frac{\text{양성자수}}{\text{양성자수} + \text{중성자수} + \text{전자 수}}$ 는 $X^+ > Y^{2-}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

${}_x X^{2+}$ 의 양성자수를 x 라고 하면, 전자 수는 $x-2$ 이고, ${}_m Y^-$ 의 양성자수가 m 이므로 전자 수는 $m+1$ 이다. $n > m$ 이므로 $n-m=10$ 이고, ${}_m Y^-$ 의 중성자수는 10이다.

08 그림은 ${}_x X^{2+}$ 과 ${}_m Y^-$ 에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 각각 중성자와 전자 중 하나이고, $|m-n|=10$ 이며, $m > 2x$ 이다.

[23024-0078]



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

- 보기
- ㄱ. ㉠은 전자이다.
 - ㄴ. $m+n=27$ 이다.
 - ㄷ. (중성자수-전자 수)는 X와 Y가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 다음은 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 CO₂(g)와 H₂O(g)에 대한 자료이다.

[23024-0079]

$\begin{array}{l} {}^{12}\text{C}^{16}\text{O}^x\text{O} \quad 0.1 \text{ mol} \\ {}^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O} \quad a \text{ mol} \\ b \text{ L} \end{array}$ <p>(가)</p>	$\begin{array}{l} {}^1\text{H}^y\text{O} \quad 0.3 \text{ mol} \\ {}^2\text{H}^{16}\text{O} \quad 0.2 \text{ mol} \\ c \text{ L} \end{array}$ <p>(나)</p>
--	--

- 두 용기 속 기체의 온도와 압력은 같다.
- 용기에 들어 있는 양성자수비는 (가) : (나) = 33 : 25이다.
- (나)의 ${}^1\text{H}^y\text{O}$ 0.3 mol에 들어 있는 중성자수 / (가)의 ${}^{12}\text{C}^{16}\text{O}^x\text{O}$ 0.1 mol에 들어 있는 중성자수 = 1이다.
- 용기에 들어 있는 중성자수비는 (가) : (나) = 5 : 3이다.

중성자수는 ${}^{12}\text{C}^{16}\text{O}^x\text{O}$ 가 6 + 8 + (x-8), ${}^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ 가 7 + 8 + 8, ${}^1\text{H}^y\text{O}$ 가 0 + 0 + (y-8), ${}^2\text{H}^{16}\text{O}$ 가 0 + 1 + 8이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O의 원자 번호는 각각 1, 6, 8이고, ${}^1\text{H}$, ${}^2\text{H}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{16}\text{O}$, ${}^x\text{O}$, ${}^y\text{O}$ 의 원자량은 각각 1, 2, 12, 13, 16, x, y이다.)

보기

ㄱ. $\frac{a \times c}{b} = \frac{1}{3}$ 이다. ㄴ. 용기에 들어 있는 ${}^{16}\text{O}$ 의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같다.

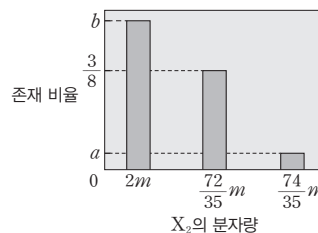
ㄷ. (나)에 들어 있는 ${}^1\text{H}^y\text{O}$ 의 질량(g) / (가)에 들어 있는 ${}^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ 의 질량(g) = $\frac{3}{5}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 표는 자연계에 존재하는 X의 동위 원소에 대한 자료를, 그림은 X₂의 분자량과 존재 비율을 나타낸 것이다.

[23024-0080]

원소	동위 원소	원자량	존재 비율(%)	평균 원자량
X	${}^m\text{X}$	m	75	x
	${}^n\text{X}$	n	25	



X의 평균 원자량

$$x = \left(m \times \frac{3}{4}\right) + \left(n \times \frac{1}{4}\right) = \left(m \times \frac{3}{4}\right) + \left(\frac{37}{35}m \times \frac{1}{4}\right) \text{이다.}$$

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

보기

ㄱ. $x = \frac{71}{35}m$ 이다. ㄴ. $\frac{a}{b} = \frac{1}{4}$ 이다.

ㄷ. $\frac{1 \text{ g의 } {}^n\text{X에 들어 있는 양성자수}}{1 \text{ g의 } {}^m\text{X에 들어 있는 양성자수}} = \frac{35}{37}$ 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.

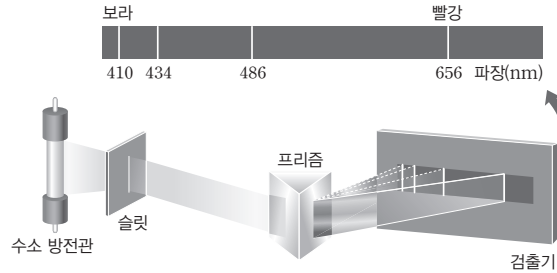
● 전자의 에너지 준위가 가장 낮은 안정한 상태를 바닥상태라고 하고, 전자가 에너지 준위가 높은 전자 껍질로 전이되어 불안정한 상태를 들뜬상태라고 한다.

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 () 차만큼의 에너지를 흡수하거나 방출한다.

1 보어의 원자 모형

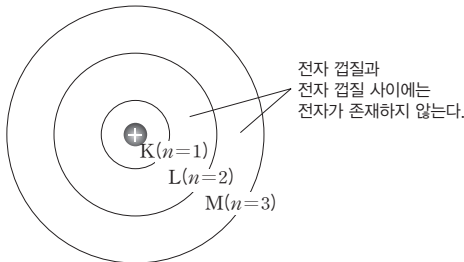
(1) 수소 원자의 선 스펙트럼

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.



$$E_n = -\frac{1312}{n^2} \text{ kJ/mol}$$

($n=1, 2, 3, 4 \dots$)

- 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 차만큼의 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.

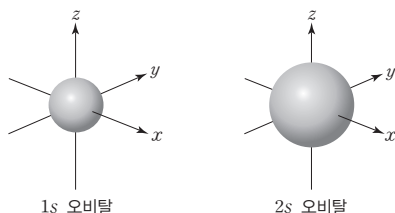
(2) 현대적 원자 모형

- 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

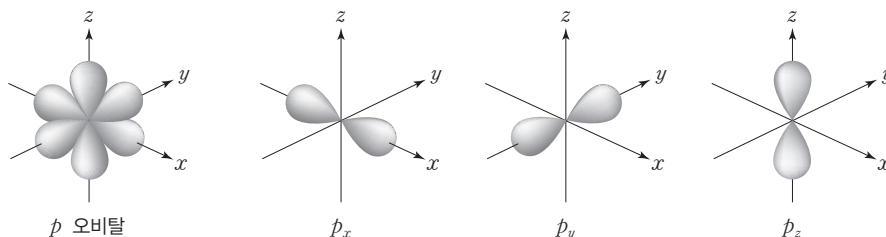
- s 오비탈 : 공 모양(구형)으로 모든 전자 껍질에 존재하며, 전자가 발견될 확률이 90%인 공간을 경계면으로 나타내면 다음과 같다.



- 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 핵으로부터의 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

● 오비탈을 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. s 오비탈은 방위(부) 양자수가 ()이고, p 오비탈은 방위(부) 양자수가 ()이다.

④ 오비탈의 표시



주 양자수는 2이고 오비탈의 종류는 p이며, 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 총수 (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... 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 n일 때 방위(부) 양자수는 0 ≤ l ≤ n-1의 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 오비탈의 공간적인 방향을 결정하는 양자수이다.
- ② 방위(부) 양자수가 l일 때 자기 양자수는 -l ≤ m_l ≤ l의 정숫값을 갖는다.

정답

- 1. 4
- 2. 0, 1
- 3. 0, 1

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 총수(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.

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.

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 오비탈의 공간적인 방향을 결정하는 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. 수소 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. ×

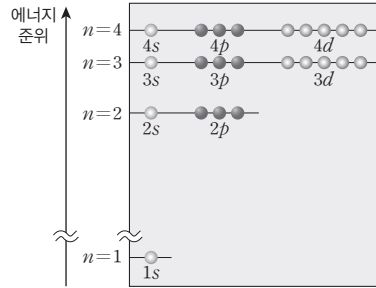
개념 체크

● 쌓음 원리에 의하면 전자는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 순서대로 채워진다.

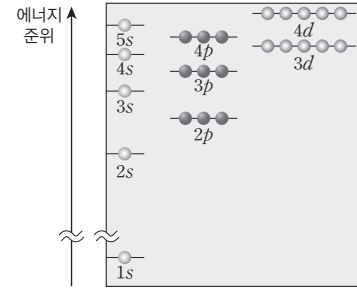
● 파울리 배타 원리에 의하면 1개의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 자기 양자수를 갖는다.

1. 1개의 오비탈에는 전자가 최대 ()개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 방향을 갖는다.

- ① 전자가 1개인 수소 원자의 경우 오비탈의 에너지 준위는 오비탈의 종류에 관계없이 주 양자수에 의해서만 결정된다. $1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < \dots$
- ② 전자가 2개 이상인 다전자 원자의 경우에는 주 양자수뿐만 아니라 오비탈의 종류에 따라 에너지 준위가 달라진다. $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < \dots$

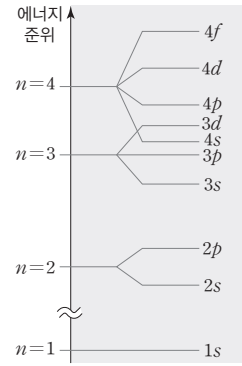
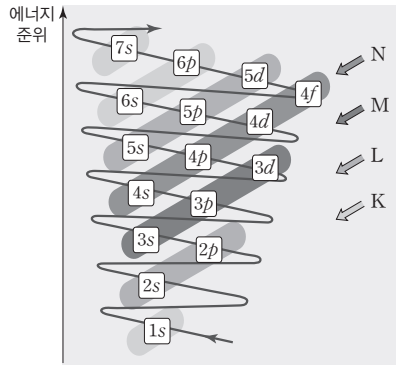


수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위



다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위

③ 다전자 원자의 전자 배치 순서

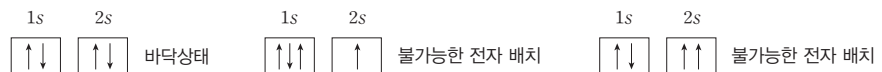


(2) 파울리 배타 원리

1개의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 자기 양자수를 갖는다.

- ① 1개의 오비탈에는 스핀 자기 양자수가 같은 전자가 존재할 수 없으며, 스핀 자기 양자수가 다른 2개의 전자가 쌓을 이루면서 함께 존재할 수 있다.
- ② 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.

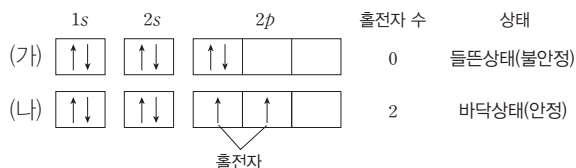
정답 1. 2

(3) 훈트 규칙

에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 쌍을 이루지 않는 전자(홀전자) 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다.

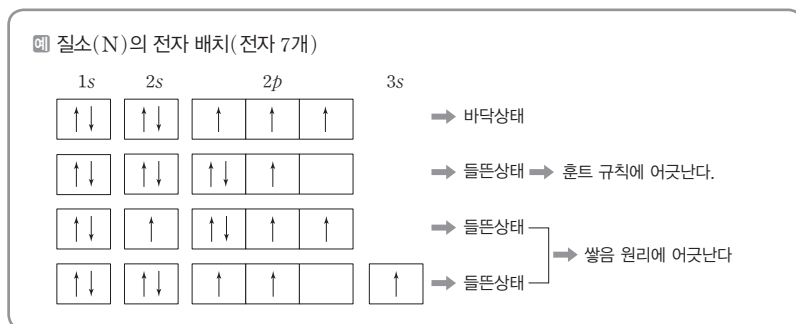
- ① p 오비탈처럼 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 각 오비탈에 전자가 먼저 1개씩 배치된 후, 다음 전자가 쌍을 이루면서 배치된다.
- ② 전자들이 1개의 오비탈에 쌍을 이루어 들어가는 것보다 에너지 준위가 같은 여러 개의 오비탈에 1개씩 들어가는 것이 전자 간의 반발력이 작아서 더 안정하다.

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

- ① 바닥상태 전자 배치는 쌍을 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족한다.
- ② 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

- ① 수소 원자에서 전자 껍질의 에너지 준위는 주 양자수(n)가 커질수록 높아진다.
 $K < L < M < N < \dots$
- ② 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

- ③ 원자 번호가 1~20인 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수는 8을 넘지 못한다. $3p$ 오비탈에 전자가 채워지고 나면, $3d$ 오비탈에 전자가 배치되기 전에 바깥 전자 껍질의 $4s$ 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. $1s$ $2s$ $2p$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ \uparrow \uparrow \square 의 바닥상태 전자 배치를 갖는 원자의 홀전자 수는 ()이다.

3. $1s$ $2s$ $2p$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ \uparrow \square 의 전자 배치는 () 규칙에 어긋나므로 들뜬상태이다.

4. 주 양자수가 n 인 전자 껍질에는 최대 ()개의 전자가 채워질 수 있다.

정답

1. 홀전자
2. 2
3. 훈트
4. $2n^2$

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. 원자 번호가 1~20인 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수는 ()을 넘지 못한다.

2. 원자가 ()를 잃으면 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

(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.

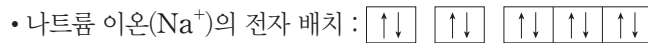
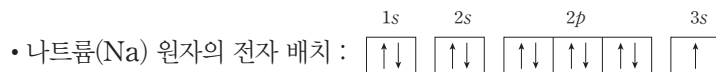
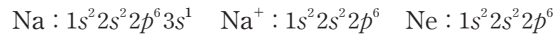
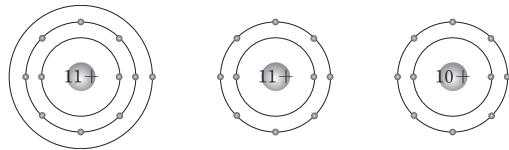
원소	전자 배치	원자가 전자 수	원소	전자 배치	원자가 전자 수
Li	K(2)L(1)	1	F	K(2)L(7)	7
Na	K(2)L(8)M(1)	1	Cl	K(2)L(8)M(7)	7

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.

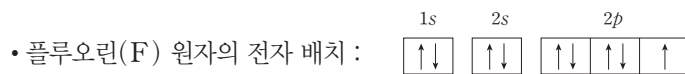
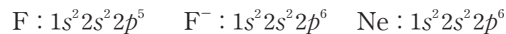
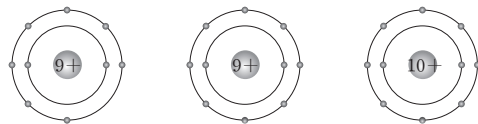
예) 나트륨 원자가 전자를 1개 잃어 양이온이 되면 전자 배치가 네온의 전자 배치와 같아진다.



(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 이루어 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 전자가 채워진, 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)

01 다음은 원자 X에 대한 자료이다.

[23024-0081]

○ 바닥상태 X의 전자 배치



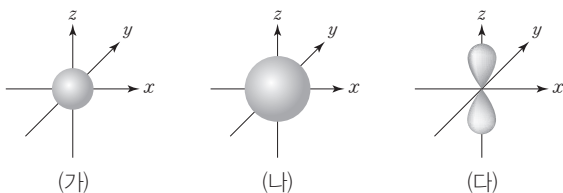
- 모든 전자의 방위(부) 양자수(l) 합 : x
- 모든 전자의 스핀 자기 양자수(m_s) 합 : y

$x+y$ 는? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7

02 그림은 바닥상태 탄소(C) 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(다)를 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 $1s$, $2s$, $2p_z$ 중 하나이다.

[23024-0082]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 오비탈의 크기는 (나)>(가)이다.)

- 보기
- ㄱ. (가)의 주 양자수(n)는 1이다.
 - ㄴ. 방위(부) 양자수(l)는 (나)와 (다)가 같다.
 - ㄷ. (가)와 (다)에 들어 있는 전자 수는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03 표는 주 양자수(n)에 따른 오비탈의 종류와 수에 대한 자료이다.

[23024-0083]

전자 껍질	K	L	M		
주 양자수(n)	1	2	3		
오비탈	①		3s	3p	
오비탈 수		a	3	1	5
오비탈 총수			b		

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ①에서 전자가 발견될 확률은 원자핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 같다.
 - ㄴ. 바닥상태 인(P) 원자에서 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $3s$ 에서와 $3p$ 에서가 같다.
 - ㄷ. $a+b=10$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 원자 번호가 11~20인 바닥상태 원자 X에서 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 $2p_x$, $3p_x$, $4s$ 중 하나이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.

[23024-0084]

- 들어 있는 전자 수는 (가)>(나)이다.
- n 은 (가)>(다)이다.

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

- 보기
- ㄱ. X의 원자 번호는 20이다.
 - ㄴ. (가)의 $n+l=4$ 이다.
 - ㄷ. 에너지 준위는 (다)>(나)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 표는 바닥상태 원자 X와 Y에 대한 자료이다. n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다. [23024-0085]

원자	$n=2$ 인 전자 수	$l=1$ 인 전자 수	$n+l=3$ 인 전자 수
X	a	4	
Y		7	b

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

보기

- ㄱ. $b = a + 2$ 이다.
- ㄴ. 원자가 전자 수는 X가 Y의 3배이다.
- ㄷ. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 Y가 X의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 수소 원자의 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다. [23024-0086]

- (가)~(다)는 각각 $2s$, $2p$, $3p$ 중 하나이다.
- n 은 (나) > (가)이다.
- l 은 (가) > (다)이다.

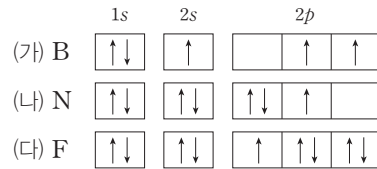
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 $l=1$ 이다.
- ㄴ. (다)의 자기 양자수(m_l)는 0이다.
- ㄷ. 에너지 준위는 (가) > (다)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

07 그림은 학생이 그린 원자 B, N, F의 전자 배치 (가)~(다)를 나타낸 것이다. [23024-0087]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 쌍음 원리에 어긋난다.
- ㄴ. (나)는 훈트 규칙을 만족한다.
- ㄷ. (다)는 바닥상태 전자 배치이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 2주기 바닥상태 원자 X~Z의 홀전자 수와 s 오비탈에 들어 있는 전자 수(x)와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수(y)의 차($|x-y|$)를 나타낸 것이다. [23024-0088]

원자	X	Y	Z
홀전자 수	a	$a+1$	b
$ x-y $	a	$a+1$	a

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

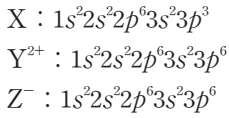
보기

- ㄱ. $a+b=3$ 이다.
- ㄴ. X~Z 중 원자가 전자 수는 X가 가장 크다.
- ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y와 Z가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[23024-0091]

09 다음은 원자 X와 이온 Y²⁺, Z⁻의 전자 배치이다.

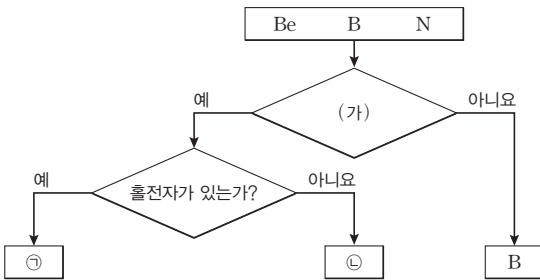


바닥상태 원자 X~Z의 전자 배치에서 홀전자 수의 합은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 1 ② 2 ③ 3
 ④ 4 ⑤ 5

[23024-0090]

10 그림은 3가지 바닥상태 원자를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】
 ㄱ. ㉠은 N이다.
 ㄴ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 B가 ㉡보다 크다.
 ㄷ. '모든 전자의 방위(부) 양자수(*l*) 합이 1보다 큰가?'는 (가)로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 표는 2주기 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다.

원자	X	Y	Z
홀전자 수	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{a}$	$\frac{3}{a}$
전자가 들어 있는 오비탈 수	3	a	a

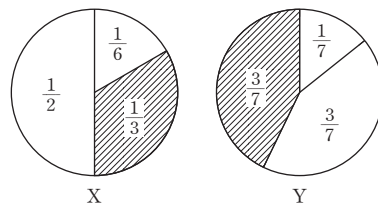
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

【 보기 】
 ㄱ. a=5이다.
 ㄴ. 원자가 전자 수는 X가 Y보다 크다.
 ㄷ. 방위(부) 양자수(*l*)가 1인 전자 수는 Z가 Y보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0092]

12 그림은 3주기 바닥상태 원자 X와 Y에서 2p, 3s, 3p 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율을 나타낸 것이다. 빗금 친 부분은 같은 종류의 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율이다.



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

【 보기 】
 ㄱ. 빗금 친 부분은 3p 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율이다.
 ㄴ. X와 Y의 홀전자 수의 합은 2이다.
 ㄷ. p 오비탈에 들어 있는 전자 수비는 X : Y = 5 : 6이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 표는 붕소(B)의 원자가 전자 ①~④에 대한 2가지 양자수의 관계를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 주 양자수(n), 방위(부) 양자수(l) 중 하나이다.

[23024-0093]

양자수	양자수 관계
(가)	①=②=④
(나)	①=②<④

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

┌ 보기 ─┘

ㄱ. (가)는 주 양자수(n)이다.
 ㄴ. ③의 (나)는 0이다.
 ㄷ. 에너지 준위는 ④이 들어 있는 오비탈이 ①이 들어 있는 오비탈보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

원자가 전자의 주 양자수(n)가 2이면 방위(부) 양자수(l)는 0 또는 1이다.

02 다음은 원자 번호가 11~15인 바닥상태 원자 X에서 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 $1s, 2s, 2p_x, 3s, 3p_x$ 중 하나이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.

[23024-0094]

○ $n-l$ 는 $2 \times (\text{가}) = (\text{나}) + (\text{다})$ 이다.
 ○ $n+l$ 는 $(\text{나}) > (\text{가})$ 이다.
 ○ 들어 있는 전자 수는 $(\text{나}) > (\text{다})$ 이다.

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

┌ 보기 ─┘

ㄱ. X의 원자 번호는 13이다.
 ㄴ. (가)의 $n+l=2$ 이다.
 ㄷ. 에너지 준위는 $(\text{나}) > (\text{다})$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

$1s, 2s, 2p_x, 3s, 3p_x$ 오비탈의 $n-l$ 는 각각 1, 2, 1, 3, 2이다.

1s, 2s, 2p_x 오비탈의 n+l는 각각 1, 2, 3이다.

n+l=3인 전자는 2p 오비탈과 3s 오비탈에 들어 있다.

[23024-0095]

03 표는 2주기 바닥상태 원자 X에서 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 1s, 2s, 2p_x 중 하나이고, n은 주 양자수, l은 방위(부) 양자수이다.

오비탈	(가)	(나)	(다)
n+l	a	2a	b
n-l	a		a
들어 있는 전자 수			2

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

보기

- ㄱ. b=3이다.
- ㄴ. X의 원자 번호는 6이다.
- ㄷ. (나)에서 전자가 발견될 확률은 핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 같다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23024-0096]

04 다음은 원자 번호가 20 이하인 바닥상태 원자 X와 Y에 대한 자료이다. n은 주 양자수, l은 방위(부) 양자수이다.

- n+l=3인 전자 수는 Y가 X의 2배이다.
- 홀전자 수는 Y>X이다.
- 원자가 전자 수는 X>Y이다.

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

보기

- ㄱ. X의 홀전자 수는 1이다.
- ㄴ. Y에서 모든 전자의 방위(부) 양자수(l)의 합은 9이다.
- ㄷ. n-l=1인 전자 수는 Y가 X의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 다음은 수소 원자의 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다. [23024-0097]

- (가)~(다)의 n 의 합은 6이다.
- l 는 (가)=(나) $>$ (다)이다.
- 에너지 준위는 (나) $>$ (가)이다.

수소 원자의 오비탈 (가)~(다)에서 주 양자수(n)의 합이 6이 되는 n 의 조합은 (1, 2, 3) 또는 (2, 2, 2)이다.

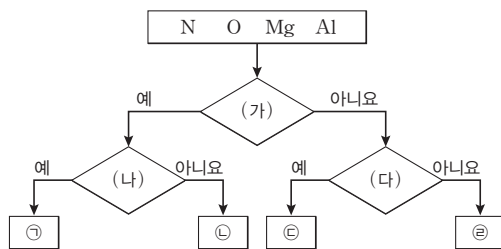
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 $l=1$ 이다.
 - ㄴ. (나)의 $n+l=4$ 이다.
 - ㄷ. 에너지 준위는 (가) $>$ (다)이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 4가지 바닥상태 원자를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다. (가)~(다)는 각각 I~III 중 하나이고, ㉠~㉣은 각각 N, O, Mg, Al 중 하나이다. [23024-0098]

2주기 바닥상태 원자에서 원자가 전자의 방위(부) 양자수(l) 합은 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수와 같다.



분류 기준

- I : 홀전자 수가 0인가?
- II : 원자가 전자의 방위(부) 양자수(l) 합이 3보다 큰가?
- III : 원자가 전자의 주 양자수(n)가 2보다 큰가?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (다)는 III이다.
 - ㄴ. 원자가 전자 수는 ㉣이 ㉠보다 크다.
 - ㄷ. 모든 원자가 전자의 방위(부) 양자수(l) 합은 ㉠이 ㉡보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

2주기 바닥상태 원자의 홀전자 수는 0~30이고, 전자가 들어갈 수 있는 s 오비탈 수는 2, p 오비탈 수는 0~30이다.

원자 번호가 7~12인 바닥상태 원자에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈은 $1s, 2s, 2p, 3s$ 이며, 각 오비탈의 $n+l$ 값은 각각 1, 2, 3, 3이다.

[23024-0099]

07 표는 2주기 바닥상태 원자 $X \sim Z$ 에 대한 자료이다.

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

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $X \sim Z$ 는 임의의 원소 기호이다.)

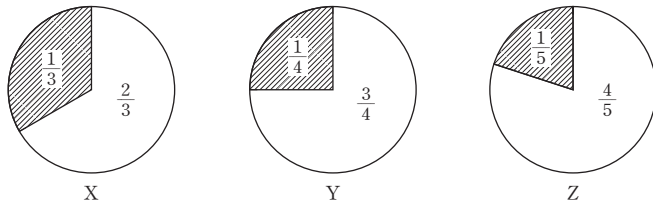
보기

- ㄱ. $a=2b$ 이다.
- ㄴ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 $Y > Z$ 이다.
- ㄷ. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Z 가 X 의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23024-0100]

08 그림은 원자 번호가 7~12인 바닥상태 원자 $X \sim Z$ 에서 $n+l=a$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수와 $n+l=b$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율을 나타낸 것이다. 빗금 친 부분은 $n+l=a$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $X \sim Z$ 는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. $b=3$ 이다.
- ㄴ. $X \sim Z$ 의 홀전자 수 합은 3이다.
- ㄷ. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 Z 가 X 의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z의 원자 번호는 각각 8~14 중 하나이다. [23024-0101]

- $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ 는 $X > Y > Z$ 이다.
- 홀전자 수는 Y와 Z가 같다.

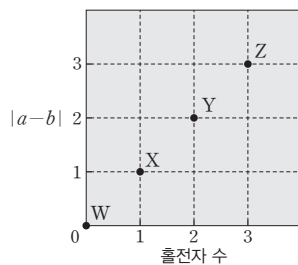
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기 □
- ㄱ. X는 2주기 원소이다.
 - ㄴ. 원자가 전자 수는 $Y > Z$ 이다.
 - ㄷ. $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 X가 Z의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

원자 번호가 8~14인 바닥상태 원자에서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4~8이고, 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5~8이다.

10 그림은 2, 3주기 바닥상태 원자 W~Z에서 홀전자 수 및 s 오비탈에 들어 있는 전자 수(a)와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수(b)의 차($|a-b|$)를 나타낸 것이다. W~Z에서 2주기 원소는 2가지이다. [23024-0102]



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

- 보기 □
- ㄱ. X는 2주기 원소이다.
 - ㄴ. 원자가 전자 수는 $Y > X$ 이다.
 - ㄷ. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Z가 W의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2, 3주기 바닥상태 원자에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 같은 것은 O와 Mg이며, 홀전자 수가 3인 것인 N과 P이다.

18족이 아닌 2주기 바닥상태 원자 X~Z에서 홀전자 수의 합이 2가 되기 위해서는 X~Z의 홀전자 수가 (0, 1, 1)의 조합이어야 한다.

1s, 2s, 2p, 3s, 3p 오비탈의 n-l는 각각 1, 2, 1, 3, 2이며, n+l는 각각 1, 2, 3, 3, 4이다.

11 다음은 18족이 아닌 2주기 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. n은 주 양자수, l은 방위(부) 양자수이다. [23024-0103]

- X~Z의 홀전자 수의 합은 2이다.
- n-l=1인 전자 수는 X>Y>Z이다.

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

- 【 보기 】
- ㄱ. X의 홀전자 수는 1이다.
 - ㄴ. l=1인 전자 수는 X>Y이다.
 - ㄷ. s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Y와 Z가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 전자의 양자수에 대한 탐구 활동이다. n은 주 양자수, l은 방위(부) 양자수이다. [23024-0104]

[탐구 과정]

(가) 그림과 같은 표를 준비한다.

행 \ 열	A	B	C
㉠			
㉡			

행 : 가로줄
열 : 세로줄

(나) 5종류 오비탈 1s, 2s, 2p, 3s, 3p를 아래 규칙에 따라 한 칸에 1가지만 적는다.

- n+l ≤ 2인 것은 ㉠행에, n+l > 2인 것은 ㉡행에 배치한다.
- n-l 값이 작은 것부터 차례대로 A, B, C열에 배치한다. 값이 같은 것은 같은 열에 배치한다.



















(나)의 탐구 결과로 옳은 것은?

- ①
- | 행 \ 열 | A | B | C |
|-------|----|----|----|
| ㉠ | 1s | 2s | 3s |
| ㉡ | 2p | 3p | |
- ②
- | 행 \ 열 | A | B | C |
|-------|----|----|----|
| ㉠ | 1s | 2s | 2p |
| ㉡ | 3s | 3p | |
- ③
- | 행 \ 열 | A | B | C |
|-------|----|----|----|
| ㉠ | 1s | 2s | |
| ㉡ | 2p | 3s | 3p |
- ④
- | 행 \ 열 | A | B | C |
|-------|----|----|----|
| ㉠ | 1s | 2s | |
| ㉡ | 2p | 3p | 3s |
- ⑤
- | 행 \ 열 | A | B | C |
|-------|----|----|----|
| ㉠ | 1s | | 2s |
| ㉡ | 2p | 3p | 3s |

1 원소의 분류와 주기율

(1) 주기율

- ① 주기율 : 원소를 원자 번호 순으로 배열할 때, 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타나는 것을 주기율이라고 한다.
- ② 주기율이 나타나는 원인 : 원소의 화학적 성질을 결정하는 원자가 전자 수가 주기적으로 변하기 때문에 주기율이 나타난다.

족 \ 주기	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

- ① 라부아지에(1789년) : 당시에 더 이상 분해할 수 없는 33종의 물질을 기체, 비금속, 금속, 화합물의 네 그룹으로 분류하였다.
- ② 뢰베라이너(1816년) : 화학적 성질이 비슷하고 물리적 성질은 규칙적으로 변하는 세 원소가 있다는 것을 알고, 성질이 비슷한 원소를 3개씩 묶어 세 쌍 원소라고 하였다.
- ③ 뉴랜즈(1865년) : 원소를 원자량 순으로 나열하면 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타나는 규칙성을 발견하고, 옥타브설을 발표하였다.
- ④ 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 배열하였을 때 주기성이 맞지 않는 부분이 있다.
➔ Ar(원자량 39.9)과 K(원자량 39.1)
- ⑤ 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.

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.

정답

1. 원자가 전자
2. 원자량
3. 양성자수

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 바닥 상태에서 전자가 들어 있는 () 수가 같다.
3. 같은 () 원소는 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

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	13	14	15	16	17	18
원자가 전자 수	1	2	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.

정답

1. 원자 번호
2. 전자 껍질
3. 족

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 ₂)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.

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. ()



과학 돋보기 | 원자가 전자의 전자 배치와 주기율

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	1s ¹							1s ²
2	2s ¹	2s ²	2s ² 2p ¹	2s ² 2p ²	2s ² 2p ³	2s ² 2p ⁴	2s ² 2p ⁵	2s ² 2p ⁶
3	3s ¹	3s ²	3s ² 3p ¹	3s ² 3p ²	3s ² 3p ³	3s ² 3p ⁴	3s ² 3p ⁵	3s ² 3p ⁶
4	4s ¹	4s ²	4s ² 4p ¹	4s ² 4p ²	4s ² 4p ³	4s ² 4p ⁴	4s ² 4p ⁵	4s ² 4p ⁶
가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치	ns ¹	ns ²	ns ² np ¹	ns ² np ²	ns ² np ³	ns ² np ⁴	ns ² np ⁵	ns ² np ⁶
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 Cl은 3주기이므로 가장 바깥 전자 껍질의 주 양자수가 3이고, 17족이므로 원자가 전자 수가 7이다. 따라서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치가 3s²3p⁵이므로 Cl의 바닥상태 전자 배치는 1s²2s²2p⁶3s²3p⁵이다.

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. ○

개념 체크

● 전자가 2개 이상인 다전자 원자에서 한 전자에 작용하는 유효 핵전하는 다른 전자의 가려막기 효과 때문에 양성자수에 의한 핵전하보다 작다.

● 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 ()로 인해 원자핵과 전자 사이의 실질적인 인력이 약해지는 현상이다.

3. 산소(O) 원자에서 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하는 8+보다 (작 / 크)다.

• 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.

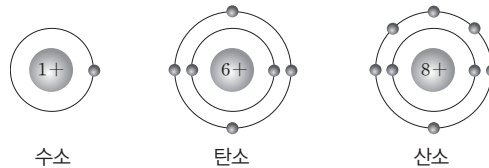
• 가려막기 효과는 전자 사이의 반발력 때문에 원자핵과 전자 사이의 실질적인 인력이 약해지는 현상을 의미한다.

• 같은 전자 껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과보다 작다.

탐구자료 살펴보기 가려막기 효과

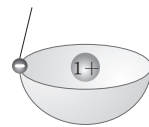
탐구 자료

그림은 수소(H), 탄소(C), 산소(O)의 전자 배치를 나타낸 것이다.



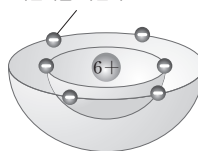
자료 해석

핵전하를 가리는 전자가 없다.



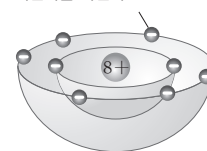
수소

안쪽 껍질의 전자 2개와 같은 껍질의 전자 3개가 핵전하를 가린다.



탄소

안쪽 껍질의 전자 2개와 같은 껍질의 전자 5개가 핵전하를 가린다.



산소

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.

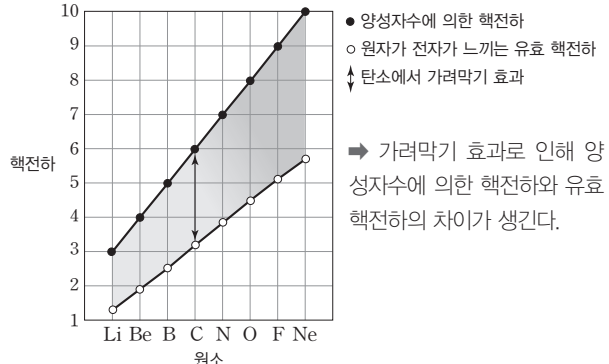
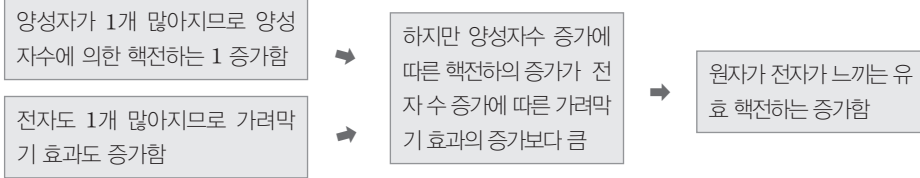
③ 같은 주기에서 원자 번호에 따른 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하

• 다전자 원자에서 전자에 작용하는 핵전하는 전자 사이의 반발력에 의해 감소하기 때문에 전자에는 양성자수에 의한 핵전하만큼의 인력이 작용하지 못한다.

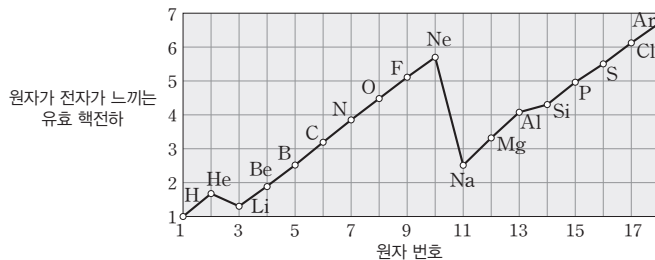
정답

1. ×
2. 반발력
3. 작

• 2주기에서 원자 번호가 1 증가할 때 핵전하(양성자수에 의한 핵전하, 유효 핵전하)의 변화



- 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 ⁻ 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 ⁺ 이 되면 전자 수가 감소하여 전자들 사이의 반발력이 작아지므로 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다.
F	Na
>	<
F ⁻	Na ⁺

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.

정답

1. 크
2. 작
3. 크
4. 증가

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.

- 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 증가하여 원자 반지름이 (감소 / 증가)한다.
- 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하여 원자 반지름이 (감소 / 증가)한다.

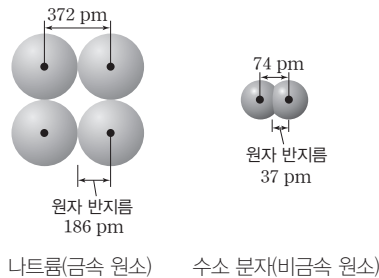
3. Na는 Li보다 원자 반지름이 (작 / 크)다.

4. Li는 Be보다 원자 반지름이 (작 / 크)다.

(2) 원자 반지름

① 원자 반지름의 측정

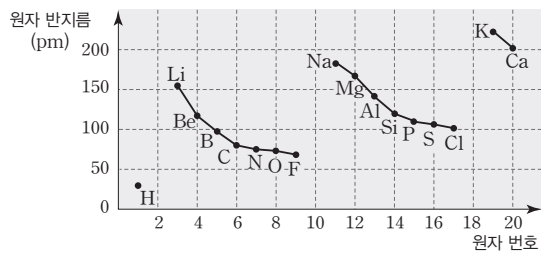
- 현대적 원자 모형인 오비탈 모형에서는 핵으로부터 거리가 아무리 멀어지더라도 전자가 발견될 확률이 0이 되지 않기 때문에 원자의 크기를 정확하게 정의하기 어렵다. 따라서 같은 종류의 두 원자가 결합했을 때 그 두 원자의 원자핵 사이의 거리를 측정하고, 그 거리의 절반을 원자 반지름으로 정의한다.
- 나트륨(Na)과 같은 금속의 경우, 원자 반지름은 나트륨 결정에서 가장 가까운 원자핵 사이 거리의 절반으로 정의한다. 수소(H₂), 염소(Cl₂)와 같이 동일한 원자로 구성된 이원자 분자의 형태로 존재하는 비금속 원소의 원자 반지름은 원자핵 사이 거리의 절반으로 정의한다.



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. ☞ 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. ☞ Li > Be

③ 원자 반지름의 주기적 변화(18족 원소 제외)



같은 족	같은 주기
원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 커진다. 예) Li < Na < K	원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름이 작아진다. 예) Na > Mg > Al

정답

1. 증가
2. 감소
3. 크
4. 크

(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 ⁺ 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 ⁻ 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 ⁺ < Na ⁺ , F ⁻ < Cl ⁻	양이온은 같은 주기 원소의 음이온보다 전자 껍질이 1개 적기 때문에 반지름이 작다. 예 Na ⁺ < Cl ⁻

● 원자 ○ 양이온 ⊖ 음이온 (단위 : pm)

족 \ 주기	1	2	13	16	17
2	Li 152 Li ⁺ 60	Be 112 Be ²⁺ 31	B 87 B ³⁺ 20	O 73 O ²⁻ 140	F 71 F ⁻ 136
3	Na 186 Na ⁺ 95	Mg 160 Mg ²⁺ 65	Al 143 Al ³⁺ 50	S 103 S ²⁻ 184	Cl 99 Cl ⁻ 181

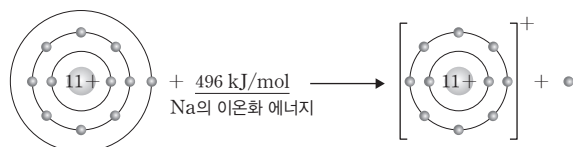
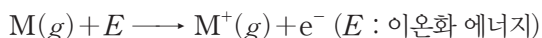
② 전자 수가 같은 이온(등전자 이온)의 이온 반지름

- 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 O²⁻ > F⁻ > Na⁺ > Mg²⁺ > Al³⁺ → 전자 배치는 네온(Ne)의 전자 배치(1s²2s²2p⁶)와 같다.
 2주기 음이온 3주기 양이온

S²⁻ > Cl⁻ > K⁺ > Ca²⁺ → 전자 배치는 아르곤(Ar)의 전자 배치(1s²2s²2p⁶3s²3p⁶)와 같다.
 3주기 음이온 4주기 양이온

(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.

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.

정답

1. 음이온
2. 작
3. 크

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.

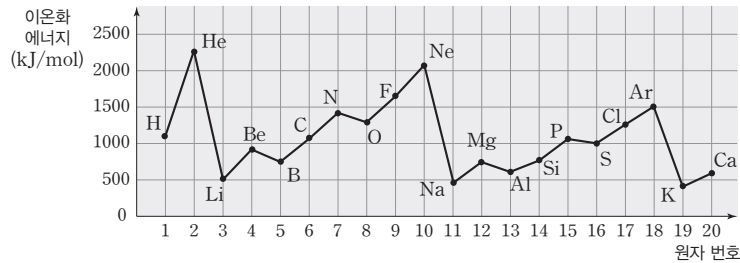
1. 같은 족에서 원자 번호가 증가하면 전자 껍질 수가 증가하여 원자핵과 () 사이의 거리가 멀어 전기적 인력이 작아지므로 이온화 에너지가 (증가 / 감소) 한다.

2. 같은 주기에서는 () 족 원소의 이온화 에너지가 가장 작고, () 족 원소의 이온화 에너지가 가장 크다.

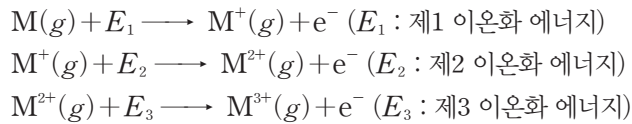
① 이온화 에너지의 주기적 변화

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.

정답

1. 원자가 전자, 감소
2. 1, 18

01 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

[23024-0105]

족 주기	1	2	13	14	15	16	17	18
1	W							
2	X					Y		
3					Z			

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

보기

- ㄱ. W는 금속 원소이다.
- ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y > X$ 이다.
- ㄷ. 원자 반지름은 $Z > Y$ 이다.

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

02 다음은 이온 반지름에 대한 세 학생의 대화이다.

[23024-0106]



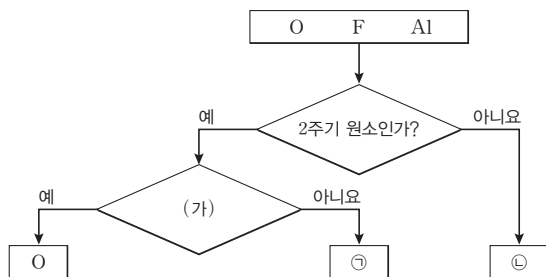
제시한 의견이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

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

03 그림은 3가지 원자를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다.

[23024-0107]

각 원자의 이온은 모두 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 원자가 전자 수는 $\ominus > \oplus$ 이다.
- ㄴ. '이온 반지름 > 1인가?'는 (가)로 적절하다.
- ㄷ. 이온 반지름은 $\ominus > \oplus$ 이다.

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

04 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다.

[23024-0108]

- 원자 반지름은 $X > Y$ 이다.
- 홀전자 수는 $Z > X$ 이다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y > Z$ 이다.

다음 중 X~Z로 가장 적절한 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

	<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>Z</u>
①	N	O	F
②	Na	F	O
③	Al	S	Mg
④	Cl	P	Si
⑤	Ca	S	Cl

05 다음은 원소 A~D에 대한 자료이다. A~D의 이온은 모두 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다. [23024-0109]

- A~D는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.
- 원자 반지름은 $A > B > C$ 이다.
- 이온 반지름은 $D > C$ 이다.

A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 제1 이온화 에너지는 C가 가장 크다.
 - ㄴ. 이온 반지름은 $B > D$ 이다.
 - ㄷ. 이온 반지름은 $D > A$ 이다.
 - 원자 반지름

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 표는 3주기 원자 A~C의 제 n 이온화 에너지(E_n)를 나타낸 것이다. [23024-0110]

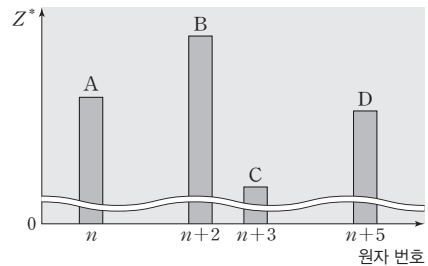
원자	E_n (상댓값)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	1.00	9.20	13.94	19.24
B	1.17	x	5.53	23.34
C	1.49	2.93	15.60	21.25

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

- 보기
- ㄱ. $x > 2.93$ 이다.
 - ㄴ. 원자 반지름은 $A > B$ 이다.
 - ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $C > B$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 2, 3주기 원소 A~D의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하(Z^*)를 나타낸 것이다. [23024-0111]



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

- 보기
- ㄱ. $n = 8$ 이다.
 - ㄴ. 제1 이온화 에너지는 B가 A보다 크다.
 - ㄷ. 제2 이온화 에너지는 C가 D보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 3가지 이온에 대한 자료이다. 바닥상태 원자 X~Z의 홀전자 수는 모두 같고, $x \sim z$ 는 3 이하의 자연수이며, $y > z$ 이다. [23024-0112]

이온	X^{x+}	Y^{y+}	Z^{z-}
전자 배치	$1s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6$	$1s^2 2s^2 2p^6$
이온 반지름(pm)	60	50	136

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

- 보기
- ㄱ. $x > y$ 이다.
 - ㄴ. 원자 반지름은 $Y > Z$ 이다.
 - ㄷ. X~Z 중 제2 이온화 에너지는 Z가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

09 다음은 원소 A~D에 대한 자료이다.

[23024-0113]

- A~D는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.
- 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 A와 B가 같다.
- 제2 이온화 에너지는 C > A이다.

A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

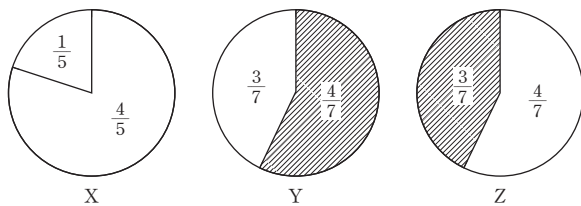
보기

- ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 가장 크다.
- ㄴ. 원자 반지름은 C > B이다.
- ㄷ. 제1 이온화 에너지는 D > B이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 2, 3주기 바닥상태 원자 X~Z에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율을 나타낸 것이다. 빗금 친 부분은 같은 종류의 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율이며, 원자가 전자 수는 Z > Y이다.

[23024-0114]



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

보기

- ㄱ. 빗금 친 부분은 s 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비율이다.
- ㄴ. 제1 이온화 에너지는 Z > X이다.
- ㄷ. 원자 반지름은 Y > Z이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 다음은 원자 번호가 연속인 2주기 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 18족 원소가 아니다.

[23024-0115]

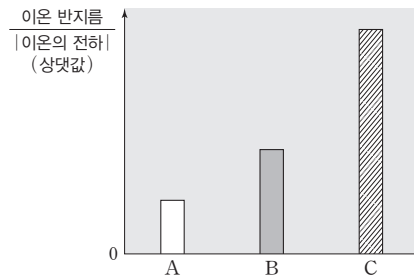
- 원자 반지름은 X > Y > Z이다.
- 제1 이온화 에너지는 Z > Y > X이다.

X~Z의 제2 이온화 에너지를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ① X > Z > Y ② Y > X > Z
- ③ Y > Z > X ④ Z > X > Y
- ⑤ Z > Y > X

12 그림은 원소 A~C의 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ 을 나타낸 것이다. A~C는 각각 O, Mg, Al 중 하나이고, A~C의 이온은 모두 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다.

[23024-0116]



A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 이온 반지름은 B > A이다.
- ㄴ. 원자 반지름은 B > C이다.
- ㄷ. 제1 이온화 에너지는 C가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2주기 원자에서 원자가 전자 수가 3배인 원자가 전자 수의 조합은 (1, 3), (2, 6)이다.

2, 3주기 원소 중 양성자수비가 3 : 4인 원자 번호의 조합은 (3, 4), (6, 8), (9, 12), (12, 16)이다.

[23024-0117]

01 다음은 18족이 아닌 2주기 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- 원자가 전자 수는 W가 X의 3배이다.
- 바닥상태 원자의 홀전자 수는 Y와 Z가 같다.
- 원자 반지름은 $W > Y > Z$ 이다.

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

- 보기
- ㄱ. 제1 이온화 에너지는 $W > Y$ 이다.
 - ㄴ. 제2 이온화 에너지는 $X > Z$ 이다.
 - ㄷ. Y와 Z의 원자가 전자 수 합은 10이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23024-0118]

02 다음은 2, 3주기 원소 A~E에 대한 자료이다.

- A~E 중 3주기 원소는 3가지이다.
- A와 B의 원자 번호는 각각 $n, n+2$ 이다.
- A와 D는 같은 족 원소이다.
- 전자 수는 C^{2+} 과 B^{2-} 이 같다.
- 양성자수비는 $C : E = 3 : 4$ 이다.

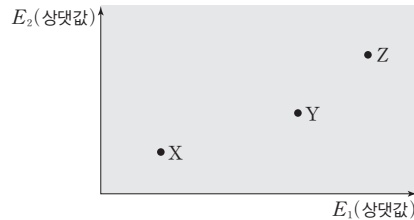
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. A와 C는 같은 주기의 원소이다.
 - ㄴ. 원자 반지름은 $C > B$ 이다.
 - ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $D > E$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 그림은 18족이 아닌 2주기 원자 X~Z의 제1 이온화 에너지(E_1)와 제2 이온화 에너지(E_2)를 나타낸 것이다. 바닥상태 원자의 전자 배치에서 홀전자 수는 X와 Z가 같다.

[23024-0119]



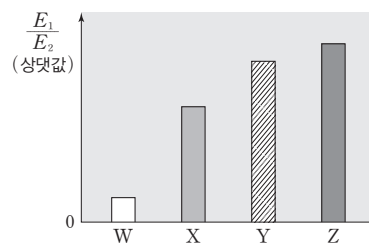
바닥상태 전자 배치에서 X~Z의 홀전자 수의 합은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 7

18족을 제외한 2주기 원자의 제1 이온화 에너지는 $Li < B < Be < C < O < N < F$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Be < C < B < N < F < O < Li$ 이다.

04 그림은 원자 W~Z의 제1 이온화 에너지(E_1)와 제2 이온화 에너지(E_2)를 나타낸 것이다. W~Z는 각각 Li, Be, B, C 중 하나이고, 원자 반지름은 $Z > Y$ 이다.

[23024-0120]



제1 이온화 에너지(E_1)는 제2 이온화 에너지(E_2)는 E_1 가 클수록, E_2 는 작을수록 크다.

W~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 원자 반지름은 W가 가장 크다.
 ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z가 가장 크다.
 ㄷ. 제1 이온화 에너지는 $Y > X$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

금속 원소는 이온 반지름이 원자 반지름보다 작으며, 비금속 원소는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다.

2주기 원소인 X~Z는 원자 번호가 연속이고, 제1 이온화 에너지는 $X < Y < Z$, 제2 이온화 에너지는 $Y < Z < X$ 이므로 이를 만족하는 (X, Y, Z)는 (B, Be, C)와 (O, N, F) 중 하나이다.

[23024-0121]

05 표는 18족이 아닌 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z의 원자 번호는 7~13 중 하나이며, 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

원자	W	X	Y	Z
홀전자 수	a	$a+1$	$a+1$	$a+2$
원자 반지름(pm)	160	143	71	ⓐ
이온 반지름(pm)	ⓑ	50	ⓒ	140

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

보기

ㄱ. ⓐ > 71이다.
 ㄴ. ⓑ > ⓒ이다.
 ㄷ. W~Z 중 제1 이온화 에너지는 Z가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0122]

06 표는 원자 번호가 연속인 2주기 원소 X~Z의 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지를 나타낸 것이다. 바닥상태 원자의 홀전자 수는 $Z > Y$ 이며, X~Z는 원자 번호 순서가 아니다.

원소	X	Y	Z
제1 이온화 에너지($\times 10^3$ kJ/mol)	0.8	0.9	1.1
제2 이온화 에너지($\times 10^3$ kJ/mol)	2.4	1.7	2.3

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

보기

ㄱ. 원자가 전자 수는 $X > Y$ 이다.
 ㄴ. 원자 반지름은 $Y > Z$ 이다.
 ㄷ. 바닥상태 원자의 홀전자 수는 $X > Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 다음은 원소 A~D에 대한 자료이다.

[23024-0123]

- A~D는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다.
- $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$ 은 $A > B > C$ 이다.
- $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$ 은 D가 가장 작다.
- 제1 이온화 에너지는 $B > C$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㉠ 보기 ㉠
- ㉠. D는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} > 1$ 이다.
 - ㉡. 제1 이온화 에너지는 $B > A$ 이다.
 - ㉢. 제2 이온화 에너지는 $C > D$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

금속 원소는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$ 이 1보다 크고, 비금속 원소는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$ 이 1보다 작다.

08 다음은 2, 3주기 바닥상태 원자 U~Z에 대한 자료이다.

[23024-0124]

- U~Z는 15~17족 원소이다.
- 제1 이온화 에너지

원자	U	V	W	X	Y	Z
제1 이온화 에너지 (kJ/mol)	1000	1012	1251	1314	1400	1680

- 홀전자 수는 $V > X > W$ 이다.

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

- ㉠ 보기 ㉠
- ㉠. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $U > W$ 이다.
 - ㉡. 원자 반지름은 $V > Z$ 이다.
 - ㉢. 제2 이온화 에너지는 $Y > X$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢

2주기 15~17족 원소의 제1 이온화 에너지는 $O < N < F$ 이고, 3주기 15~17족 원소의 제1 이온화 에너지는 $S < P < Cl$ 이다.

C, N, O, F의 원자 반지름은 $C > N > O > F$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $O > F > N > C$ 이다.

2주기 바닥상태 원자의 홀전자 수는 0~3이므로 홀전자 수가 $W > X > Y$ 이면 W의 홀전자 수는 3 또는 2이다.

[23024-0125]

09 다음은 바닥상태 2주기 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이다.
- $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{원자 반지름}}$ 는 $W > X > Y$ 이다.
- 홀전자 수는 Y와 Z가 같다.

W~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

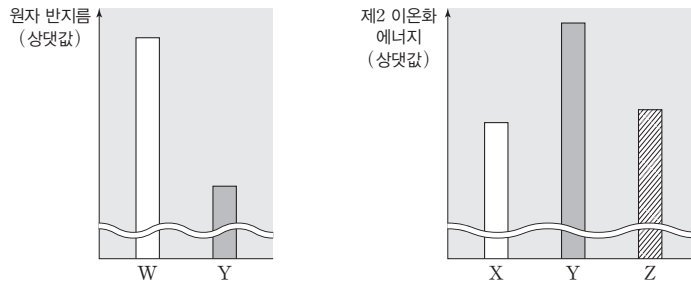
- 보기
- ㄱ. 홀전자 수는 $X > Y$ 이다.
 - ㄴ. 원자 반지름은 Z가 가장 크다.
 - ㄷ. 제1 이온화 에너지는 W가 가장 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23024-0126]

10 다음은 18족이 아닌 2주기 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- 홀전자 수는 $W > X > Y$ 이다.
- W~Z의 원자 반지름 및 제2 이온화 에너지



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

- 보기
- ㄱ. 홀전자 수는 $X > Z$ 이다.
 - ㄴ. $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{원자 반지름}}$ 는 $W > Y$ 이다.
 - ㄷ. X~Z 중 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 원자 W~Z에 대한 자료이다.

[23024-0127]

- W~Z는 각각 O, F, Mg, Al 중 하나이다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.
- 이온 반지름은 $W > X > Y$ 이다.
- 제2 이온화 에너지는 $X > Y > Z$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

┃ 보기 ┃

- ㄱ. 원자가 전자 수는 $W > X$ 이다.
- ㄴ. 제1 이온화 에너지는 $W > Y$ 이다.
- ㄷ. 원자 반지름은 $Y > Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

Ne의 전자 배치를 갖는 O, F, Mg, Al의 이온은 각각 O^{2-} , F^- , Mg^{2+} , Al^{3+} 이고, 이온 반지름은 $O^{2-} > F^- > Mg^{2+} > Al^{3+}$ 이며, O, F, Mg, Al의 제2 이온화 에너지는 $O > F > Al > Mg$ 이다.

12 다음은 18족이 아닌 2, 3주기 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다.

[23024-0128]

원자	W	X	Y	Z
출전자 수	a	$b-2$	b	$a+1$
원자가 전자 수	㉠	$a+3$	㉡	$2b+1$

- W~Z 중 2주기 원자는 2가지이다.
- p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $X > W > Y$ 이다.
 s 오비탈에 들어 있는 전자 수

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

┃ 보기 ┃

- ㄱ. ㉠+㉡=7이다.
- ㄴ. 원자 반지름은 $W > X$ 이다.
- ㄷ. 제2 이온화 에너지는 $Y > Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

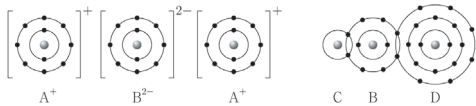
2, 3주기 바닥상태 원자의 출전자 수는 0~3이며, 원자가 전자 수는 0~7이다.

III

화학 결합과 분자의 세계

2023학년도 대학수학능력시험 3번

3. 그림은 화합물 A_2B 와 CBD 를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



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

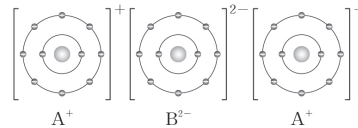
<보기>

- ㄱ. A(s)는 전성(띠집성)이 있다.
- ㄴ. A와 D의 안정한 화합물은 AD이다.
- ㄷ. C_2B 는 공유 결합 물질이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 116쪽 5번

05 [2024-0133]
다음은 물질 A와 B_2 가 반응하여 A_2B 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 A_2B 의 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 $B > A$ 이다.
- ㄷ. 이온 반지름은 $B^{2-} > A^+$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 3번 문항은 수능특강 116쪽 5번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 A^+ 과 B^{2-} 으로 이루어진 이온 결합 물질 A_2B 의 화학 결합 모형을 제시하고 있어 유사하다. 수능특강에서는 A_2B 가 생성되는 반응의 화학 반응을 제시하여 화학 반응의 양적 관계와 연계하여 구성하였고, 수능에서는 A_2B 와 공유 결합 물질 CBD 의 화학 결합 모형까지 제시하는 점에서 차이점을 보이고 있다. 따라서 이 문항은 연계 문항과 유사성이 다소 높은 문항이다.

학습 대책

화학 결합과 관련된 단원에서 화학 결합 모형을 통해 이온 결합과 공유 결합을 구분하고, 이를 바탕으로 이온 결합 물질과 공유 결합 물질의 특성은 물론 나아가 제시된 원소로 이루어진 다른 화합물의 구조적 특성을 파악할 수 있는지를 평가하는 문제는 출제 빈도가 매우 높은 편이다. 따라서 수능특강의 화학 결합 모형과 관련된 다양한 문항에서 제시된 <보기> 구성 이외에도 다각적인 해석을 첨가하여 연습을 충분히 해두는 것이 필요하다.



2023학년도 대학수학능력시험 2번

2. 그림은 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



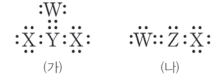
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- <보 기>
- ㄱ. X는 산소(O)이다.
 - ㄴ. (나)에서 단일 결합의 수는 3이다.
 - ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 134쪽 2번

02 [2024-0158] 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.)

- <보 기>
- ㄱ. 전기 음성도는 $Y > X$ 이다.
 - ㄴ. 원자가 전자 수는 $X > Z > W$ 이다.
 - ㄷ. (나)에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 2번 문항은 수능특강 134쪽 2번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 2주기 원소로 이루어진 2가지 분자의 루이스 전자점식을 자료로 제시하였고, 특히 수능특강에서의 (가)와 수능에서의 (나)는 모두 COF₂의 루이스 전자점식을 제시한 점에서 유사하다. 수능특강과 수능의 <보기> 구성에서 원소 주기성과 전기 음성도, 결합 구조 등 평가 요소가 다소 차이는 있지만 루이스 전자점식을 통해 직관적으로 판단할 수 있는 요소를 평가하고 있다. 따라서 이 문항은 연계 문항과 유사성이 매우 높은 문항이다.

학습 대책

루이스 전자점식을 통해 전자쌍 수를 파악하고 전자쌍 반발 이론을 적용하여 분자의 모양과 극성 유무를 판단할 수 있다는 점에서 루이스 전자점식은 화학 결합 단원에서 매우 중요한 학습 내용이다. 원자, 분자, 이온의 루이스 전자점식을 이용하여 구성 원자를 파악하고 각 원자의 특징 및 주기성을 비교하는 문항은 출제 빈도가 매우 높은 편이다. 따라서 2, 3주기 원소로 이루어진 이온이나 분자의 루이스 전자점식을 그릴 수 있도록 충분한 연습이 필요하고, 수능특강의 루이스 전자점식과 관련된 다양한 문항에서 <보기>의 평가 요소에 대해 잘 정리하고 충분히 연습하여 응용된 문제를 해결할 수 있도록 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. ()

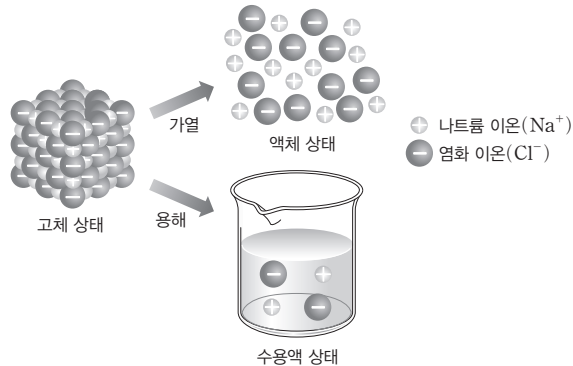
4. 염화 나트륨(NaCl) 용융액에서는 이온이 자유롭게 움직일 수 있다. ()

1 화학 결합의 전기적 성질

(1) 이온 결합의 전기적 성질

- 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.
- 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)

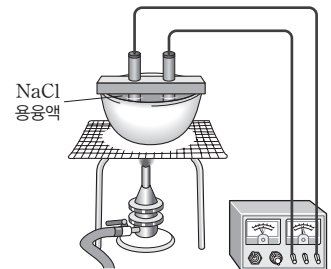


- 이온 결합과 전자 : 이온 결합 물질의 용융액에 전류를 흘려주었을 때 성분 원소로 분해되는 것으로 보아 이온 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.



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⁻이 (+)극으로 이동하여 염소 기체(Cl₂)가 생성된다.
- (-)극 : 양이온인 Na⁺이 (-)극으로 이동하여 금속 나트륨(Na)이 생성된다.



(2) 공유 결합의 전기적 성질

- 공유 결합 물질 : 물(H₂O), 이산화 탄소(CO₂), 설탕(C₁₂H₂₂O₁₁)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

- Na⁺(나트륨 이온), Cl⁻(염화 이온)
- 전자
- ×
-

- 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(Na_2SO_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.

개념 체크

● **공유 결합 물질**
비금속 원소들이 전자를 공유하면서 생성되는 물질이다.

● **공유 결합과 전자**
공유 결합이 형성될 때 전자가 관여한다.

1. 물을 전기 분해하면 (+)극에서는 () 기체, (-)극에서는 () 기체가 발생한다.

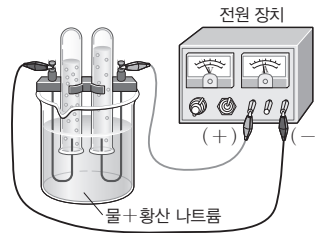
※ ○ 또는 ×

2. 공유 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. ()
3. 설탕은 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르지 않는다. ()

탐구자료 살펴보기 물(H_2O)의 전기 분해

실험 과정

- (가) 비커에 물을 넣고, 황산 나트륨(Na_2SO_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(H_2) 기체가 발생한다.
- (+)극 : 물이 전자를 잃어 산소(O_2) 기체가 발생한다.
- 전체 반응 : $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$

분석 point

1. 순수한 물은 전류가 거의 흐르지 않기 때문에 황산 나트륨과 같은 전해질을 소량 넣어 전류가 잘 흐르게 한다.
2. 물을 전기 분해하면 (-)극에서는 수소 기체가 발생하고, (+)극에서는 산소 기체가 발생한다.
3. 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(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

물질	고체 상태	액체 상태
염화 나트륨(NaCl)	×	○
설탕($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)	×	×

(○ : 전류가 흐름, × : 전류가 흐르지 않음)

분석 point

1. 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.
2. 설탕에는 자유롭게 이동할 수 있는 이온이나 전자가 없기 때문에 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르지 않는다.

정답

1. 산소(O_2), 수소(H_2)
2. ×
3. ○

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

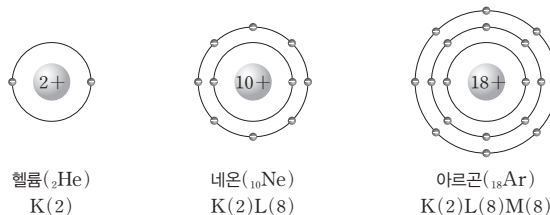
원자가 전자를 얻으면 음이온이 된다.

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, He는 2개).



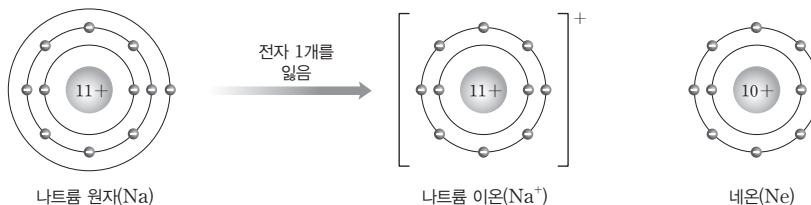
② 옥텟 규칙 : 18족 원소 이외의 원자들이 전자를 잃거나 얻어서 또는 전자를 공유함으로써 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려는 경향을 뜻한다.

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.

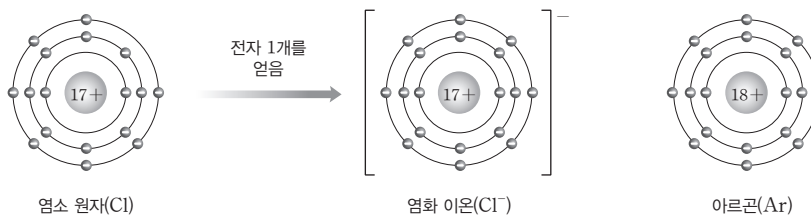
예 나트륨 이온(Na^+) : 11개의 전자를 갖는 나트륨 원자가 가장 바깥 전자 껍질의 전자 1개를 잃어서 형성되므로 10개의 전자를 가지며, 비활성 기체인 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 갖는다.



나트륨 이온(Na^+)의 형성과 전자 배치

(2) 음이온의 형성 : 원자가 전자를 얻어 음이온이 된다.

예 염화 이온(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(Cl^-)의 형성과 전자 배치

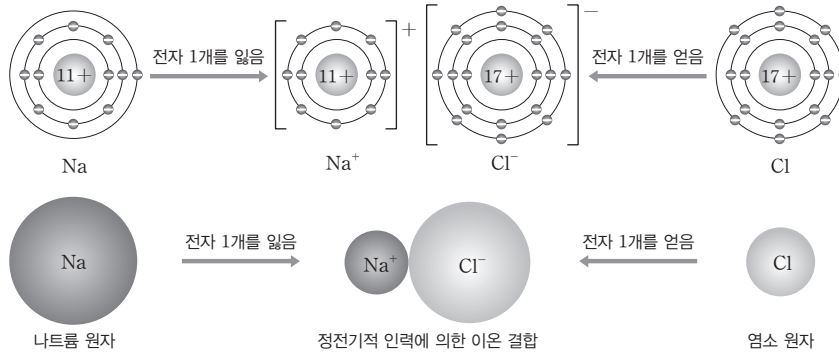
정답

- 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 반발력의 합이 최저가 되는 거리에서 이온 결합을 형성한다.

개념 체크

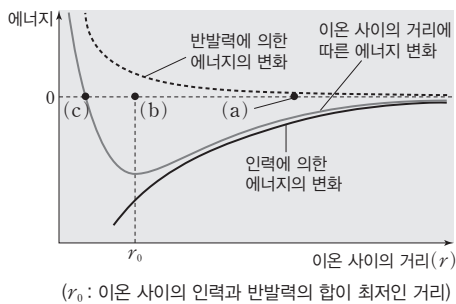
이온 결합

양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이다.

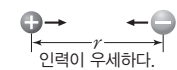
- () 결합은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이다.
 - 이온 결합은 주로 양이온이 되기 쉬운 () 원소와 음이온이 되기 쉬운 () 원소 사이에 형성된다.
- ※ ○ 또는 ×
- 칼륨 원자(K)가 전자 1개를 잃으면 K⁺이 된다. ()
 - 산소 원자(O)가 전자 2개를 얻으면 O²⁻이 된다. ()

탐구자료 살펴보기 이온 사이의 거리에 따른 에너지

탐구 자료



(a) 이온 사이의 거리(r) > r_0



(b) 이온 사이의 거리(r) = r_0



(c) 이온 사이의 거리(r) < r_0



분석 point

- (a) : 멀리 떨어져 있던 양이온과 음이온이 서로 가까워지면 두 이온 사이에 작용하는 정전기적 인력에 의해 에너지가 낮아지고, 안정해진다.
- (b) : 양이온과 음이온 사이의 인력과 반발력의 합이 최저인 거리(r_0)에서 이온 결합이 형성된다.
- (c) : 양이온과 음이온 사이가 너무 가까워지면 전자와 전자 사이, 원자핵과 원자핵 사이의 반발력이 너무 커져 에너지가 높아지므로 불안정해진다.

정답

- 이온
- 금속, 비금속
-
-

개념 체크

① 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 두 종류 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 수비로 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.

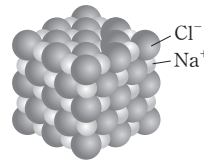
예 • 나트륨 이온(Na^+)과 염화 이온(Cl^-)이 결합하여 생성되는 염화 나트륨은 양이온과 음이온이 1 : 1의 개수비로 결합하므로 화학식은 $NaCl$ 이다.

• 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. ×

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.

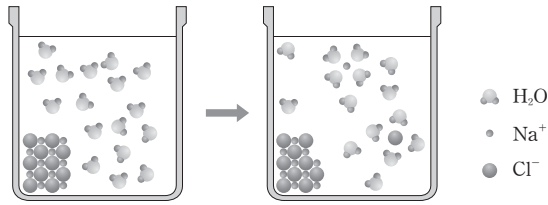
1. () 물질은 양이온과 음이온 사이에 강한 정전기적 인력이 작용한다.

※ ○ 또는 ×

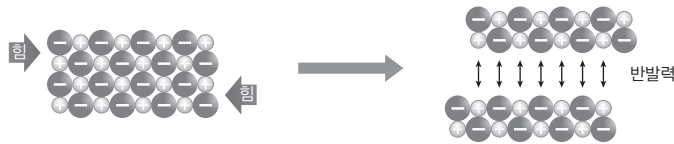
2. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전류가 흐른다. ()

3. 녹는점은 NaF이 NaCl보다 높다. ()

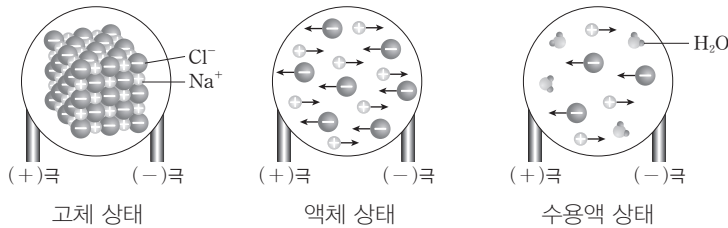
4. 이온 사이의 거리가 비슷한 BaO과 NaCl 중 녹는점이 높은 것은 BaO이다. ()



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.

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 가까울수록 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.

예 녹는점 : NaF > NaCl > NaBr > NaI

2. 이온의 전하량이 클수록 녹는점은 높아진다. 예 녹는점 : BaO > NaCl

정답

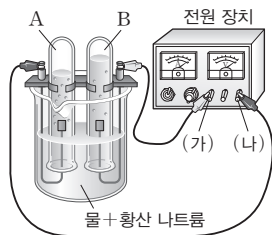
1. 이온 결합
2. ×
3. ○
4. ○

01 다음은 물(H₂O)의 전기 분해 실험이다.

[23024-0129]

[실험 과정]

황산 나트륨(Na₂SO₄)을 소량 녹인 물을 가득 채운 시험관 A와 B에 전원 장치를 연결하고 전류를 흘려준다.



[실험 결과]

- 생성된 기체는 수소(H₂)와 산소(O₂)이다.
- 시험관에 모인 기체의 부피는 A>B이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

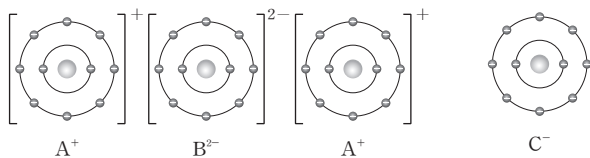
보기

- ㄱ. A에 모인 기체는 수소(H₂)이다.
- ㄴ. (가)는 (-)극이다.
- ㄷ. 이 실험을 통해 H와 O 사이의 화학 결합에 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 화합물 A₂B의 화학 결합과 이온 C⁻을 모형으로 나타낸 것이다.

[23024-0130]



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

보기

- ㄱ. A₂B는 이온 결합 물질이다.
- ㄴ. A와 C는 같은 주기 원소이다.
- ㄷ. BC₂(l)는 전기 전도성이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03 표는 Na과 17족 원소로 구성된 이온 결합 물질에 대한 자료이다.

[23024-0131]

물질	이온 사이의 거리(pm)	1 atm에서의 녹는점(°C)
NaF	231	<i>a</i>
NaCl	276	801
NaBr	<i>b</i>	747
NaI	311	661

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. *a*>801이다.
- ㄴ. *b*<311이다.
- ㄷ. 이온 사이의 정전기적 인력은 NaCl>NaI이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 화합물 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 염화 나트륨(NaCl), 산화 마그네슘(MgO), 에탄올(C₂H₅OH) 중 하나이고, 녹는점은 (가)>(다)이며, 이온 반지름은 Cl⁻>O²⁻이다.

[23024-0132]

화합물	(가)	(나)	(다)
액체 상태에서의 전기 전도성	㉠	없음	있음

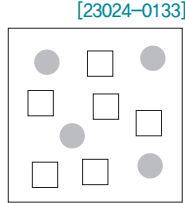
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '있음'은 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. (다)는 MgO이다.
- ㄷ. (가)~(다) 중 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 2가지이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 2, 3주기 원소 A, B로 이루어진 이온 결합 물질 X(s)를 가열하여 용융시켰을 때, X(l)의 이온 모형을 나타낸 것이다. ●과 □은 각각 A^{a+} , B^{b-} 이고, A^{a+} 과 B^{b-} 은 모두 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다.



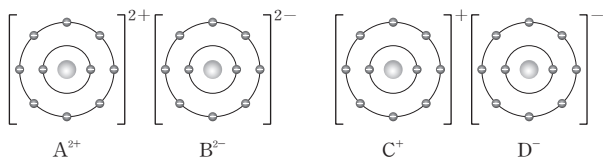
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, A, B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. A는 2주기 원소이다.
- ㄴ. $a > b$ 이다.
- ㄷ. X의 화학식은 A_3B_2 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

06 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. $AB(l)$ 와 $CD(l)$ 는 모두 전기 전도성이 있다.
- ㄴ. 이온 반지름은 $C^+ > B^{2-}$ 이다.
- ㄷ. A와 D로 이루어진 안정한 화합물의 화학식은 A_2D 이다.

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

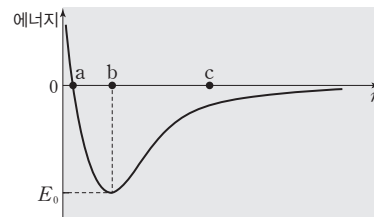
07 다음은 설탕($C_{12}H_{22}O_{11}$)과 염화 나트륨($NaCl$)에 대한 세 학생의 대화이다.

[23024-0135]

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

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

08 그림은 Na^+ 과 Cl^- 이 이온 결합을 형성할 때, 이온 사이의 거리(r)에 따른 에너지를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $r=a$ 에서 이온 결합이 형성된다.
- ㄴ. $r=b$ 에서 이온 사이의 인력과 반발력의 합이 최저이다.
- ㄷ. $r=c$ 에서 이온 사이의 반발력이 인력보다 크게 작용한다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

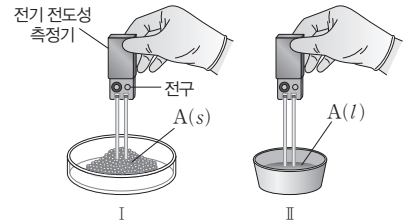
이온 반지름은 $O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+}$ 이다.

[23024-0137]

01 다음은 물질 A와 B의 성질을 알아보기 위한 실험이다. A와 B는 각각 포도당($C_6H_{12}O_6$)과 염화 칼륨(KCl) 중 하나이다.

[실험 과정]

- (가) 그림 I과 같이 A(s)에 전기 전도성 측정기를 연결하여 전기 전도성 유무를 확인한다.
- (나) 그림 II와 같이 A(l)에 전기 전도성 측정기를 연결하여 전기 전도성 유무를 확인한다.
- (다) A 대신 B를 이용하여 과정 (가)와 (나)를 반복한다.



[실험 결과]

○ (가)와 (나)에서 전기 전도성 유무

물질	(가)	(나)
A	㉠	있음
B	없음	없음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. A는 KCl이다.
- ㉡. '있음'은 ㉠으로 적절하다.
- ㉢. NaOH을 이용하여 과정 (가)와 (나)를 반복하면 결과는 B와 같다.

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

[23024-0138]

02 다음은 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료이다. A~D의 이온은 모두 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다.

- A~D는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.
- 홀전자 수는 B>D이다.
- 이온 반지름은 D>C>A이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

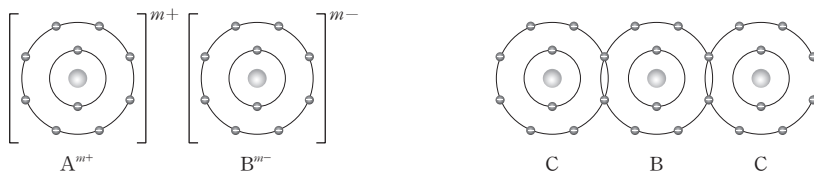
보기

- ㉠. 힘을 가하면 AB(s)가 A(s)보다 잘 부서진다.
- ㉡. 화합물 C₂B는 공유 결합 물질이다.
- ㉢. A와 D로 이루어진 안정한 화합물에서 전체 음이온 수>전체 양이온 수이다.

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

03 그림은 화합물 AB와 BC₂를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다. A~C의 이온은 모두 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다.

[23024-0139]



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

보기

- ㄱ. $m=2$ 이다.
 ㄴ. 이온 반지름은 $B > A$ 이다.
 ㄷ. A와 C로 이루어진 안정한 화합물은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표 I은 2, 3주기 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료를, 표 II는 A~D로 이루어진 이온 결합 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

[23024-0140]

원자	p 오비탈의 전자 수 s 오비탈의 전자 수
A	1
B	1
C	$\frac{6}{5}$
D	$\frac{5}{4}$

I

물질	(가)	(나)	(다)
성분 원소	A, B	A, D	C, D
화합물 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)	2	x	2
이온 사이의 거리(pm)	210	—	231

II

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

보기

- ㄱ. $x=3$ 이다.
 ㄴ. 1 atm에서 녹는점은 (가) > (다)이다.
 ㄷ. 화합물 BD₂는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

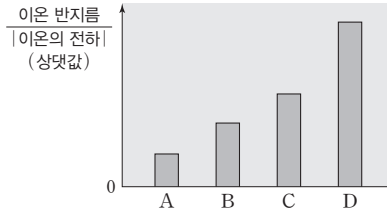
화학 결합 모형에서 B는 원자가 전자 수가 6인 O이다.

p 오비탈의 전자 수가 1인 A,
 s 오비탈의 전자 수가 1인 A,
 B는 각각 O, Mg 중 하나이다.

이온 반지름의 크기는 $Cl^- > O^{2-} > Na^+ > Mg^{2+}$ 이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ 이 가장 큰 D는 Cl^- 이다.

05 그림은 원자 A~D에 대하여 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ (상댓값)을 나타낸 것이다. A~D의 이온은 각각 O^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- 중 하나이고, 이온 반지름은 $B > C$ 이며, $Cl^- > O^{2-}$ 이다.

[23024-0141]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

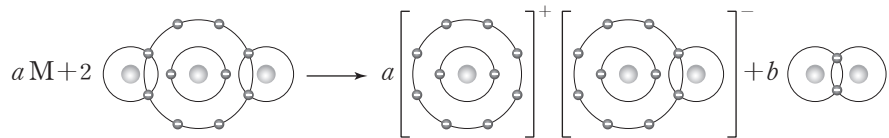
- ㄱ. B와 C는 같은 주기 원소이다.
- ㄴ. 이온 사이의 정전기적 인력은 $AB > CD$ 이다.
- ㄷ. A와 D로 이루어진 안정한 화합물 1 mol에 들어 있는 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

금속은 고체 상태에서 전기 전도성이 있으며, 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

06 그림은 $M(s)$ 과 H_2O 의 반응을 결합 모형으로 나타낸 것이다. a, b는 반응 계수이다.

[23024-0142]



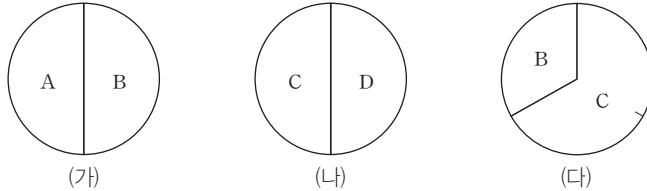
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, M은 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. $a = 2b$ 이다.
- ㄴ. $\frac{M^+ \text{의 양성자수}}{OH^- \text{의 양성자수}} > 1$ 이다.
- ㄷ. 전기 전도성은 $M(s) > MOH(s)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [23024-0143] 그림은 원자 번호 20 이하인 원소 A~D로 이루어진 화합물 (가)~(다) 1 mol에 들어 있는 성분 원소의 몰비를 나타낸 것이고, 표는 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 A~D는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.



원자	A	B	C	D
전자가 들어 있는 s 오비탈 수	1	$\frac{2}{3}$	x	$\frac{1}{2}$
전자가 들어 있는 p 오비탈 수				
홀전자 수	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{7}$	y
s 오비탈의 전자 수				

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

보기

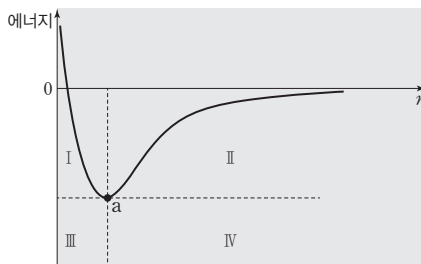
ㄱ. $x=4y$ 이다.

ㄴ. 1 atm에서 녹는점은 (나) > (가)이다.

ㄷ. A와 D로 이루어진 안정한 화합물의 화학식은 AD_2 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [23024-0144] 그림은 Na^+ 과 Cl^- 이 이온 결합을 형성할 때, 이온 사이의 거리(r)에 따른 에너지를 나타낸 것이다. 이온 반지름은 $Cl^- > O^{2-}$ 이다.



에너지가 가장 낮은 지점을 a라고 할 때, 다음 중 a가 II와 III의 위치에 존재하는 화합물로 가장 적절한 것은?

- | | | | | | |
|---|-----------|------------|---|-----------|------------|
| | <u>II</u> | <u>III</u> | | <u>II</u> | <u>III</u> |
| ① | NaF | KI | ② | NaBr | KCl |
| ③ | KCl | MgO | ④ | KBr | NaI |
| ⑤ | MgO | NaF | | | |

이온 결합 물질에서 성분 원소의 몰비는 이온 전하량의 절댓값에 반비례한다.

이온 결합 물질에서 이온 사이의 거리가 가깝고, 이온 전하량이 클수록 이온 결합의 세기가 강하여 결합이 형성될 때의 에너지가 낮아진다.

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(H₂O) 분자에서 산소 원자는 ()과 같은 전자 배치를 갖는다.

1 공유 결합

(1) 공유 결합

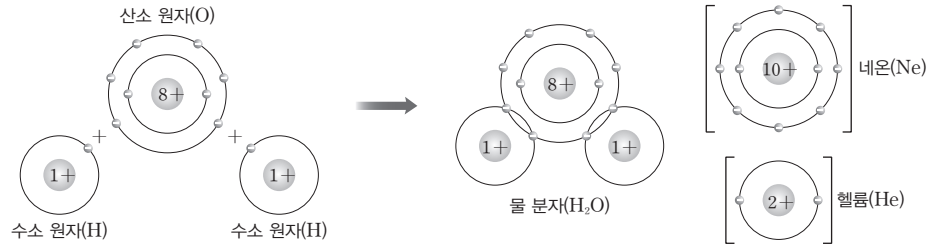
비금속 원소의 원자들이 전자쌍을 서로 공유하면서 형성되는 결합이다.

(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.

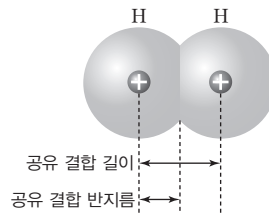


(3) 공유 결합의 형성과 에너지 변화

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

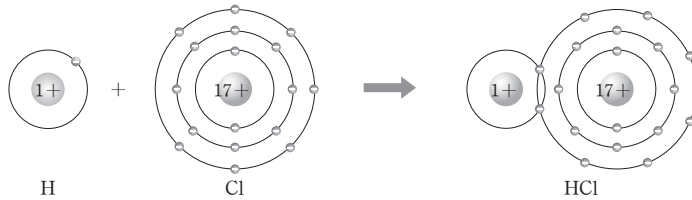
두 원자가 1개의 전자쌍을 공유하고 있으면 단일 결합, 2개의 전자쌍을 공유하고 있으면 2중 결합, 3개의 전자쌍을 공유하고 있으면 3중 결합이라고 한다. 2중 결합과 3중 결합을 다중 결합이라고 한다.

정답

1. 헬륨(He)
2. 네온(Ne)

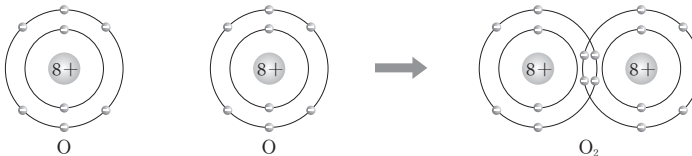
① 단일 결합 : 두 원자가 1개의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

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.



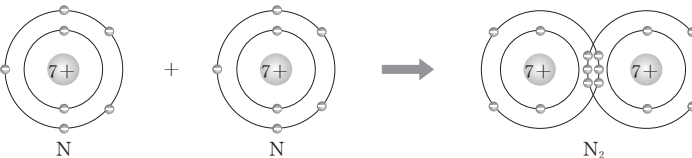
② 2중 결합 : 두 원자가 2개의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

예 산소(O) 원자 2개는 각각 2개의 전자를 내놓아 2개의 전자쌍을 공유하여 산소(O₂) 분자를 형성한다.



③ 3중 결합 : 두 원자가 3개의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

예 질소(N) 원자 2개는 각각 3개의 전자를 내놓아 3개의 전자쌍을 공유하여 질소(N₂) 분자를 형성한다.



(5) 공유 결합 물질의 성질

① 공유 결합 물질 : 원자들이 공유 결합하여 형성된 물질로 대부분 분자로 이루어져 있다.

예 암모니아(NH₃), 이산화 탄소(CO₂), 메테인(CH₄), 포도당(C₆H₁₂O₆), 설탕(C₁₂H₂₂O₁₁)

② 녹는점과 끓는점 : 분자로 이루어진 공유 결합 물질은 대부분 녹는점과 끓는점이 낮다.

물질	녹는점(°C)	끓는점(°C)	물질	녹는점(°C)	끓는점(°C)
H ₂	-259.1	-252.8	H ₂ O	0.0	100.0
N ₂	-210.0	-195.8	CH ₄	-182.5	-161.6
O ₂	-218.8	-182.9	HCl	-114.2	-85.1
Cl ₂	-101.5	-34.1	NH ₃	-77.7	-33.3

③ 전기 전도성 : 공유 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 대부분 전기 전도성이 없다. 단, 흑연(C)은 전기 전도성을 갖는다.

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(O₂) 분자를 형성한다.

※ ○ 또는 ×

3. 질소(N₂) 분자에는 다중 결합이 있다. ()

정답

1. 수소(H₂)
2. 2
3. ○

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.

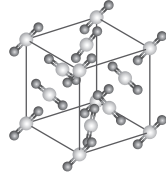
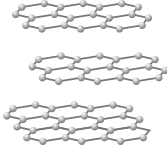
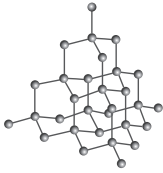
※ ○ 또는 ×

2. 대부분의 공유 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. ()



과학 돋보기 | 분자 결정과 공유 결정

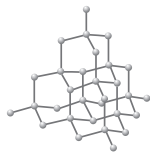
공유 결합 물질에는 분자로 존재하는 분자 결정과 원자들이 공유 결합하여 그물처럼 연결되어 있는 공유 결정이 있다. 분자 결정은 원자들의 공유 결합으로 형성된 분자들이 분자 간의 약한 인력에 의해 규칙적으로 배열된 결정으로, 분자 간의 인력이 약하므로 녹는점과 끓는점이 낮고 승화성이 있는 물질도 있다. 드라이아이스(CO_2), 아이오딘(I_2), 나프탈렌(C_{10}H_8) 등이 분자 결정이고, 흑연(C), 다이아몬드(C), 석영(SiO_2) 등이 공유 결정이다. 공유 결정의 원자 사이의 인력이 분자 결정의 분자 사이의 인력보다 훨씬 크므로 공유 결정이 분자 결정보다 녹는점과 끓는점이 훨씬 높고 단단하다.

물질	드라이아이스(CO_2)	흑연(C)	다이아몬드(C)
구조 모형			
결정의 종류	분자 결정	공유 결정	공유 결정
녹는점	—	4000°C 이상	3550°C 이상

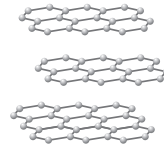


과학 돋보기 | 다이아몬드와 흑연

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

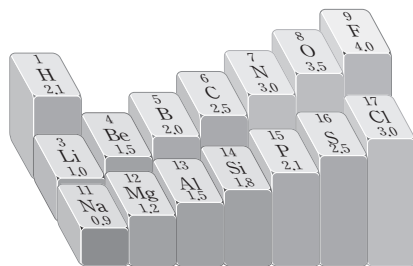
(1) 공유 결합과 전기 음성도

① 전기 음성도 : 공유 결합한 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력을 상대적인 수치로 나타낸 값이다.

- 폴링이 정한 전기 음성도 척도가 가장 널리 사용되는데 플루오린(F)이 4.0으로 가장 크고, 다른 원소는 이보다 작은 값을 갖는다.
- 18족 원소는 매우 안정하여 다른 원자들과 거의 결합을 하지 않으므로 전기 음성도는 18족 원소를 제외하고 다룬다.

정답

1. 공유
2. ×



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).

주기	족	1	2	3~12	13	14	15	16	17
1		H							
2		Li	Be		B	C	N	O	F
3		Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl
4		K	Ca		Ga	Ge	As	Se	Br
5		Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I
6		Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At
7		Fr	Ra						

개념 체크

❶ 전기 음성도

공유 결합을 하는 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력을 상대적인 수치로 나타낸 것이다.

❷ 극성 공유 결합

전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이다.

❸ 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.

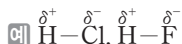
2. 전기 음성도가 () 원자일수록 공유 결합에서 공유 전자쌍을 더 세게 끌어당긴다.

3. () 공유 결합은 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이다.

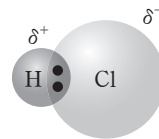
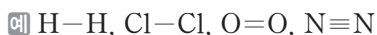
4. 공유 결합을 하는 두 원자에서 전기 음성도가 () 원자는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.

(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(δ⁻)를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.



② 무극성 공유 결합 : 같은 원소의 원자 사이의 공유 결합이며, 결합한 두 원자의 전기 음성도가 서로 같으므로 부분적인 전하가 생기지 않는다.



극성 공유 결합



무극성 공유 결합

정답

1. 증가, 감소
2. 큰
3. 극성
4. 큰

개념 체크

● 쌍극자

크기가 같고 부호가 다른 전하가 일정한 거리를 두고 분리된 것이다.

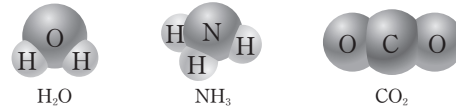
● 쌍극자 모멘트

전하량과 두 전하 사이의 거리를 곱한 값이다.

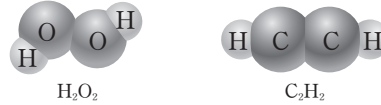
1. CO₂에서 C 원자와 O 원자 사이의 결합은 () 공유 결합이다.

2. 쌍극자 모멘트는 전기 음성도가 () 원자에서 전기 음성도가 () 원자를 향하도록 십자 화살표(+→)를 이용하여 표시한다.

③ 물(H₂O), 암모니아(NH₃), 이산화 탄소(CO₂)는 서로 다른 두 원소가 결합한 분자이므로 모두 극성 공유 결합으로 이루어져 있다.



④ 과산화 수소(H₂O₂), 에타인(C₂H₂) 등의 분자는 극성 공유 결합과 무극성 공유 결합이 있다.

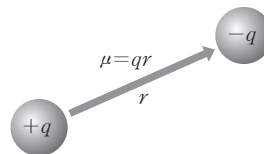


과학 돋보기 | 전기 음성도 차와 화학 결합

결합의 종류	공유 결합		이온 결합
	무극성 공유 결합	극성 공유 결합	
	 H ₂	 HCl	 NaCl
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.		

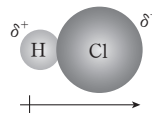
(3) 쌍극자와 쌍극자 모멘트

- ① 쌍극자 : 극성 공유 결합에서 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는데, 크기가 같고 부호가 반대인 전하가 일정한 거리를 두고 분리된 것을 쌍극자라고 한다.
- ② 쌍극자 모멘트(μ) : 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)를 곱한 값을 쌍극자 모멘트(μ)라고 한다.



• 쌍극자 모멘트(μ)의 표시 : 전기 음성도가 작은 원자에서 전기 음성도가 큰 원자를 향하도록 십자 화살표(+→)를 이용하여 표시한다.

☞ 염화 수소(HCl) 분자의 쌍극자 모멘트



정답

- 1. 극성
- 2. 작은, 큰

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 네 방향(위, 아래, 좌, 우)에 돌아가면서 표시하고, 5개째 전자부터 쌍을 이루도록 표시한다.

족 \ 주기	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 ₂	$:\ddot{\text{Cl}}\cdot + \cdot\ddot{\text{Cl}}: \rightarrow \begin{array}{c} \text{공유 전자쌍} \\ \text{Cl} : \text{Cl} \\ \text{비공유 전자쌍} \end{array}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">공유 전자쌍 수 : 1 비공유 전자쌍 수 : 6</div>
O ₂	$:\ddot{\text{O}}\cdot + \cdot\ddot{\text{O}}: \rightarrow \begin{array}{c} \text{2중 결합} \\ \text{O} : \text{O} \end{array}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">공유 전자쌍 수 : 2 비공유 전자쌍 수 : 4</div>
N ₂	$:\dot{\text{N}}\cdot + \cdot\dot{\text{N}}: \rightarrow \begin{array}{c} \text{3중 결합} \\ \text{N} : \text{N} \end{array}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">공유 전자쌍 수 : 3 비공유 전자쌍 수 : 2</div>

③ 화합물인 분자의 루이스 전자점식

분자식	H ₂ O	CH ₄	NH ₃	CO ₂
루이스 전자점식	H : $\ddot{\text{O}}$: H	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H} \\ \text{H} \end{array}$: $\ddot{\text{O}}$: : C : : $\ddot{\text{O}}$:
공유 전자쌍 수	2	4	3	4
비공유 전자쌍 수	2	0	1	4

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. H₂O에서 산소 원자(O)에는 ()개의 공유 전자쌍과 ()개의 비공유 전자쌍이 존재한다.
3. 산소(O₂)에서 공유 전자쌍 수는 ()이고, 비공유 전자쌍 수는 ()이다.

정답

1. 원자가 전자
2. 2, 2
3. 2, 4

개념 체크

● 구조식

공유 전자쌍을 결합선으로 나타낸 식이다.

1. MgO의 루이스 전자점식을 그리시오.

※ ○ 또는 ×

2. N₂에는 3중 결합이 있다. ()

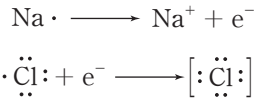


과학 돋보기 | 화합물의 루이스 전자점식 그리기

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 잃어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 양이온이 되고, 비금속 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 전자를 얻어 안정한 음이온이 되면서 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖게 된다.

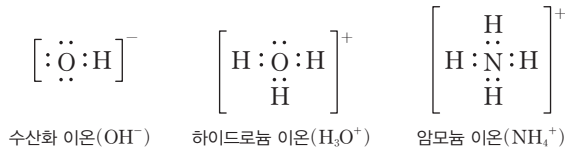


② 양이온과 음이온이 결합하여 이온 결합 물질이 형성된다.

예 염화 나트륨(NaCl)의 루이스 전자점식



과학 돋보기 | 다원자 이온의 루이스 전자점식

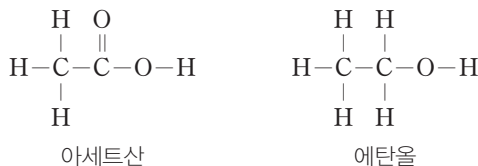


양이온은 양전하 1개당 전자점을 1개 제거하고, 음이온은 음전하 1개당 전자점을 1개 더해야 한다. 예를 들어 OH⁻의 경우 산소(O)의 원자가 전자 수 6, 수소(H)의 원자가 전자 수가 1인데 -1가 음이온이므로 전자점을 하나 추가하여 총 8개의 전자점을 표시해 준다. H₃O⁺의 경우 산소(O) 원자 1개와 수소(H) 원자 3개로 이루어져 있으므로 원자가 전자 수의 합은 9이나, +1가 양이온이므로 전자점을 하나 제거하여 총 8개의 전자점을 표시해 준다.

(5) 구조식 : 공유 결합하는 분자의 전자 배치를 간단하고 편리하게 나타내기 위하여 공유 전자쌍을 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(CH₃COOH)과 에탄올(C₂H₅OH)의 구조식

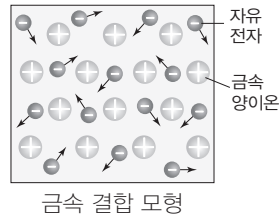


정답

1. $[\text{Mg}]^{2+} \left[: \ddot{\text{O}}: \right]^{2-}$
2. ○

4 금속 결합의 형성

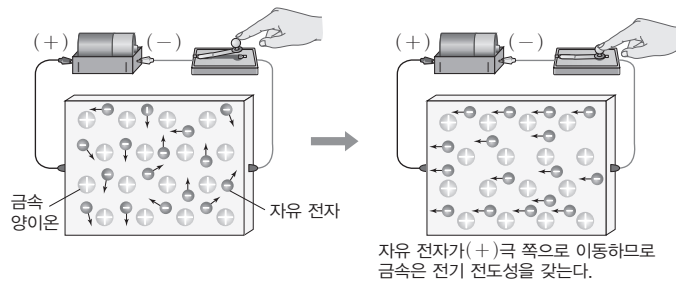
(1) **금속 결합** : 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된다.



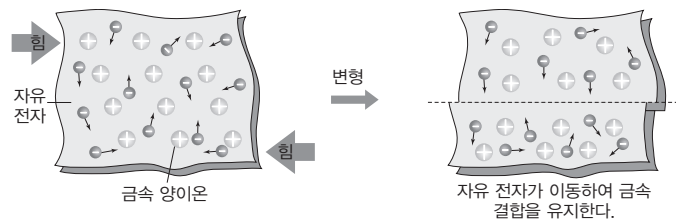
- ① 자유 전자 : 금속 원자가 내놓은 원자가 전자로, 금속 양이온 사이를 자유롭게 움직이면서 금속 양이온을 결합시키는 역할을 하는 전자이다.
- ② 금속 결정 : 금속 결합을 하여 금속 원자가 규칙적으로 배열된 고체이다.

(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 열전도성 : 금속을 가열하면 자유 전자가 에너지를 얻게 되고, 에너지를 얻은 자유 전자가 인접한 자유 전자와 금속 양이온에 열에너지를 전달하므로 금속은 열전도성이 매우 크다.
- ③ 뽀힘성(연성)과 펴짐성(전성) : 외부의 힘에 의해 금속이 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합을 유지할 수 있으므로 금속은 뽀힘성(연성)과 펴짐성(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

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. ()

정답

- 1. 자유 전자
- 2. 뽀힘성(연성), 펴짐성(전성)
- 3. ○
- 4. ○

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.

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 공유 결합을 이루는 물질의 경우 녹는점과 끓는점이 매우 높다.

예 H₂의 녹는점 : -259°C, 흑연의 녹는점 : 4000°C 이상

탐구자료 살펴보기 결합의 종류에 따른 물질의 성질 비교

탐구 자료

성질	물질	이온 결합 물질		공유 결합 물질			금속 결합 물질	
		NaCl	KF	H ₂	CH ₄	H ₂ O	Cu	Fe
녹는점(°C)		801	858	-259	-182	0	1085	1535
끓는점(°C)		1465	1502	-253	-162	100	2595	2750
전기	고체	없음	없음	없음	없음	없음	있음	있음
전도성	액체	있음	있음	없음	없음	없음	있음	있음

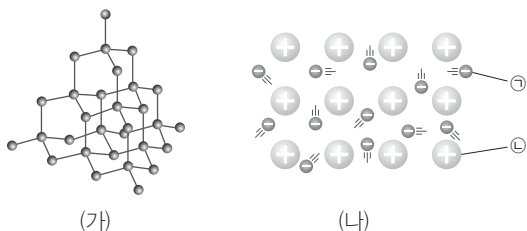
분석 point

- 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(H₂, CH₄)은 분자 사이의 인력이 약한 편이므로 녹는점과 끓는점이 낮아 대체로 상온에서 기체 상태로 존재하지만, H₂O와 같이 액체 상태로 존재하는 물질도 있고, 공유 결합(흑연, 다이아몬드)은 원자 사이의 결합력이 매우 강하여 상온에서 고체 상태로 존재한다.
- 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

-
- 자유 전자, 금속 양이온

01 [23024-0145] 그림은 물질 (가)와 (나)를 모형으로 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 Li(s), C(s, 다이아몬드) 중 하나이다.



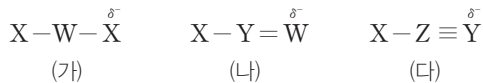
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 고체 상태에서 전기 전도성은 (나) > (가)이다.
 ㄴ. \ominus 은 자유 전자이다.
 ㄷ. (나)에서 \ominus 1개에 들어 있는 전자 수는 He 원자의 전자 수와 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23024-0146] 그림은 2주기 원자 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)의 구조식과 분자에 나타나는 부분 전하의 일부를 나타낸 것이다. (가)~(다)에서 W~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.



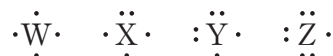
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 전기 음성도는 $W > Z$ 이다.
 ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (다) > (가)이다.
 ㄷ. (나)에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [23024-0147] 그림은 2주기 원자 W~Z의 루이스 전자점식을 나타낸 것이고, 표는 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 W~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, 분자 1개당 Z 원자 수는 (가)와 (다)에서 같다.



분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	W, Y, Z	X, Z	Y, Z
분자당 원자 수	4	6	4

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 무극성 공유 결합이 있는 것은 2가지이다.
 ㄴ. 다중 결합이 있는 것은 2가지이다.
 ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가) = (다)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [23024-0148] 다음은 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 CO_2 , OF_2 , N_2F_2 중 하나이다.

○ 공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다.
 ○ 비공유 전자쌍 수는 (가) > (다)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 CO_2 이다.
 ㄴ. (다)에는 무극성 공유 결합이 존재한다.
 ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 (다)의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 표는 2주기 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료이다. [23024-0149]

원자	A	B	C	D
홀전자 수	1	2	2	3
전자가 들어 있는 p 오비탈 수	3	2	3	

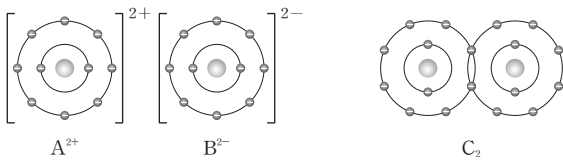
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 전기 음성도는 $C > D$ 이다.
 ㄴ. CA_2 에는 무극성 공유 결합이 존재한다.
 ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 D_2A_2 가 BC_2 의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 물질 AB와 C_2 를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다. [23024-0150]



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

보기

ㄱ. 액체 상태에서 전기 전도성은 $A > C_2$ 이다.
 ㄴ. 비공유 전자쌍 수의 비는 $B_2 : C_2 = 1 : 3$ 이다.
 ㄷ. BC_2 에서 B는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

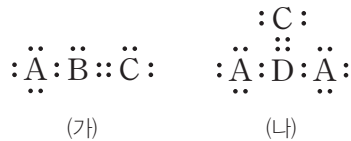
07 다음은 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 $C(s, \text{흑연}), Cu(s), CuCl_2(s)$ 중 하나이다. [23024-0151]

- (가)와 (나)는 전기 전도성이 있다.
- 퍼짐성은 (가)가 (다)보다 크다.

(가)~(다)로 옳은 것은?

	(가)	(나)	(다)
① $C(s, \text{흑연})$	$Cu(s)$	$CuCl_2(s)$	
② $C(s, \text{흑연})$	$CuCl_2(s)$	$Cu(s)$	
③ $Cu(s)$	$C(s, \text{흑연})$	$CuCl_2(s)$	
④ $Cu(s)$	$CuCl_2(s)$	$C(s, \text{흑연})$	
⑤ $CuCl_2(s)$	$C(s, \text{흑연})$	$Cu(s)$	

08 그림은 2주기 원자 A~D로 이루어진 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. [23024-0152]



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

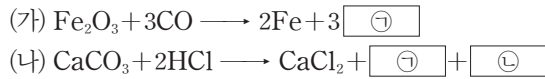
보기

ㄱ. 전기 음성도는 $B > D$ 이다.
 ㄴ. (가)에서 B는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
 ㄷ. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 는 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

09 다음은 2가지 반응의 화학 반응식이다.

[23024-0153]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠에는 무극성 공유 결합이 존재한다.
- ㄴ. ㉡은 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같다.
- ㄷ. (가)와 (나)에 제시된 물질 중 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질의 가짓수는 3이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 다음은 분자 (가)~(라)에 대한 자료이다. (가)~(라)는 각각 O_2 , HF, CO_2 , N_2H_2 중 하나이다.

[23024-0154]

- (가)와 (나)는 공유 전자쌍 수가 각각 x 로 같다.
- (가)와 (다)는 비공유 전자쌍 수가 각각 y 로 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

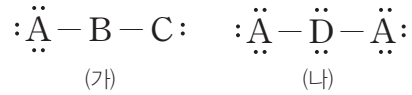
보기

- ㄱ. $x + y = 8$ 이다.
- ㄴ. (나)와 (다)에는 무극성 공유 결합이 있다.
- ㄷ. (가)~(라) 중 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 가 가장 큰 것은 (라)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 2주기 원자 A~D로 이루어진 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 A~D는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, 다중 결합은 나타내지 않았다.

[23024-0155]



(나)에서 (가)에서보다 큰 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

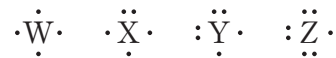
보기

- ㄱ. 중심 원자의 전기 음성도
- ㄴ. 공유 전자쌍 수
- ㄷ. 비공유 전자쌍 수

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 2주기 원자 W~Z의 루이스 전자점식을 나타낸 것이고, 표는 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 W~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

[23024-0156]



분자	구성 원소	분자당 원자 수	$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$
(가)	W, X, Z	3	a
(나)	W, Y, Z	4	b
(다)	Y, Z	4	c

($a+b$) × c 는? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

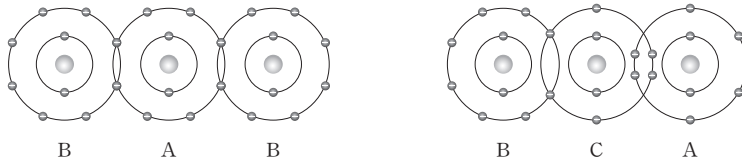
- ① 4 ② 6 ③ 8
- ④ 10 ⑤ 12

A~C의 원자가 전자 수는 각각 6, 7, 5이다.

C_2F_2 에는 3중 결합이 있고, N_2F_2 와 COF_2 에는 2중 결합이 있다.

[23024-0157]

01 그림은 화합물 AB_2 와 BCA 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. AB_2 와 BCA 에서 B는 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
- ㄴ. 공유 전자쌍 수의 비는 $A_2 : C_2 = 2 : 3$ 이다.
- ㄷ. C_2B_2 에는 무극성 공유 결합이 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0158]

02 다음은 분자 (가)~(다)와 관련된 탐구이다. (가)~(다)는 각각 C_2F_2 , N_2F_2 , COF_2 중 하나이다.

[탐구 과정]

○ (가)~(다)를 다음과 같은 기준에 따라 배점한다.

기준	배점
비공유 전자쌍에 대한 배점	비공유 전자쌍 1개당 1점
다중 결합에 대한 배점	2중 결합 1점, 3중 결합 2점
공유 결합에 대한 배점	무극성 공유 결합 있으면 2점

[탐구 결과]

○ (가)~(다)의 총점

분자	(가)	(나)	(다)
총점	10	9	11

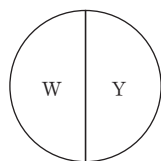
(가)~(다)로 옳은 것은?

- | | | | |
|---|----------|----------|----------|
| | (가) | (나) | (다) |
| ① | C_2F_2 | N_2F_2 | COF_2 |
| ② | C_2F_2 | COF_2 | N_2F_2 |
| ③ | N_2F_2 | C_2F_2 | COF_2 |
| ④ | N_2F_2 | COF_2 | C_2F_2 |
| ⑤ | COF_2 | C_2F_2 | N_2F_2 |

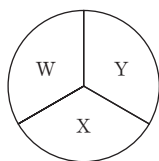
03 표는 2주기 원자 W~Z의 바닥상태 이온에 대한 자료이고, 그림은 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)를 구성하는 원자의 몰비를 나타낸 것이다. (가)~(다)에서 W~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, 분자당 원자 수는 4 이하이다.

[23024-0159]

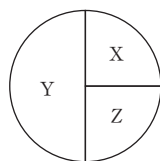
이온	W^+	X^{2-}	Y^+	Z^{2-}
p 오비탈의 전자 수	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{3}{2}$
s 오비탈의 전자 수				



(가)



(나)



(다)

(가)~(다)의 공통점으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

[보기]

- ㄱ. 다중 결합이 존재한다.
- ㄴ. 비공유 전자쌍 수가 공유 전자쌍 수보다 크다.
- ㄷ. Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 2주기 원자 X~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)에서 X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, 분자당 Y 원자 수는 (나)>(가)이다.

[23024-0160]

분자	(가)	(나)
성분 원소	X, Y	Y, Z
분자당 원자 수	3	3
공유 전자쌍 수	x	$2x$

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

[보기]

- ㄱ. $x=2$ 이다.
- ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이다.
- ㄷ. 전기 음성도는 $Z>X$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}=1$ 인 X^{2-} , Y^+ 의 전자 배치는 O와 같다.

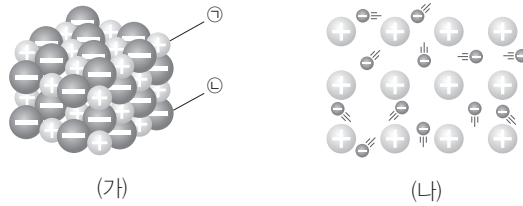
옥텟 규칙을 만족하는 X~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이다.

금속은 고체와 액체에서 모두 전기 전도성이 있고, 이온 결합 물질은 고체에서 전기 전도성이 없다.

2주기 원소로 이루어진 분자 중 중심 원자에 4개의 원자가 공유 결합한 YX_4 는 CF_4 이다.

[23024-0161]

05 그림 (가)와 (나)는 각각 $NaCl(s)$ 과 $Na(s)$ 을 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 원자일 때의 반지름은 $\ominus > \oplus$ 이다.
- ㄴ. 전기 전도성은 (나) > (가)이다.
- ㄷ. 외부에서 힘을 가할 때 (나)가 (가)보다 잘 부서진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0162]

06 표는 원자 W~Z로 이루어진 4가지 분자에서 구성 원소의 전기 음성도 차를 나타낸 것이다. W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이다.

분자	WX_2	YX_4	YW_2	ZW_2
전기 음성도 차	0.5	1.5	x	0.5

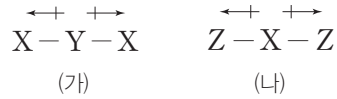
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

- ㄱ. $x = 1.0$ 이다.
- ㄴ. 전기 음성도는 $Z > Y$ 이다.
- ㄷ. ZW_2 에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 2주기 원자 X~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)의 구조식과 결합의 쌍극자 모멘트를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, 다중 결합은 나타내지 않았다.



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

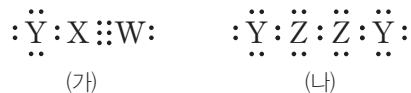
보기

- ㄱ. 전기 음성도는 $Z > X > Y$ 이다.
- ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (나) > (가)이다.
- ㄷ. YXZ_2 분자에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

결합의 쌍극자 모멘트는 전기 음성도가 작은 원자에서 큰 원자로 향하는 십자 화살표로 나타낸다.

08 그림은 2주기 원자 W~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)를 루이스 전자점식으로 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. 원자가 전자 수의 비는 $X : Z = 2 : 3$ 이다.
- ㄴ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 의 비는 (가) : (나) = 3 : 10이다.
- ㄷ. XZ_2 에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 치우쳐 존재한다.

다중 결합은 전자 4개 이상을 공유하는 것을 말한다.

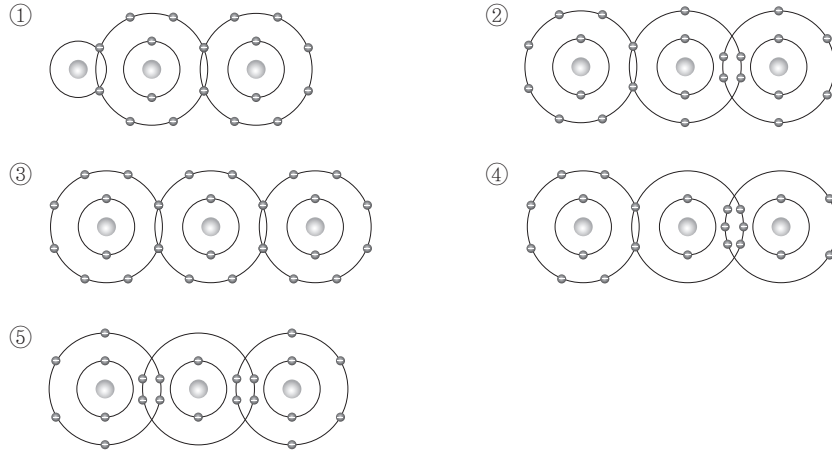
옥텟 규칙을 만족하는 2주기 원자 W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이다.

[23024-0165]

09 다음은 분자 (가)에 대한 자료이다.

- 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재한다.
- 다중 결합이 존재한다.

(가)의 화학 결합 모형으로 가장 적절한 것은?



[23024-0166]

10 표는 2주기 원자 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 W~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, 바닥상태에서 홀전자 수는 Z가 W의 2배이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	W, X	W, Y	W, X, Z
분자당 원자 수	4	4	3
$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ (상댓값)	3	5	a

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

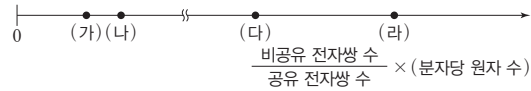
- 보기
- ㄱ. (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 것은 2가지이다.
 - ㄴ. (가)에서 $\frac{W \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}} = \frac{3}{4}$ 이다.
 - ㄷ. $a = \frac{3}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23024-0167]

11 그림은 분자 (가)~(라)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} \times (\text{분자당 원자 수})$ 를 상대적으로 나타낸 것이다.

(가)~(라)는 각각 FCN, OF₂, CH₂O, N₂F₂ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 비공유 전자쌍 수의 비는 (가) : (라) = 1 : 4이다.
 ㄴ. (나)에는 다중 결합이 존재한다.
 ㄷ. (다)에는 무극성 공유 결합이 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

FCN, OF₂, CH₂O, N₂F₂의
 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 1, 4,
 $\frac{1}{2}$, 2이다.

[23024-0168]

12 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 CO₂, OF₂, FNO 중 하나이고, $x > y$ 이다.

분자	(가)	(나)	(다)
$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$	x	$2x$	y

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 CO₂이다.
 ㄴ. $x + y = 3$ 이다.
 ㄷ. (다)에는 다중 결합이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

CO₂, OF₂, FNO의
 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 각각 1, 4,
 2이다.

동종 원자 사이의 공유 결합은 무극성 공유 결합이다.

금속인 Fe은 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있고, 이온 결합 물질인 MgO은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다.

[23024-0169]

13 다음은 3가지 반응의 화학 반응식이다.

- $O_2 + 2F_2 \longrightarrow 2$ ㉠
- $Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3$ ㉡
- ㉢ + $O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

㉠~㉢에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기 □
- ㄱ. 다중 결합이 있는 것은 2가지이다.
 - ㄴ. 무극성 공유 결합이 있는 것은 1가지이다.
 - ㄷ. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 가 가장 큰 것은 ㉠이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0170]

14 표는 서로 다른 온도 $T_1 \sim T_3$ 에서 물질 (가)~(다)의 전기 전도성에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 Fe, MgO, C(다이아몬드) 중 하나이고, $T_1 \sim T_3$ 에서 각각 고체와 액체 중 1가지 상태로 존재하며, (다)는 T_1, T_2 에서 각각 액체 상태, 고체 상태이다.

물질	T_1	T_2	T_3
(가)	없음	㉠	있음
(나)	없음		없음
(다)	있음	있음	

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

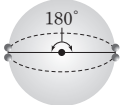
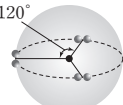
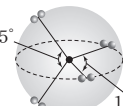
- 보기 □
- ㄱ. $T_3 > T_1$ 이다.
 - ㄴ. '있음'은 ㉠으로 적절하다.
 - ㄷ. T_2 에서 (가)와 (나)는 모두 고체 상태이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ 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 정사면체형의 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

- 각 고무풍선의 매듭을 묶어 고무풍선들이 가장 멀리 떨어지도록 배치해 보면, 고무풍선 2개를 묶었을 때는 직선형, 3개를 묶었을 때는 평면 삼각형, 4개를 묶었을 때는 정사면체형의 구조를 나타낸다.
- 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.
- 전자쌍의 수가 2일 경우에는 2개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 180° 의 각을 이루면서 직선형으로 배열된다. 전자쌍의 수가 3일 경우에는 3개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 120° 의 각을 이루며 평면 삼각형으로 배열되고, 전자쌍의 수가 4일 경우에는 4개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 109.5° 의 각을 이루며 정사면체형으로 배열된다.

개념 체크

● 전자쌍 반발 이론

중심 원자 주위의 전자쌍들이 서로 반발하여 가능한 멀리 떨어져 있으려고 하는 것이다.

- 중심 원자 주위의 전자쌍들이 모두 음전하를 띠고 있으므로 서로 반발하여 가능한 멀리 떨어져 있으려고 하는 것을 () 이론이라고 한다.
- 중심 원자 주위에 있는 전자쌍의 수에 따라 전자쌍의 배열이 달라지며, 이에 의해 분자의 ()이 결정된다.
- 중심 원자 주위에 있는 전자쌍 수가 2일 때, 2개의 전자쌍이 ()으로 배열되면 전자쌍 사이의 반발력이 최소가 된다.

정답

- 전자쌍 반발
- 구조(모양)
- 직선형

개념 체크

● 전자쌍 사이의 반발력 크기

중심 원자의 비공유 전자쌍은 중심 원자에만 속해 있어 중심 원자 주위에서 더 큰 공간을 차지하므로 공유 전자쌍보다 전자쌍 사이의 반발력이 크다.

● 결합각

중심 원자의 원자핵과 중심 원자와 결합한 두 원자의 원자핵을 선으로 연결하였을 때 생기는 내각이다.

※ ○ 또는 ×

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

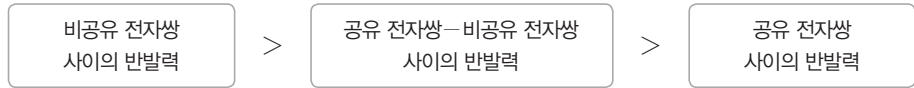
2. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 결합된 원자 수가 3인 분자의 모양은 ()이다.

※ ○ 또는 ×

3. 결합각은 BCl₃가 BeF₂보다 크다. ()

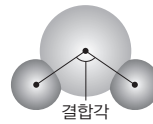
4. CH₂O의 중심 원자에는 3개의 전자쌍이 있다. ()

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 결합각이라고 한다.



(3) 분자의 구조

① 이원자 분자의 경우 : 2개의 원자가 결합하고 있으므로 두 원자핵이 동일한 직선 상에 존재한다.

분자식	H ₂	HF	O ₂	N ₂
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 ₂	CO ₂	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 ₃	CH ₂ O
루이스 전자점식	:Cl: B :Cl:	:O: H:C:H
분자 모형		
분자 모양	평면 삼각형	평면 삼각형

정답

- 1. ○
- 2. 평면 삼각형
- 3. ×
- 4. ×



과학 돋보기 | 삼염화 붕소(BCl_3)와 폼알데하이드(CH_2O)의 분자 모양과 결합각

BCl_3	CH_2O
<p>BCl_3에서 B 원자에 비공유 전자쌍이 없고, B—Cl의 결합은 모두 동등하므로 전자쌍 사이의 반발 정도가 같다. 따라서 전자쌍은 평면 삼각형으로 배열하고, 결합각은 120°가 된다.</p>	<p>CH_2O에서 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 $\angle\text{HCO}$가 $\angle\text{HCH}$보다 크다.</p>

• 중심 원자에 4개의 원자가 결합된 경우 : 정사면체형 또는 사면체형

분자식	결합한 원자가 모두 같은 경우		결합한 원자가 다른 경우
	CH_4	CF_4	
루이스 전자점식	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} : \text{C} : \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \vdots \text{F} \vdots \\ \vdots \text{F} : \text{C} : \text{F} \vdots \\ \vdots \text{F} \vdots \end{array}$	$\begin{array}{c} \vdots \text{Cl} \vdots \\ \text{H} : \text{C} : \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$
분자 모형			
분자 모양	정사면체형	정사면체형	사면체형

• CH_4 , CF_4 등과 같이 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 중심 원자와 결합한 4개의 원자가 모두 같은 경우 분자의 모양은 정사면체형이다.

• CH_3Cl 과 같이 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 중심 원자와 결합한 4개의 원자들이 서로 다른 경우에는 결합한 원자의 크기와 전기 음성도가 달라 결합각이 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 , BF_3 , CH_4 을 결합각이 큰 순서대로 나열하십시오.

※ ○ 또는 ×

3. CCl_4 에서 모든 결합각은 109.5° 이다. ()

4. CO_2 와 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.



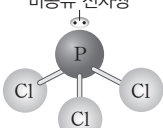
※ ○ 또는 ×

3. NH₃의 분자 모양은 평면 삼각형이다. ()



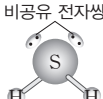
4. H₂O의 분자 모양은 굽은 형이다. ()

5. BCl₃와 NCl₃의 분자 모양은 같다. ()

6. H₃O⁺의 O에는 비공유 전자쌍이 1개 있다. ()

분자식	NH ₃	NF ₃	PCl ₃
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 ₂ O	OF ₂	H ₂ 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 | H₃O⁺과 NH₄⁺의 모양

H₃O⁺과 NH₄⁺의 루이스 전자점식, 공유 전자쌍 수, 비공유 전자쌍 수, 모양은 다음과 같다.

이온	H ₃ O ⁺	NH ₄ ⁺
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 모양의 예측

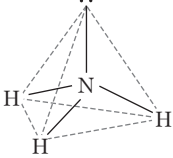
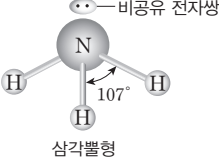
1. 분자의 루이스 전자점식을 그린다.
2. 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍 수를 세어 본다.
3. 전자쌍 반발 이론을 이용하여 중심 원자의 전자쌍 배열을 결정한다.
4. 원자의 위치와 결합각을 고려하여 분자 모양을 예측한다.

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. ×
6. ○

예 암모니아(NH₃)의 분자 모양 예측

① 루이스 전자점식 그리기 $\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	② 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍 수 세기 결합된 원자 수 : 3 비공유 전자쌍 수 : 1
③ 전자쌍 배열 결정 	④ 분자 모양 예측 

개념 체크

● 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍 수를 고려하여 분자 모양을 예측한다.

● 2주기 원소의 수소 화합물에서 중심 원자에 4개의 전자쌍이 있는 경우 비공유 전자쌍의 수가 많을수록 결합각은 작다.


※ ○ 또는 ×

1. 결합각은 NH₄⁺이 NH₃보다 크다. ()

2. 중심 원자에 결합된 원자 수가 같아도 중심 원자에 존재하는 () 전자쌍 수에 따라 분자 모양이 달라진다.

과학 돋보기 | 비공유 전자쌍 수와 분자 모양

• 결합된 원자 수가 같아도 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수에 따라 분자의 모양이 달라진다.

중심 원자의 비공유 전자쌍 수	중심 원자에 2개의 원자가 결합된 경우		중심 원자에 3개의 원자가 결합된 경우	
	0	2	0	1
분자 모형				
분자 모양	직선형	굽은 형	평면 삼각형	삼각뿔형

• 2주기 원소의 수소 화합물에서 중심 원자에 4개의 전자쌍이 있는 경우, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크므로 비공유 전자쌍 수가 많을수록 결합각은 작다.

분자	CH ₄	NH ₃	H ₂ 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 이원자 분자는 모두 무극성 분자이다.

예 H₂, Cl₂, O₂ 등

② 극성 공유 결합이 있는 분자라도 각 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0인 분자 모양이면 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 무극성 분자이다.

정답

- 1. ○
- 2. 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.

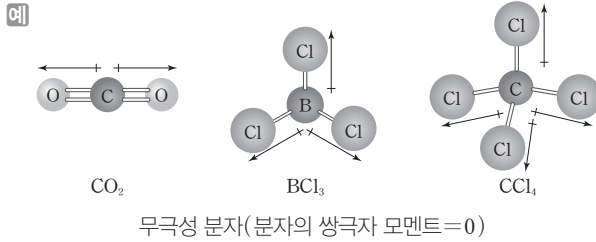
2. 극성 분자인 H₂O에서 O는 부분적인 () 전하를 띠고, H는 부분적인 () 전하를 띤다.

※ ○ 또는 ×

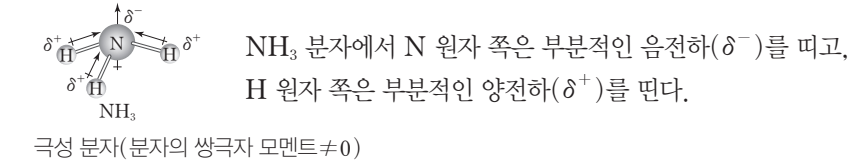
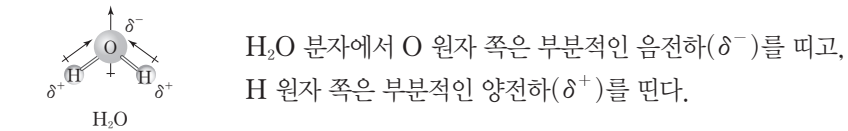
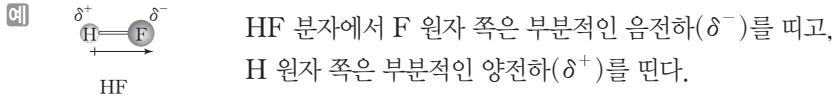
3. 극성 공유 결합이 있는 분자는 모두 극성 분자이다. ()

4. CO₂에는 극성 공유 결합이 있지만, 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다. ()

5. NH₃와 BCl₃는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다. ()



(2) 극성 분자 : 극성 공유 결합이 있는 분자 중에서 각 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 분자 모양이면 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자이다.



과학 돋보기 | 분자의 모양과 성질

분자식	BeF ₂	BCl ₃	CH ₄	NH ₃	H ₂ 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°
성질	무극성	무극성	무극성	극성	극성

(3) 분자의 극성 알아내기

분자	SiH ₄	H ₂ 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 분자 모양을 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.

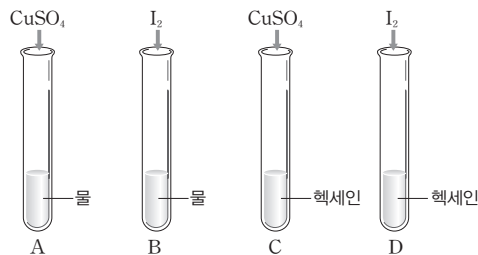
예 무극성 물질인 아이오딘(I_2)은 극성 용매인 물(H_2O)에는 잘 용해되지 않지만, 무극성 용매인 헥세인(C_6H_{14})에는 잘 용해된다.

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($H_2O(l)$) 5 mL씩, C와 D에는 헥세인($C_6H_{14}(l)$) 5 mL씩을 넣는다.
- (나) 시험관 A와 C에는 황산 구리($CuSO_4$) 0.3 g씩, B와 D에는 아이오딘(I_2) 0.3 g씩을 넣고 잘 흔들어 준 다음 용해되는 정도를 관찰한다.



실험 결과

시험관	A	B	C	D
결과	잘 녹음	거의 녹지 않음	거의 녹지 않음	잘 녹음

분석 point

1. 이온 결합 물질인 $CuSO_4$ 는 극성 용매인 물에 잘 녹는다.
2. 무극성 물질인 I_2 는 무극성 용매인 헥세인에 잘 녹는다.

② 끓는점

- 극성 물질은 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 원자와 이웃한 분자의 부분적인 음전하(δ^-)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($^{\circ}C$)
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. ○

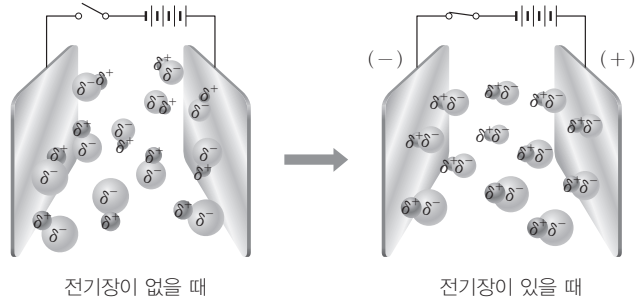
개념 체크

● 기체 상태의 극성 분자는 전기장에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분이 전기장의 (+)극 쪽으로, 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 부분이 전기장의 (-)극 쪽으로 향하도록 배열된다.

※ ○ 또는 ×

1. HF(g)는 전기장에서 분자들이 일정한 방향으로 배열된다. ()
2. O₂(g)와 NH₃(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.

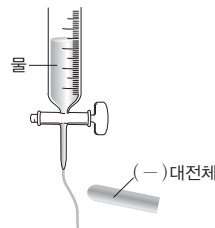
③ 전기적 성질 : 극성 분자는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 전기장에서 기체 상태의 극성 분자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분이 전기장의 (+)극 쪽으로, 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 부분이 전기장의 (-)극 쪽으로 향하도록 배열된다.



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.



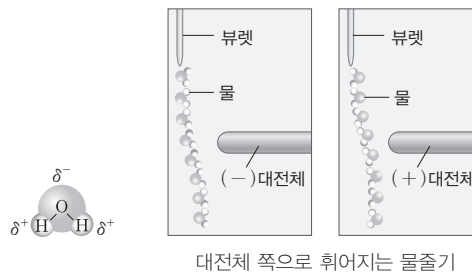
(다) (-)전하를 띠는 대전체 대신 (+)전하를 띠는 대전체를 물줄기에 가까이 가져가 본다.

실험 결과

과정 (나)와 (다)에서 모두 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어졌다.

분석 point

(-)대전체를 가까이 가져가면 물 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 H 원자 쪽(방향)이 대전체 쪽으로 끌려가고, (+)대전체를 가까이 가져가면 물 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)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)

01 [23024-0171] 그림은 2주기 원자 X~Z의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. XZ_4 의 분자 모양은 정사면체형이다.
 ㄴ. YZ_3 은 무극성 분자이다.
 ㄷ. ZXY 의 결합각은 180° 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23024-0172] 표는 분자 (가)와 (나)의 결합각을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 CH_4 과 NH_3 중 하나이다.

분자	(가)	(나)
결합각($^\circ$)	107	109.5

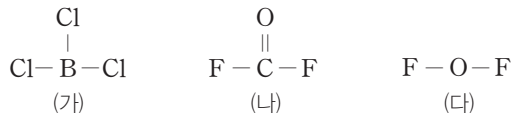
(가)와 (나)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 분자 모양은 정사면체형이다.
 ㄴ. (나)는 무극성 분자이다.
 ㄷ. 공유 전자쌍 수는 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 [23024-0173] 그림은 분자 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다.



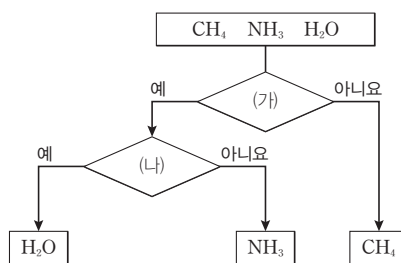
(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 극성 분자이다.
 ㄴ. (나)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.
 ㄷ. (나)와 (다)에서 O 원자는 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

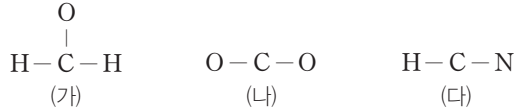
04 [23024-0174] 그림은 3가지 분자를 기준 (가)와 (나)에 따라 분류한 것이다.



다음 중 (가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| (가) | (나) |
| ① 극성 분자인가? | 다중 결합이 있는가? |
| ② 다중 결합이 있는가? | 무극성 분자인가? |
| ③ 공유 전자쌍 수는 3인가? | 비공유 전자쌍 수는 2인가? |
| ④ 비공유 전자쌍이 있는가? | 구성 원자가 모두 동일 평면에 있는가? |
| ⑤ 결합각이 120° 보다 작은가? | 분자 모양이 굽은 형인가? |

05 그림은 분자 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다. (가)~(다)에서 C, N, O는 모두 옥텟 규칙을 만족하며, 구조식에서 다중 결합은 나타내지 않았다.



(가)~(다)의 공통점으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 공유 전자쌍 수가 비공유 전자쌍 수보다 크다.
 - ㄴ. 2중 결합이 있다.
 - ㄷ. 구성 원자가 모두 동일 평면에 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

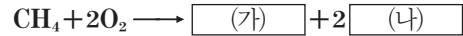
족	1	2	13	14	15	16	17	18
주기				W		X		
					Y		Z	

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

- 보기
- ㄱ. WX₂는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.
 - ㄴ. YZ₃의 분자 모양은 평면 삼각형이다.
 - ㄷ. 분자당 비공유 전자쌍 수는 WX₂가 Z₂X보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 다음은 메테인(CH₄) 연소 반응의 화학 반응식이다. (가)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (나)는 무극성 분자이다.
 - ㄴ. CH₄과 (가)는 분자의 쌍극자 모멘트가 모두 0이다.
 - ㄷ. 결합각은 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 다음은 분자 XY₂에 대한 설명이다.

- 구성 원자는 모두 2주기 원자이다.
- 구성 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.
- 분자 모양은 굽은 형이다.

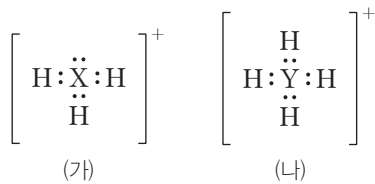
XY₂에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. 다중 결합이 있다.
 - ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 공유 전자쌍 수보다 크다.
 - ㄷ. X는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 그림은 이온 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. X와 Y는 2주기 원소이다.

[23024-0179]



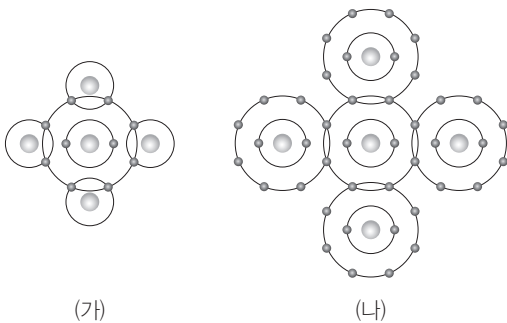
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- 보기
- ㄱ. (가)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 있다.
 - ㄴ. (나)의 모양은 정사면체형이다.
 - ㄷ. 결합각은 H_2X 가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 그림은 분자 (가)와 (나)를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.

[23024-0180]



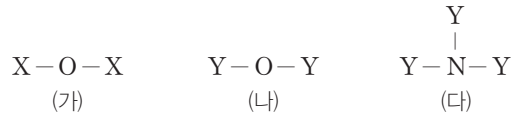
(가)와 (나)가 서로 같은 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 공유 전자쌍 수
 - ㄴ. 결합각
 - ㄷ. 양성자수

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 분자 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다. X와 Y는 각각 H, F 중 하나이고, (가)에서 O는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

[23024-0181]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 전기 음성도는 X가 O보다 크다.
 - ㄴ. (나)에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
 - ㄷ. 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

[23024-0182]

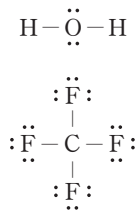
- (가)~(다)는 각각 HCN, BCl_3 , CO_2 중 하나이다.
- (가)와 (나)는 결합각이 같다.
- (나)와 (다)는 모두 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에는 다중 결합이 있다.
 - ㄴ. (다)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.
 - ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

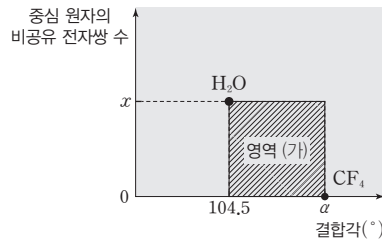
H₂O과 CF₄의 루이스 구조식은 그림과 같다.



C 원자에 결합한 원자 수는 HCN, CO₂, COF₂이 각각 2, 2, 3이다.

[23024-0183]

01 그림은 H₂O과 CF₄의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $x=2$ 이다.
 ㄴ. $\alpha < 120$ 이다.
 ㄷ. NH₃의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 표시하면 영역 (가)에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0184]

02 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 HCN, CO₂, COF₂ 중 하나이다.

분자	(가)	(나)	(다)
C 원자에 결합한 원자 수	2	2	3
2중 결합 수	a	2	b

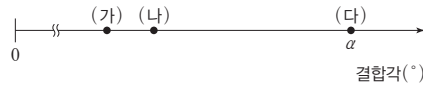
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $a > b$ 이다.
 ㄴ. (다)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.
 ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 그림은 분자 (가)~(다)의 결합각을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 BF_3 , CCl_4 , NH_3 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

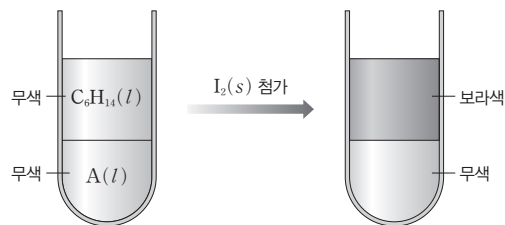
- ㄱ. $\alpha = 120$ 이다.
- ㄴ. (가)는 무극성 분자이다.
- ㄷ. (나)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

04 다음은 물질의 극성과 용해의 관계를 알아보기 위한 실험이다. 헥세인(C_6H_{14})은 무극성 분자이고, A는 H_2O 과 CCl_4 중 하나이다.

[실험 과정 및 결과]

- 그림과 같이 두 층으로 분리된 $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$ 과 A(l)가 들어 있는 시험관에 $\text{I}_2(s)$ 을 넣고 흔들어 녹였더니 $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$ 층은 무색에서 보라색으로 색깔이 변하였고, A(l)층은 변화가 없었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $\text{I}_2(s)$ 은 A(l)보다 $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$ 에 더 잘 용해된다.
- ㄴ. A는 CCl_4 이다.
- ㄷ. $\text{I}_2(s)$ 대신 $\text{CuSO}_4(s)$ 를 사용하여 실험을 반복하면 $\text{CuSO}_4(s)$ 는 $\text{C}_6\text{H}_{14}(l)$ 보다 A(l)에 더 잘 용해된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

BF_3 는 중심 원자에 3개의 동일한 원자가 결합되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않으므로 분자 모양은 평면 삼각형이다.

I_2 은 I 원자 사이에 무극성 공유 결합을 하는 무극성 분자이다.

CH₃F, CF₄, PF₃의 비공유 전자쌍 수는 각각 3, 12, 10이다.

C, N, O, F 중 2가지 원소로 구성되어 있고, 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하며 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합된 분자에는 CO₂, OF₂가 있다.

[23024-0187]

05 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 CH₃F, CF₄, PF₃ 중 하나이다.

분자	(가)	(나)	(다)
공유 전자쌍 수	a	a	b
비공유 전자쌍 수	b	c	10

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $a \times b = c$ 이다.

ㄴ. (다)의 분자 모양은 삼각뿔형이다.

ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0188]

06 그림은 분자 (가)와 (나)의 구조식을 나타낸 것이다. W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이고 (가)와 (나)에서 모두 옥텟 규칙을 만족한다. 구조식에서 다중 결합은 나타내지 않았다.



(가)와 (나)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 무극성 분자이다.

ㄴ. (나)에는 3중 결합이 있다.

ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 다음은 분자 모양과 관련된 탐구 활동이다.

[23024-0189]

[탐구 과정]

(가) 분자에서 중심 원자에 결합된 원자 수와 중심 원자에 존재하는 \ominus 에 따라 분자 모양을 예측한다.

(나) 분자 모양에 해당하는 분자의 예를 찾는다.

[탐구 결과]

중심 원자에 결합된 원자 수	2	3	4	
중심 원자에 존재하는 \ominus	0	1	0	
분자 모양	직선형	L	사면체형	정사면체형
예시	HCN	NH_3	\ominus	CH_4

중심 원자에 결합된 원자 수가 2이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하지 않는 분자의 모양은 직선형이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '비공유 전자쌍 수'는 \ominus 으로 적절하다.
 ㄴ. '평면 삼각형'은 L 으로 적절하다.
 ㄷ. ' CH_3F '은 \ominus 으로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 분자 (가)~(다)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 HCN, CO_2 , PCl_3 중 하나이다.

[23024-0190]

분자	(가)	(나)	(다)
$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$	$\frac{1}{4}$	1	$\frac{10}{3}$

HCN, CO_2 , PCl_3 의 비공유 전자쌍 수는 각각 1, 4, 10이다.

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

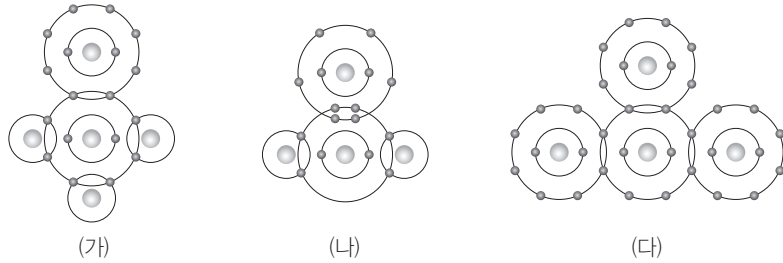
- ㄱ. (가)에는 다중 결합이 존재한다.
 ㄴ. (다)는 무극성 분자이다.
 ㄷ. 결합각은 (가)와 (나)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)와 (나)는 중심 원자에 결합한 원자들이 모두 동일하지 않으므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

[23024-0191]

09 그림은 분자 (가)~(다)를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 분자 모양은 사면체형이다.
- ㄴ. (나)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재한다.
- ㄷ. 모두 극성 분자이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

CH₂O, CO₂, CCl₄, OF₂ 중 다중 결합이 있는 분자는 CH₂O, CO₂이다.

[23024-0192]

10 표는 분자 (가)~(라)를 주어진 기준에 따라 분류한 결과를 나타낸 것이다. (가)~(라)는 각각 CH₂O, CO₂, CCl₄, OF₂ 중 하나이다.

기준	예	아니요
다중 결합이 있는가?	(가), (나)	(다), (라)
극성 분자인가?	(가), (다)	(나), (라)

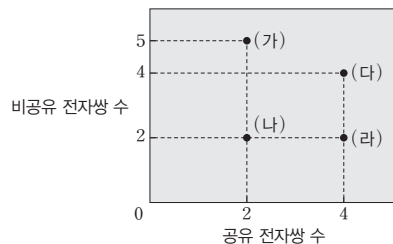
(가)~(라)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 존재한다.
- ㄴ. 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.
- ㄷ. (라)는 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 그림은 분자 (가)~(라)의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 나타낸 것이다. (가)~(라)는 각각 HOF, H₂S, CH₂O, CO₂ 중 하나이다.



(가)~(라)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 분자 모양은 직선형이다.
- ㄴ. 결합각은 (다) > (나)이다.
- ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (다) > (라)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 표는 2주기 원자로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 구성 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, (나)와 (다)의 중심 원자는 C이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원자 수	3	3	3
2중 결합 수	0	0	2
3중 결합 수	0	1	0

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (다)는 무극성 분자이다.
- ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이다.
- ㄷ. 결합각은 (나)와 (다)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

HOF, H₂S, CH₂O, CO₂의 공유 전자쌍 수는 각각 2, 2, 4, 4이다.

2주기 원자 3개로 구성되고, 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 분자 중에서 모두 단일 결합으로 구성된 분자는 OF₂이다.

IV

역동적인 화학 반응

2023학년도 대학수학능력시험 19번

19. 다음은 a M HA(aq), b M H₂B(aq), $\frac{5}{2}a$ M NaOH(aq)의 부피를 달리하여 혼합한 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

○ 수용액에서 HA는 H⁺과 A⁻으로, H₂B는 H⁺과 B²⁻으로 모두 이온화된다.

혼합 수용액	혼합 전 수용액의 부피(mL)			모든 양이온의 몰 농도(M) 합 (상댓값)
	HA(aq)	H ₂ B(aq)	NaOH(aq)	
(가)	3V	V	2V	5
(나)	V	xV	2xV	9
(다)	xV	xV	3V	y

○ (가)는 중성이다.

$\frac{y}{x}$ 는? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

2023학년도 EBS 수능특강 188쪽 12번

12 [22024-0224]
표는 NaOH(aq) V mL가 들어 있는 4개의 비커에 HCl(aq) 또는 H₂SO₄(aq)을 넣었을 때 혼합 용액 속 전체 이온의 몰 농도의 합과 혼합 용액의 액성에 대한 자료이다.

넣어 준 산의 종류와 부피	HCl(aq)의 부피(mL)		H ₂ 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 H₂SO₄은 H⁺과 SO₄²⁻으로 모두 이온화되며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

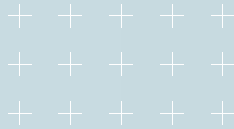
- ① $\frac{4}{15}$ ② $\frac{2}{5}$ ③ $\frac{1}{2}$
④ $\frac{5}{8}$ ⑤ $\frac{18}{25}$

연계 분석

수능 19번 문항은 수능특강 188쪽 12번 문항과 연계하여 출제되었다. 일부 혼합 용액의 액성이 제시되었고, 이온의 몰 농도(M) 합을 이용하여 혼합 전 수용액의 몰 농도(M)를 예측할 수 있다. 수능특강에서는 혼합하는 수용액이 2가지이지만, 수능에서는 혼합하는 수용액이 3가지이고 이온의 몰 농도(M) 합도 상댓값으로 주어져 있어 유사성이 다소 높으면서도 더욱 어려운 문항으로 출제되었다.

학습 대책

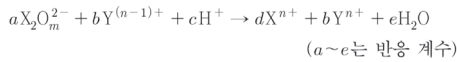
주어진 혼합 용액의 액성을 잘 활용해야 한다. 물의 자동 이온화를 무시하면 산성 용액에서는 OH⁻이 없고, 염기성 용액에서는 H⁺이 없고, 중성 용액에서는 H⁺과 OH⁻이 모두 없다. 각 혼합 용액에서 모든 이온의 몰 농도(M)를 다 구하면 시간이 오래 걸리므로 필요한 이온의 몰 농도(M)만 구하는 것이 시간을 절약하는 방법이다. 또 액성이 제시되지 않은 혼합 용액의 액성을 예측할 수 있다면 더 빨리 해결할 수 있을 것이다. 몰 농도(M)를 활용하므로 혼합 용액의 부피를 고려해야 함에 유의하자.



2023학년도 대학수학능력시험 14번

14. 다음은 금속 X, Y와 관련된 산화 환원 반응에 대한 자료이다. X의 산화물에서 산소(O)의 산화수는 -2이다.

○ 화학 반응식 :



○ $Y^{(n-1)+}$ 3 mol이 반응할 때 생성된 X^{n+} 은 1 mol이다.

○ 반응물에서 $\frac{X \text{의 산화수}}{Y \text{의 산화수}} = 3$ 이다.

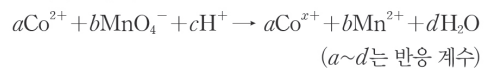
m+n은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.) [3점]

- ① 6 ② 8 ③ 10 ④ 12 ⑤ 14

2023학년도 EBS 수능특강 209쪽 7번

07 [22024-0243] 다음은 어떤 산화 환원 반응에 대한 자료이다.

○ 화학 반응식



○ Co^{2+} 1 mol이 반응할 때 생성되는 H_2O 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 $\frac{12}{5}$

연계 분석

수능 14번 문항은 수능특강 209쪽 7번 문항과 연계하여 출제되었다. 화학 반응식에서 모든 계수가 미지수로 제시되었고, 반응물과 생성물의 양적 관계를 조건으로 주어 미지수를 구할 수 있는지 묻고 있다. 수능특강에서는 1가지 원소를 제외하고 나머지 원소의 산화수를 쉽게 알 수 있어 접근하기 쉬우나, 수능에서는 2가지 원소의 산화수비를 제시하여 유사성이 높으면서도 더욱 어려운 문항으로 출제되었다.

학습 대책

산화수를 이용하여 화학 반응식을 완성하는 문제의 핵심은 산화되는 물질에서 증가한 산화수의 합은 환원되는 물질에서 감소한 산화수의 합과 같다는 것이다. 이를 이용하기 위해서는 모든 원소의 산화수를 쓸 수 있어야 하므로 산화수 규칙은 필수로 익히고 있어야 한다. 주어진 조건에 따라 미지수들의 관계식을 쓰고 연립방정식을 풀이하는 방식으로 미지수를 구할 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(II) 종이와 물과 반응해 붉게 되었다가 물을 증발시키면 다시 푸른색이 되는 것은 이 반응이 () 반응이기 때문이다.

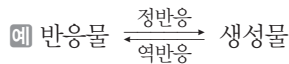
1 가역 반응과 비가역 반응

(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

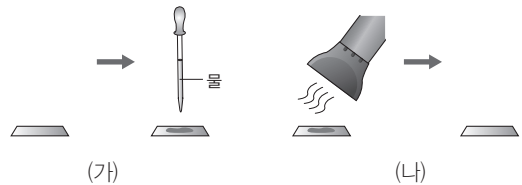
- 물을 냉동실에 넣으면 얼음이 되지만 얼음을 밖에 꺼내 놓으면 다시 녹아 물이 된다. (정반응 : 물의 응고, 역반응 : 얼음의 용해)
- 이른 아침 공기 중 수증기가 풀잎에 이슬로 맺히지만 시간이 지나면서 다시 공기 중 수증기로 돌아가 이슬이 없어진다. (정반응 : 수증기의 액화, 역반응 : 물의 기화)
- 물에 이산화 탄소가 녹아 있는 탄산음료의 용기 뚜껑을 열어 두면 이산화 탄소가 다시 공기 중으로 빠져나가 탄산음료의 톡 쏘는 맛이 약해진다. (정반응 : 이산화 탄소가 물에 녹는 반응, 역반응 : 이산화 탄소가 탄산음료에서 빠져나오는 반응)

탐구자료 살펴보기 수분 검출 시약 - 염화 코발트(II)

푸른색의 염화 코발트(II)(CoCl_2)는 수분을 흡수하면 붉은색으로 변하는 성질이 있으므로 화학 반응에서 물이 생성되었는지 확인하는 데 자주 이용된다. 간편한 실험을 위해 염화 코발트(II) 종이와 주로 사용된다.

실험 과정

- 푸른색 염화 코발트(II) 종이에 스포이트를 이용하여 물방울을 떨어뜨린 후 색깔을 관찰한다.
- 물이 떨어졌던 부분에 헤어드라이어의 따뜻한 바람을 이용하여 물을 증발시키고 염화 코발트(II) 종이의 색깔을 관찰한다.

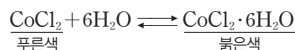


실험 결과

- (가)에서 물에 닿은 부분이 붉은색으로 변했다.
- (나)에서 물이 증발하면서 다시 푸른색으로 변했다.

분석 point

푸른색의 염화 코발트(II)(CoCl_2)가 물을 흡수하면 붉은색의 염화 코발트(II) 수화물($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)이 되고, 붉은색 염화 코발트(II) 수화물($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)에서 물을 제거하면 다시 푸른색의 염화 코발트(II)(CoCl_2)가 된다. 이 과정은 다음의 가역 반응으로 설명할 수 있다.



정답

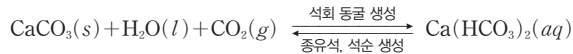
- 가역 반응
- 오른
- \rightleftharpoons
- 가역



과학 돋보기 | 석회 동굴과 중유석, 석순



석회 동굴은 탄산 칼슘(CaCO_3)이 주성분인 석회암 지대에서 주로 생성된다. 그 이유는 탄산 칼슘이 지하수, 이산화탄소와 함께 반응하여 물에 잘 녹는 탄산수소 칼슘($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$)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.

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. ()

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 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

- 염전에서 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

- 인체 내 각 조직에서 발생하는 이산화탄소는 혈액 속에 용해되고 다시 이산화탄소가 혈액에서 빠져나와 폐를 통해 날숨에 섞여 몸 밖으로 배출된다.

정답

1. ×

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. ()

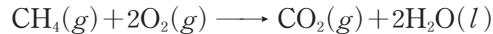
2. 동적 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나며, 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지된다. ()

(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

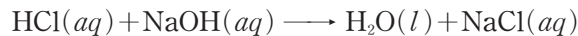
• 연료의 연소 : 메테인 또는 에탄올을 완전 연소시키면 이산화 탄소와 물이 생성된다.



• 금속과 산의 반응 : 마그네슘 리본을 염산에 넣으면 수소 기체가 발생한다.



• 중화 반응 : 염산에 수산화 나트륨 수용액을 넣으면 중화 반응이 일어난다.



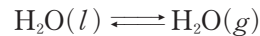
2 동적 평형

(1) 동적 평형

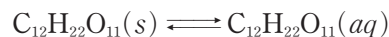
① 동적 평형 : 가역 반응에서 반응물과 생성물의 농도가 변하지 않는 경우 겉으로 보기에 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있는 동적 평형 상태이다. 동적 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지된다.

② 동적 평형의 예

• 밀폐된 용기 안에 충분한 시간 동안 물을 담아 두면 물이 증발하는 속도와 수증기가 응축하는 속도가 같은 동적 평형에 도달하고, 물과 수증기의 양은 일정하게 유지된다.



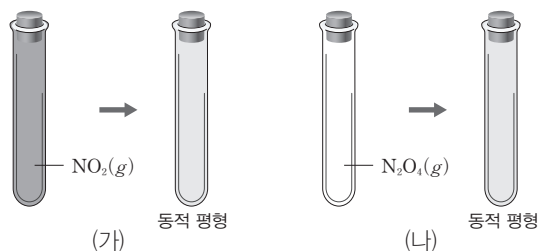
• 충분한 양의 설탕($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)을 충분한 시간 동안 물에 넣어 두면 설탕이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같은 동적 평형에 도달하게 되고, 수용액에서 설탕의 농도는 일정하게 유지된다.

탐구자료 살펴보기 이산화 질소(NO_2)와 사산화 이질소(N_2O_4) 사이의 동적 평형 실험

실험 과정

(가) 투명한 밀폐 용기에 적갈색의 이산화 질소(NO_2) 기체를 담아 두고 색 변화를 관찰한다.

(나) 투명한 밀폐 용기에 무색의 사산화 이질소(N_2O_4) 기체를 담아 두고 색 변화를 관찰한다.

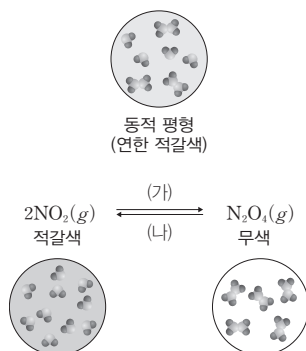


정답

1. ×
2. ○

실험 결과

- (가)에서 점점 적갈색이 없어지다가 연한 적갈색을 띠게 되고 더 이상 없어지지 않는 상태에 도달했다.
- (나)에서 무색에서 점점 적갈색이 진해지다가 연한 적갈색을 띠게 되고 더 이상 진해지지 않는 상태에 도달했다.

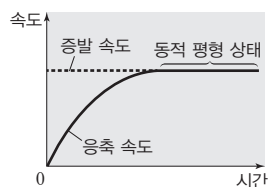
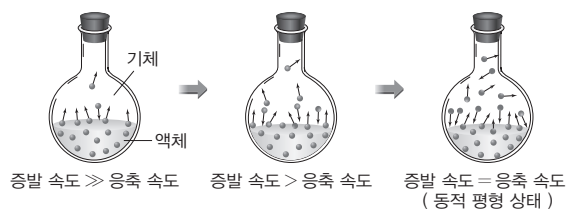


분석 point

- (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. 밀폐된 진공 용기에 액체를 넣었을 때 초기에는 증발 속도가 응축 속도보다 크지만 시간이 지나면서 응축 속도가 점점 커져 증발 속도와 같아지는 동적 평형 상태에 도달한다. 동적 평형 상태에서는 기체의 양과 액체의 양이 일정하게 유지된다.



일정한 온도에서 시간에 따른 증발 속도와 응축 속도

개념 체크

● 상평형

2가지 이상의 상태가 공존할 때 서로 상태가 변하는 속도가 같아서 겉보기에 상태 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태이다.

- 투명한 밀폐 용기에 무색의 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 를 담아 두면 무색의 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 일부가 적갈색의 $\text{NO}_2(g)$ 로 분해되고 혼합 기체가 연한 적갈색에서 색 변화가 멈추는데, 이는 () 상태에 도달했기 때문이다.
- 밀폐된 용기에 들어 있는 액체의 () 속도와 기체의 () 속도가 같아져서 () 상태에 도달하면 기체의 양과 액체의 양이 각각 일정하게 유지된다.

정답

- 동적 평형
- 증발, 응축, 동적 평형

개념 체크

● 용해 평형

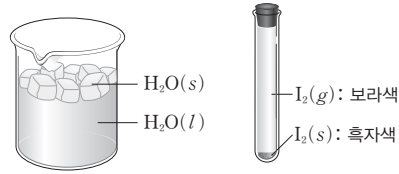
용질이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같아서 겉보기에 용해나 석출이 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태이다.

※ ○ 또는 ×

1. 용해 평형에서 포화 용액은 용질의 용해 속도와 석출 속도가 같다. ()
2. 충분한 시간 동안 밀폐된 용기에 들어 있는 탄산음료는 이산화 탄소의 용해 반응이 멈춘 상태이다. ()

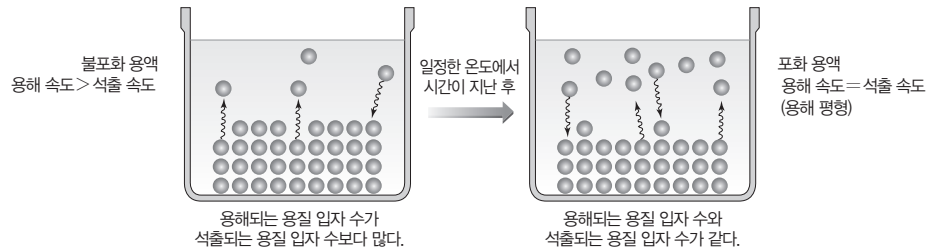
③ 고체와 액체 사이의 상평형, 고체와 기체 사이의 상평형도 있다.

예 얼음과 물 사이의 상평형, 승화성이 있는 아이오딘 고체와 기체 사이의 상평형



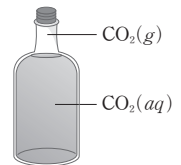
(3) 용해 평형

- ① 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.
- ② 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 크지만 시간이 지나면서 석출 속도가 점점 커져 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.

정답

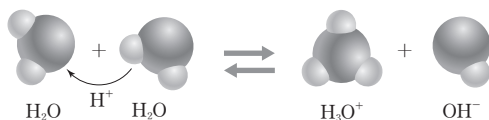
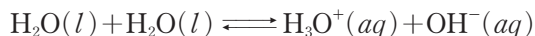
1. ○
2. ×

3 물의 자동 이온화

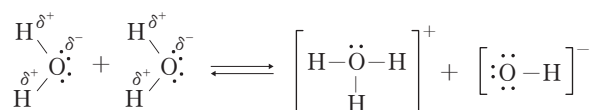
(1) 물의 자동 이온화

① 물은 대부분 분자로 존재하지만 매우 적은 양의 물이 이온화하여 동적 평형 상태를 이룬다.

② 물의 자동 이온화 반응식

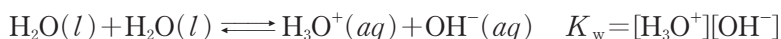


③ 물 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 산소와 이웃한 물 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 수소가 서로 접근하여 H^+ 의 이동이 생기고 결과적으로 H_3O^+ 과 OH^- 이 생성된다.



(2) 물의 이온화 상수

① 물의 자동 이온화 반응에서 생성된 H_3O^+ 과 OH^- 의 몰 농도 곱을 물의 이온화 상수(K_w)라고 한다.



② 물의 자동 이온화 반응은 가역 반응으로서 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.

④ 일정한 온도에서 물의 이온화 상수(K_w)는 용액의 액성에 관계없이 일정한 값을 갖는다.

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.

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

개념 체크

① 하이드로늄 이온(H_3O^+)은 수소 이온(H^+)이 수용액 속에 존재하는 형태이므로 H_3O^+ 과 H^+ 은 수용액 속에서 화학적으로 같은 의미라고 할 수 있다. 따라서 물의 자동 이온화 반응식을 $\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$ 로 나타내기도 한다.

② 물의 이온화 상수

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

③ 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 H_2O 분자가 H^+ 을 받으면 ()이 되고, 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.

정답

1. ×
2. H_3O^+ , OH^-
3. H_3O^+ , OH^-
4. 1×10^{-7}

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.

1. 25°C에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} M$ 인 수용액에 대해
 (1) 액성은 ()이다.
 (2) pH는 ()이다.
 (3) pOH는 ()이다.

2. 수용액에서 $[H_3O^+]$ 가 10배 증가하면 pH는 ()만큼 감소한다.

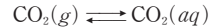
④ 25°C에서 $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $pH + pOH = 14.0$ 이다.

예 25°C에서 pH=6.0인 수용액의 pOH=8.0이다.

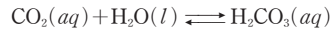


과학 돋보기 | 깨끗한 빗물의 pH와 산성비의 pH

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 $1.2 \times 10^{-5} M$ 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.

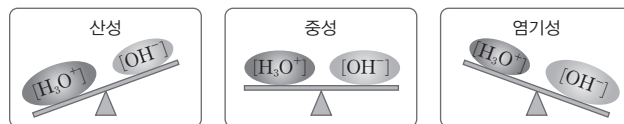
지역	2014년	2015년	2016년	평균
A	4.7	4.9	4.8	4.8
B	5.4	5.5	5.3	5.4
C	4.9	4.5	5.2	4.9

• 3년간 평균적으로 빗물의 산성이 가장 강한 지역은 A이다.

• 2015년 빗물의 산성 차이가 가장 큰 두 지역인 B와 C의 pH 차는 1.0이다. 이때 빗물의 $[H_3O^+]$ 는 C가 B의 10배이다.

(2) 25°C에서 수용액의 액성과 pH

- ① 순수한 물이나 모든 수용액은 항상 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 의 곱이 1×10^{-14} 으로 일정하므로 pH와 pOH의 합은 14.0이다.
- ② 순수한 물이나 중성 수용액은 물의 자동 이온화에 의해 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 가 $1 \times 10^{-7} M$ 로 같으므로 pH와 pOH는 모두 7.0으로 같다.
- ③ 산성 수용액은 중성 수용액에 비해 $[H_3O^+]$ 가 큰 수용액이다. 따라서 $[H_3O^+] > 1 \times 10^{-7} M$ 이고, $[OH^-] < 1 \times 10^{-7} M$ 이므로 $pH < 7.0$ 이고, $pOH > 7.0$ 이다.
- ④ 염기성 수용액은 중성 수용액에 비해 $[OH^-]$ 가 큰 수용액이다. 따라서 $[OH^-] > 1 \times 10^{-7} M$ 이고, $[H_3O^+] < 1 \times 10^{-7} M$ 이므로 $pOH < 7.0$ 이고, $pH > 7.0$ 이다.



일정한 온도에서 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 의 관계

수용액의 액성	농도(25°C)	pH 및 pOH(25°C)
산성	$[H_3O^+] > 1 \times 10^{-7} M > [OH^-]$	$pH < 7.0, pOH > 7.0$
중성	$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} M = [OH^-]$	$pH = 7.0, pOH = 7.0$
염기성	$[H_3O^+] < 1 \times 10^{-7} M < [OH^-]$	$pH > 7.0, pOH < 7.0$

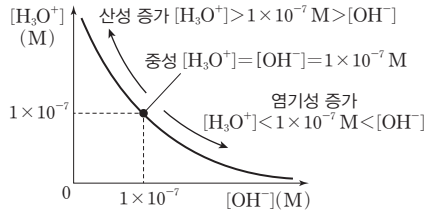
정답

1. (1) 산성 (2) 5.0 (3) 9.0
 2. 1

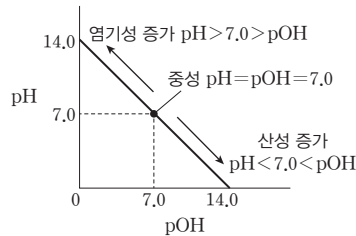
탐구자료 살펴보기 그래프로 용액의 액성 분석하기

탐구 자료

- 25°C에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 이고, $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 는 반비례한다.
- 25°C에서 $pH+pOH=14.0$ 이다.



(가) $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 의 관계



(나) pH와 pOH의 관계

분석 point

- $pH < 7.0$ 인 산성 용액에서도 OH^- 이 존재하고, $pOH < 7.0$ 인 염기성 용액에서도 H_3O^+ 이 존재한다.
- (가)의 모든 점에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 이고, (나)의 모든 점에서 $pH+pOH=14.0$ 이다.
- 산성 증가 : $[H_3O^+]$ 증가, $[OH^-]$ 감소, pH 감소, pOH 증가
- 염기성 증가 : $[H_3O^+]$ 감소, $[OH^-]$ 증가, pH 증가, pOH 감소

개념 체크

산성 증가

$[H_3O^+]$ 증가, $[OH^-]$ 감소, pH 감소, pOH 증가

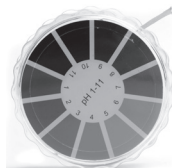
염기성 증가

$[H_3O^+]$ 감소, $[OH^-]$ 증가, pH 증가, pOH 감소

1. 수용액에서 산성이 증가하면 $[H_3O^+]$ 는 ()한다.
2. 수용액에서 염기성이 증가하면 pOH는 ()한다.

(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.



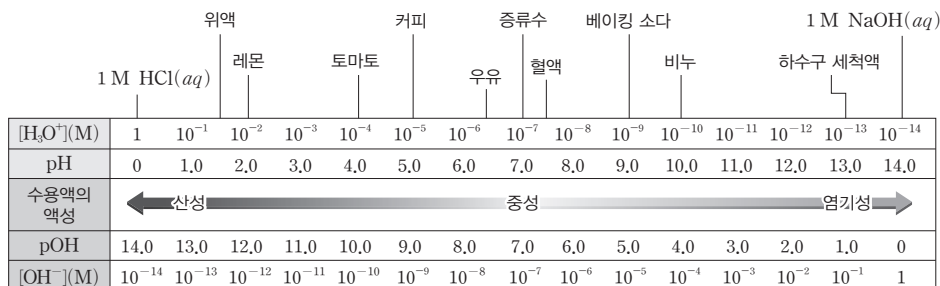
pH 시험지



pH 미터

② 25°C에서 1 M $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 pH : 1 M $HCl(aq)$ 은 $[H_3O^+]=1 M$ 이므로 pH는 $0(=-\log 1)$ 이고, 1 M $NaOH(aq)$ 은 $[OH^-]=1 M$ 이므로 pOH는 $0(=-\log 1)$ 이고, pH는 14.0이다.

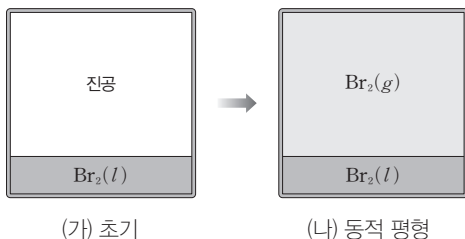
③ 우리 몸속의 위액, 우리가 즐겨 먹는 레몬, 토마토, 커피, 우유는 pH가 7.0보다 작아 산성이고, 우리 몸속의 혈액, 생활용품으로 많이 사용하는 베이킹 소다, 비누, 하수구 세척액은 pH가 7.0보다 커서 염기성이다.



정답

1. 증가
2. 감소

01 [23024-0195] 그림은 밀폐된 진공 용기 안에 브로민($\text{Br}_2(l)$)을 넣은 초기 상태와 시간이 지난 후 동적 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C 로 일정하다.)

보기

- ㄱ. Br_2 의 상변화는 가역 반응이다.
- ㄴ. $\text{Br}_2(l)$ 의 양(mol)은 (나) > (가)이다.
- ㄷ. (나)에서 Br_2 의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23024-0196] 표는 밀폐된 진공 용기 안에 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣은 후 시간에 따른 H_2O 의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}}$ 를 나타낸 것이다. $t > 0$ 이다.

시간	t	$2t$	$3t$
$\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}}$	0.8	1	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C 로 일정하다.)

보기

- ㄱ. H_2O 의 상변화는 비가역 반응이다.
- ㄴ. $x=1$ 이다.
- ㄷ. $\frac{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}}$ 은 $2t$ 에서가 t 에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 [23024-0197] 다음은 물의 자동 이온화 반응의 화학 반응식이다. (가)와 (나)는 각각 양이온과 음이온이다.



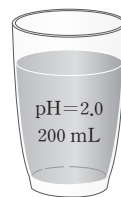
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

- ㄱ. (가)는 H_3O^+ 이다.
- ㄴ. 물에서 (가)와 (나)의 양(mol)은 같다.
- ㄷ. 25°C 물에서 (나)의 몰 농도는 $1 \times 10^{-14}\text{M}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [23024-0198] 그림은 25°C 에서 레몬주스를 나타낸 것이다.



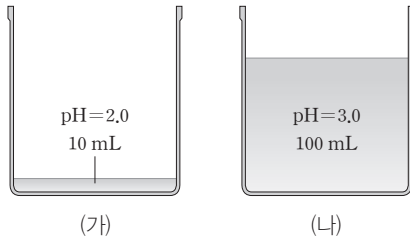
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

- ㄱ. 액성은 산성이다.
- ㄴ. $[\text{H}_3\text{O}^+]=0.01\text{M}$ 이다.
- ㄷ. H_3O^+ 의 양은 0.002mol 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 25°C에서 수용액 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. [23024-0199]



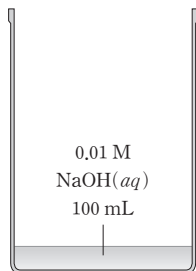
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

ㄱ. (가)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이다.
 ㄴ. (나)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-11}$ M이다.
 ㄷ. H_3O^+ 의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 25°C에서 수산화 나트륨 수용액($NaOH(aq)$)을 나타낸 것이다. [23024-0200]



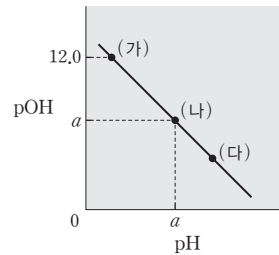
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

ㄱ. 이온의 양(mol)은 Na^+ 이 H_3O^+ 보다 크다.
 ㄴ. $pH > 11.0$ 이다.
 ㄷ. 물을 추가하여 1 L로 만든 $NaOH(aq)$ 에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]} = 1 \times 10^{-10}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 그림은 25°C에서 수용액 (가)~(다)의 pH와 pOH를 나타낸 것이다. [23024-0201]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

ㄱ. (가)는 산성이다.
 ㄴ. $a = 7.0$ 이다.
 ㄷ. $[OH^-]$ 는 (나)가 (다)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 25°C에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. [23024-0202]

수용액	(가)	(나)
용질	NaOH	HCl
몰 농도(M)	0.01	0.01
부피(L)	0.1	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

ㄱ. (가)의 $pH = 2.0$ 이다.
 ㄴ. (나)의 $[OH^-] > 1 \times 10^{-13}$ M이다.
 ㄷ. H_3O^+ 의 양(mol)은 (나)가 (가)의 1×10^9 배이다.

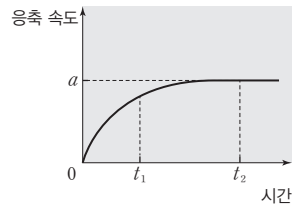
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

응축 속도가 a 인 t_2 에서는 동적 평형 상태이다.

밀폐된 진공 용기 안에 $I_2(s)$ 을 넣으면 처음에는 $I_2(g)$ 이 없지만 시간이 지나면서 $I_2(s)$ 의 승화(고체 → 기체)로 인해 $I_2(g)$ 의 양(mol)이 커지게 된다.

[23024-0203]

01 그림은 밀폐된 진공 용기 안에 $H_2O(l)$ 을 넣은 후 시간에 따른 응축 속도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

보기

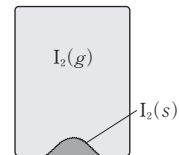
- ㄱ. t_1 일 때 $H_2O(l)$ 과 $H_2O(g)$ 는 동적 평형을 이루고 있다.
- ㄴ. t_2 일 때 $H_2O(l)$ 의 증발 속도는 a 이다.
- ㄷ. 용기 내 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 t_2 에서가 t_1 에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0204]

02 표는 밀폐된 진공 용기 안에 아이오딘($I_2(s)$)을 넣은 후 시간에 따른 용기 내 $I_2(g)$ 의 양(mol)을, 그림은 시간이 $2t$ 일 때 용기 안의 상태를 나타낸 것이다. $a \neq b$ 이고, $t > 0$ 이다.

시간	t	$2t$	$3t$
$I_2(g)$ 의 양(mol)	a	b	b



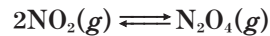
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하다.)

보기

- ㄱ. $b > a$ 이다.
- ㄴ. 승화(기체 → 고체) 속도는 t 일 때가 $2t$ 일 때보다 크다.
- ㄷ. $3t$ 일 때 $\frac{\text{승화(기체} \rightarrow \text{고체) 속도}}{\text{승화(고체} \rightarrow \text{기체) 속도}} = 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 이산화 질소($\text{NO}_2(g)$)와 관련된 반응의 화학 반응식이다.



표는 밀폐된 진공 용기 안에 $\text{NO}_2(g)$ 를 넣은 후 시간에 따른 $\frac{\text{NO}_2(g)\text{의 양(mol)}}{\text{N}_2\text{O}_4(g)\text{의 양(mol)}}$ 을 나타낸 것이다.

$0 < t_1 < t_2 < t_3$ 이고, 시간이 t_2 일 때 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 는 동적 평형에 도달하였다.

시간	t_1	t_2	t_3
$\frac{\text{NO}_2(g)\text{의 양(mol)}}{\text{N}_2\text{O}_4(g)\text{의 양(mol)}}$	a	b	x

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

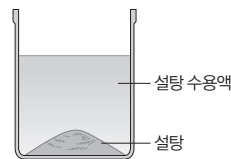
보기

- ㄱ. t_1 일 때 역반응은 일어나지 않는다.
- ㄴ. $a > b$ 이다.
- ㄷ. $x = b$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 표는 25°C 물이 담긴 비커에 충분한 양의 설탕을 넣은 후 시간에 따른 설탕 수용액의 몰 농도를, 그림은 시간이 $2t$ 일 때 용해 평형에 도달한 모습을 나타낸 것이다.

시간	t	$2t$	$3t$
몰 농도(M)	$0.7a$	a	x



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C 로 일정하고, 물의 증발은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 시간이 t 일 때 설탕의 석출 속도는 0이다.
- ㄴ. 시간이 $2t$ 일 때 설탕의 용해 속도와 석출 속도는 같다.
- ㄷ. $x = 1.3a$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

밀폐된 진공 용기 안에 $\text{NO}_2(g)$ 를 넣으면 정반응이 진행되어 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성된다. 시간이 지나면서 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 양(mol)이 증가하고 이에 따라 역반응 속도도 함께 증가한다.

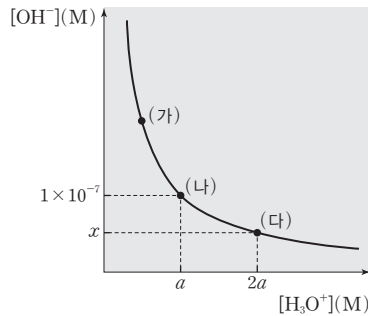
물이 담긴 비커에 충분한 양의 설탕을 넣으면 고체 설탕이 용해되면서 설탕 수용액의 몰 농도가 점점 커지게 된다. 시간이 지나 $2t$ 일 때 설탕의 석출 속도가 용해 속도와 같아져서 동적 평형 상태에 도달하였다.

25°C에서 $[OH^-]$ 가 1×10^{-7} M이면 중성이고, 1×10^{-7} M보다 크면 염기성, 1×10^{-7} M보다 작으면 산성이다.

물의 이온화 상수 $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH^-]}$ (M)이다.

[23024-0207]

05 그림은 25°C에서 수용액 (가)~(다)의 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수 (K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

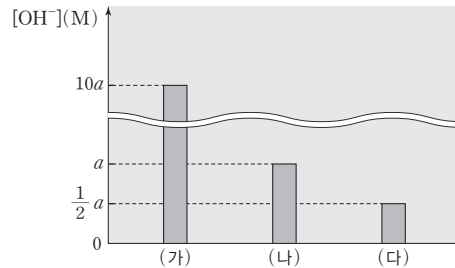
보기

- ㄱ. (가)는 염기성이다.
- ㄴ. pH는 (나)가 (다)의 2배이다.
- ㄷ. $x = 5 \times 10^{-8}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0208]

06 그림은 25°C에서 수산화 나트륨 수용액($NaOH(aq)$) (가)~(다)의 $[OH^-]$ 를 나타낸 것이다.



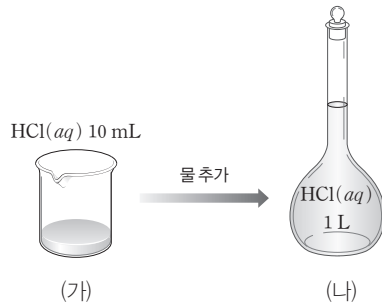
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수 (K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

- ㄱ. pH는 (가) > (다)이다.
- ㄴ. pOH는 (나)가 (가)보다 1.0만큼 크다.
- ㄷ. $\frac{(\text{나}) \text{의 } [H_3O^+]}{(\text{다}) \text{의 } [H_3O^+]} = \frac{1}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림 (가)는 25°C에서 염산(HCl(aq)) 10 mL를, (나)는 (가)에 물을 추가하여 만든 염산 1 L를 나타낸 것이다. (가)에서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 1 \times 10^{12}$ 이다.



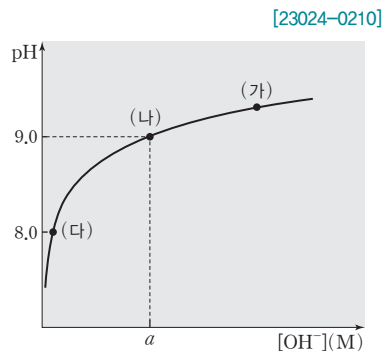
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C로 일정하고, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

- ㄱ. (가)에서 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-13}$ M이다.
 ㄴ. (나)의 pH=2.0이다.
 ㄷ. (나)에서 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{OH}^-]} = 1 \times 10^{10}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 25°C에서 수용액 (가)~(다)의 $[\text{OH}^-]$ 와 pH를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)



보기

- ㄱ. $a = 1 \times 10^{-9}$ 이다.
 ㄴ. (가)의 pOH는 5.0보다 작다.
 ㄷ. $\frac{(\text{다})\text{의 } [\text{H}_3\text{O}^+]}{(\text{나})\text{의 } [\text{H}_3\text{O}^+]} = 10$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

$[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 x M, $[\text{OH}^-]$ 를 y M라고 하면 25°C에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = x \times y = 1 \times 10^{-14}$ 이고, (가)에서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{x}{y} = 1 \times 10^{12}$ 이다.

25°C에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$ (M)이다.

pH는 수산화 나트륨 수용액이 염산보다 크다.

pH는 (가)가 (나)보다 1.0만큼 크다. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 $\frac{1}{10}$ 배이다.

09 표는 25°C에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 각각 염산($\text{HCl}(aq)$)과 수산화 나트륨 수용액($\text{NaOH}(aq)$) 중 하나이다.

[23024-0211]

수용액	(가)	(나)
pH	a	$3a$
$[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})$	b	
$[\text{OH}^-](\text{M})$		$100b$

10b M $\text{NaOH}(aq)$ 의 pH는? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

- ① 10.0 ② 11.0 ③ 12.0 ④ 13.0 ⑤ 14.0

10 다음은 25°C에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

[23024-0212]

pH = a
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = x \text{ M}$

(가)

pH = b
 $[\text{OH}^-] = y \text{ M}$

(나)

○ $a - b = 1.0$ 이다.

○ $\frac{x}{y} = 1 \times 10^7$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

보기

ㄱ. $x = 1 \times 10^{-a}$ 이다.

ㄴ. (나)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다.

ㄷ. $a \times b = 12.0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ 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⁺)을 내놓는 물질

예 HBr, HF, HNO₃, H₂SO₄ 등



• 염기 : 수용액에서 수산화 이온(OH⁻)을 내놓는 물질

예 LiOH, KOH, Ba(OH)₂ 등



② 아레니우스 산 염기 정의의 한계 : H⁺을 내놓지 않는 산 또는 OH⁻을 내놓지 않는 염기는 설명할 수 없고, 수용액 상태가 아닌 경우에도 적용할 수 없다.

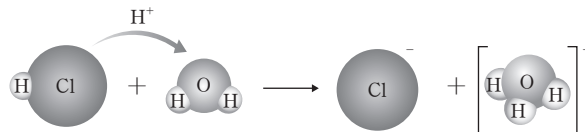
(2) 브뢴스테드·로리 정의

① 브뢴스테드·로리 정의 : 아레니우스 정의보다 확장된 개념이다.

• 산 : 양성자(H⁺)를 주는 물질 → 양성자 주개

• 염기 : 양성자(H⁺)를 받는 물질 → 양성자 받개

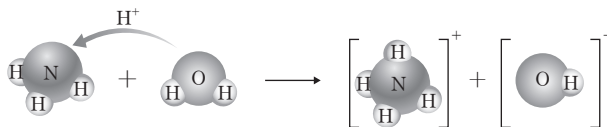
② HCl 수용액에서 브뢴스테드·로리 산과 염기



양성자 주개(산) 양성자 받개(염기)

• HCl은 H₂O에게 양성자(H⁺)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이고, H₂O은 HCl로부터 양성자(H⁺)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

③ NH₃ 수용액에서 브뢴스테드·로리 산과 염기



양성자 받개(염기) 양성자 주개(산)

• H₂O은 NH₃에게 양성자(H⁺)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이고, NH₃는 H₂O로부터 양성자(H⁺)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

개념 체크

○ 수소 이온과 양성자

질량수가 1인 수소 원자(1H)는 양성자 1개와 전자 1개로 구성되어 있다. 따라서 전자 1개를 잃고 형성되는 수소 이온(H⁺)은 양성자를 의미한다.

1. 브뢴스테드·로리에 의하면 산 염기 반응에서 염기는 ()를 받는 물질이다.

2. HCl가 H₂O과 반응할 때 HCl는 H₂O에게 양성자(H⁺)를 주므로 브뢴스테드·로리 ()이고, H₂O은 HCl로부터 양성자(H⁺)를 받으므로 브뢴스테드·로리 ()이다.

※ ○ 또는 ×

3. NH₃(g) + HCl(g) → NH₄Cl(s) 반응에서
 (1) HCl는 브뢴스테드·로리 산이다. ()
 (2) NH₃는 양성자(H⁺)를 HCl에게 준다. ()

정답

1. 양성자(H⁺)
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

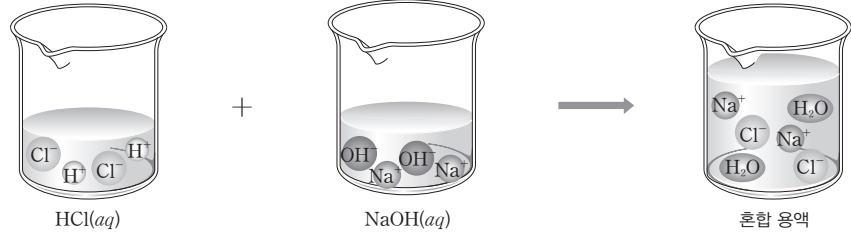
(1) 구경꾼 이온은 ()과 ()이다.

(2) 알짜 이온 반응식을 쓰시오.

2 중화 반응

(1) 중화 반응

- 중화 반응은 수용액에서 산과 염기가 반응하여 물이 생성되는 반응이다.
- 염화 수소(HCl)와 수산화 나트륨(NaOH)은 각각의 수용액에서 이온화하여 양이온과 음이온으로 존재하고, 두 수용액을 혼합하면 수소 이온(H^+)과 수산화 이온(OH^-)이 반응하여 물(H_2O)이 된다.

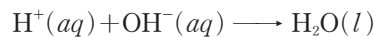


염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응

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

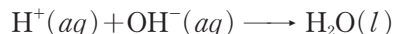
- 구경꾼 이온 : 화학 반응에서 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온을 말한다. $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 반응에서 Na^+ 과 Cl^- 의 수는 반응 전과 후에 아무런 변화가 없으므로 Na^+ 과 Cl^- 은 구경꾼 이온이다.
- 알짜 이온 반응식 : 화학 반응에서 구경꾼 이온을 제외하고 실제 반응에 참여한 이온으로만 나타낸 반응식이다. H^+ 과 OH^- 이 반응하여 물을 생성하는 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 다음과 같다.



3 중화 반응에서의 양적 관계

(1) 중화 반응에서의 이온 수

- 산과 염기 수용액을 혼합하면 H^+ 과 OH^- 이 1 : 1의 몰비로 반응하여 물이 된다.



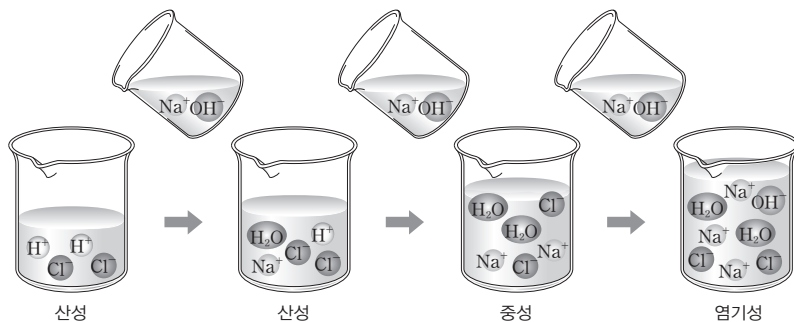
- 일반적으로 중화 반응의 양적 관계를 다룰 때 물의 자동 이온화는 고려하지 않는다. 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 의 양에 비해 물의 자동 이온화에 의한 H^+ 과 OH^- 의 양은 무시할 정도로 적기 때문이다.
- 산과 염기의 중화 반응에서 산과 염기 수용액에 있는 H^+ 과 OH^- 중 중화 반응하고 남은 이온의 종류에 의해 혼합 용액의 액성이 결정된다.

정답

- 물(H_2O)
- (1) Na^+ , Cl^-
(2) $\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$

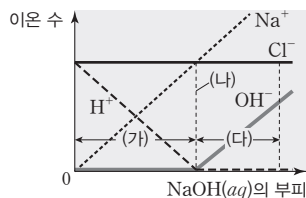
실험 I	실험 II	실험 III
H^+ 수 $>$ OH^- 수	H^+ 수 $=$ OH^- 수	H^+ 수 $<$ OH^- 수

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

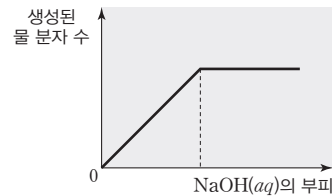
반응한 H^+ 수
 = 반응한 OH^- 수
 = 생성된 물 분자 수
 $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$

1. 일정량의 $HCl(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 가할 때 완전히 중화될 때까지 () 수는 감소하고 () 수는 일정하다.
2. 일정량의 $HCl(aq)$ 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.



(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.
- ② 반응한 산과 염기의 가수, 용액의 몰 농도, 부피의 관계

$$nMV = n'M'V'$$

$(n, n' : \text{산, 염기의 가수}$
 $M, M' : \text{산, 염기 수용액의 몰 농도}$
 $V, V' : \text{산, 염기 수용액의 부피(L)})$

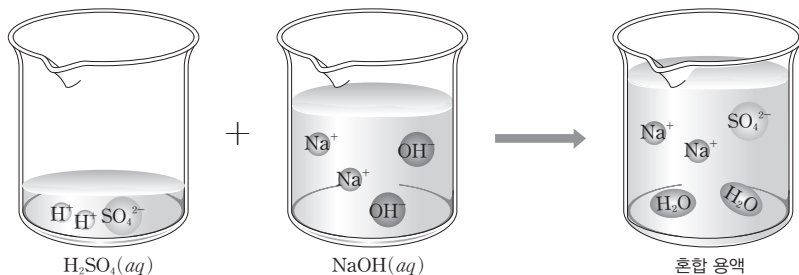
- 산과 염기의 가수 : 산 또는 염기 1 mol이 최대로 내놓을 수 있는 H^+ 또는 OH^- 의 양(mol)에 해당하는 수이다.

산		염기	
1가 산	HCl, CH_3COOH	1가 염기	$NaOH, KOH$
2가 산	H_2SO_4, H_2CO_3	2가 염기	$Ca(OH)_2, Ba(OH)_2$
3가 산	H_3PO_4	3가 염기	$Al(OH)_3$

- 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 $H_2SO_4(aq)$ 100 mL에 들어 있는 H_2SO_4 과 0.5 M $NaOH(aq)$ 400 mL에 들어 있는 $NaOH$ 이 모두 반응한 경우



정답

1. H^+, Cl^-
2. Cl^-
3. ×

- 화학 반응식 : $\text{H}_2\text{SO}_4(aq) + 2\text{NaOH}(aq) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$
- 양적 관계 해석

산, 염기 수용액	$\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$
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_2SO_4 이 내놓는 H^+ 의 양과 반응한 NaOH 이 내놓는 OH^- 의 양은 0.2 mol로 서로 같다.



과학 돋보기 | 중화 반응에서 이온의 몰 농도

표는 1 M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL가 들어 있는 비커에 0.5 M $\text{NaOH}(aq)$ 을 가할 때 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 여러 가지 부피에서 각 이온의 몰 농도이다. 중화 반응에서의 양적 관계에 의해 1 M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL를 완전히 중화시키기 위해 필요한 0.5 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 20 mL이다. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

가한 $\text{NaOH}(aq)$ 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 $\text{NaOH}(aq)$ 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 $\text{NaOH}(aq)$ 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 $\text{NaOH}(aq)$ 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.

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_2SO_4 은 ()가 산이고, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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 $\text{HCl}(aq)$ 100 mL와 0.1 M $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 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.

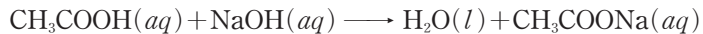
① 중화점 : 중화 적정에서 반응한 산의 H^+ 의 양(mol)과 반응한 염기의 OH^- 의 양(mol)이 같아져 산과 염기가 완전히 중화되는 점을 중화점이라고 한다.

② 중화 적정에 사용되는 실험 기구

피펫	뷰렛	삼각 플라스크
		
액체의 부피를 정확히 취하여 옮길 때 사용한다.	가해지는 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용한다.	농도를 측정하고자 하는 수용액을 담을 때 사용한다.

(2) 중화 적정을 이용한 식초 속 아세트산 함량 구하기 실험 계획

① 화학 반응식을 작성한다.



② 식초 속 아세트산 함량을 구하기 위해 중화 적정의 양적 관계를 이해한다.

• $nMV = n'M'V'$ 의 관계를 이용한다.

$$nMV = n'M'V'$$

n, n' : 아세트산과 NaOH의 가수 \rightarrow 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.

정답

1. 피펫
2. 뷰렛

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.)

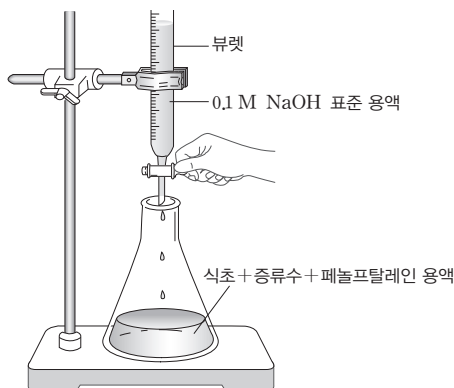
⑤ 자세한 실험 과정을 설계한다.

⑥ 실험 중 유의할 점을 확인한다.

- 아세트산은 휘발성이 크기 때문에 식초의 뚜껑을 잘 닫아두어야 하고, 실험에 걸리는 시간을 가능한 한 짧게 하여 공기 중으로 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.

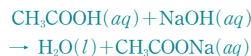


- ⑤ 붉은색이 나타나면 삼각 플라스크를 흔들어 주면서 한 방울씩 떨어뜨리고 붉은색이 사라지지 않을 때 꼭지를 잠근 후 뷰렛의 눈금을 읽는다.

➔ 식초 3 mL를 완전히 중화시키는 데 필요한 0.1 M NaOH 표준 용액의 부피(③과 ⑤에서 읽은 눈금의 차) : 30 mL

개념 체크

● 식초 속 아세트산 함량 구하기
화학 반응식 :



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.

$$\frac{60a \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 6a(\%)$$

● 농도와 부피가 같은 1가 산 수용액과 2가 산 수용액에서 중화 반응을 할 수 있는 H^+ 의 양(mol)은 2가 산 수용액이 1가 산 수용액의 2배이다.

※ ○ 또는 ×

1. 중화 적정에서 뷰렛에 표준 용액을 넣고 꼭지를 잠시 열었다가 닫은 후, 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 사라질 때가 중화 점이다. ()

정답

1. ○
2. ×

- ⑥ 반응한 CH_3COOH 이 내놓는 H^+ 의 양(mol)과 반응한 NaOH 이 내놓는 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.

탐구자료 살펴보기 중화 반응을 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.

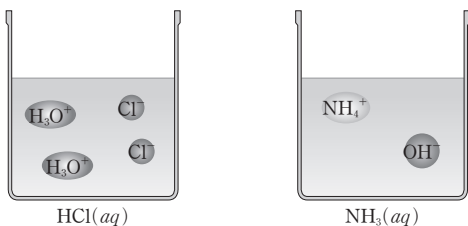


→ 같은 부피의 두 수용액에서 중화 반응을 할 수 있는 H^+ 의 양(mol)은 0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 이 0.1 M $\text{HNO}_3(aq)$ 의 2배이다.

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. → 중화점까지 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.

01 그림은 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NH}_3(aq)$ 에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다. [23024-0213]

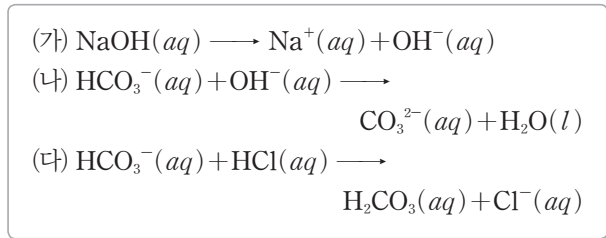


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. HCl 은 아레니우스 산이다.
 - ㄴ. HCl 은 브뢴스테드·로리 산이다.
 - ㄷ. NH_3 은 브뢴스테드·로리 염기이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 3가지 화학 반응식이다. [23024-0214]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 NaOH 은 아레니우스 염기이다.
 - ㄴ. (나)에서 HCO_3^- 은 브뢴스테드·로리 산이다.
 - ㄷ. (다)에서 HCO_3^- 은 브뢴스테드·로리 염기이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 산 염기와 관련된 반응에 대한 설명이다. [23024-0215]

- CH_3COOH 을 물(H_2O)에 녹이면 양성자(H^+)는 CH_3COOH 에서 H_2O 로 이동한다.
- NH_3 를 물(H_2O)에 녹이면 양성자(H^+)는 H_2O 에서 NH_3 로 이동한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 은 산성이다.
 - ㄴ. $\text{NH}_3(aq)$ 에는 OH^- 이 존재한다.
 - ㄷ. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 과 $\text{NH}_3(aq)$ 을 혼합하면 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 식초 속 아세트산(CH_3COOH)의 함량을 구하기 위한 중화 적정 실험이다. [23024-0216]

[실험 과정]
 (가) 식초 40 g에 물을 넣어 100 mL 수용액을 만든다.
 (나) (가)에서 만든 수용액 50 mL에 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.
 (다) 0.25 M $\text{NaOH}(aq)$ 을 (나)의 수용액에 떨어뜨린다.
 (라) (다)의 수용액 전체가 붉게 변하는 순간 적정을 멈추고 적정에 사용된 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(V)를 측정한다.

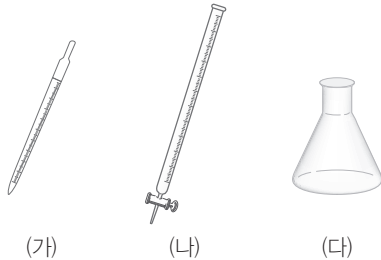
[자료 및 실험 결과]

- CH_3COOH 의 화학식량 : 60
- $V = 40$ mL
- 식초 속 CH_3COOH 함량 : $x\%$

x 는? (단, 온도는 일정하고, 식초에서 CH_3COOH 의 중화 반응만 고려한다.)

- ① 3 ② 6 ③ 8
- ④ 9 ⑤ 12

05 [23024-0217] 그림은 아세트산(CH_3COOH) 수용액에 0.1 M NaOH(aq) 을 떨어뜨려 중화 적정할 때 사용되는 실험 기구를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 뷰렛, 삼각 플라스크, 피펫 중 하나이다.



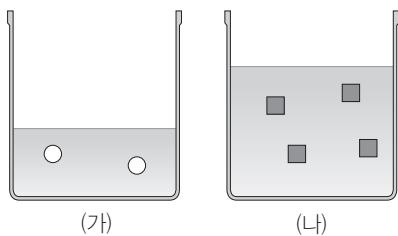
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 뷰렛이다.
 ㄴ. (나)를 이용하여 적정에 사용된 0.1 M NaOH(aq) 의 부피를 알 수 있다.
 ㄷ. (다)에서 중화 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 [23024-0218] 그림 (가)는 0.1 M HCl(aq) 50 mL 에 들어 있는 양이 온을, (나)는 (가)에 $x \text{ M NaOH(aq)}$ 50 mL 를 가했을 때 혼합 용액에 들어 있는 양이온을 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

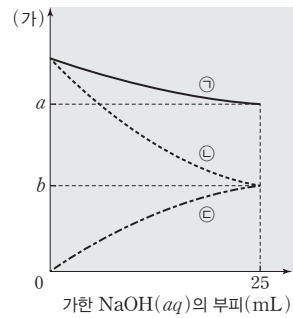
보기

ㄱ. ■은 Na^+ 이다.
 ㄴ. $x=0.2$ 이다.
 ㄷ. (나)에서 이온 수는 OH^- 과 Cl^- 이 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07~08 다음의 자료를 이용하여 물음에 답하시오.

그림은 $x \text{ M HCl(aq)}$ 100 mL 에 0.2 M NaOH(aq) 을 가할 때, 가한 NaOH(aq) 의 부피(mL)에 따른 이온 $\text{㉠} \sim \text{㉣}$ 의 (가)를 나타낸 것이다. (가)는 이온의 농도(M)와 이온의 양(mol) 중 하나이고, 온도는 25°C 로 일정하다.



07 [23024-0219] (가)와 $\text{㉠} \sim \text{㉣}$ 에 해당하는 것으로 옳은 것은? (단, $\text{㉠} \sim \text{㉣}$ 은 각각 H^+ , Cl^- , Na^+ 중 하나이다.)

	(가)	㉠	㉡	㉢
①	이온의 양(mol)	Cl^-	H^+	Na^+
②	이온의 양(mol)	H^+	Cl^-	Na^+
③	이온의 농도(M)	Na^+	H^+	Cl^-
④	이온의 농도(M)	Cl^-	H^+	Na^+
⑤	이온의 농도(M)	H^+	Cl^-	Na^+

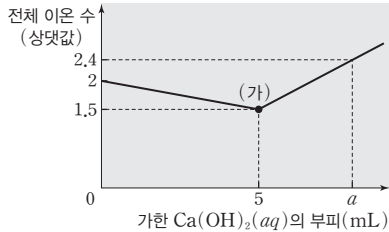
08 [23024-0220] 이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

보기

ㄱ. $x=0.05$ 이다.
 ㄴ. $a=2b$ 이다.
 ㄷ. $b=0.05$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 [23024-0221] 그림은 x M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL에 y M $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 을 가할 때, 가한 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 용액의 전체 이온 수를 나타낸 것이다. 수용액에서 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 은 Ca^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $x=y$ 이다.

ㄴ. (가)에서 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} = 1$ 이다.

ㄷ. $a=8$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23024-0222] 표는 x M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 y M $\text{NaOH}(aq)$ 을 가할 때, 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 용액에서 Cl^- 과 Na^+ 의 농도(M)를 각각 나타낸 것이다.

$\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)	0	V	$2V$
Cl^- 의 농도(M)	a		$\frac{a}{3}$
Na^+ 의 농도(M)		$\frac{a}{3}$	㉠

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

보기

ㄱ. $V=30$ 이다.

ㄴ. $2x=3y$ 이다.

ㄷ. ㉠ = $\frac{2}{3}a$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 [23024-0223] 표는 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 용액 I ~ III에 대한 자료이다. I과 II의 액성은 다르다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		H^+ 또는 OH^- 의 양 ($\times \frac{1}{1000}$ mol)
	$\text{HCl}(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$	
I	10	20	0.1
II	20	15	0.05
III	30	10	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

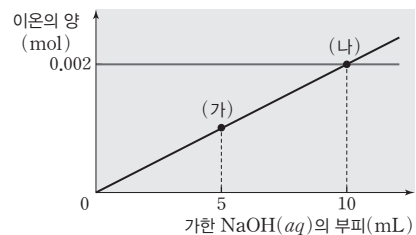
ㄱ. I은 산성이다.

ㄴ. $x=0.2$ 이다.

ㄷ. 전체 이온 수는 I에서와 II에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [23024-0224] 그림은 $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 가할 때, 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 용액에 들어 있는 2가지 이온의 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 같다.)

보기

ㄱ. (가)에서 pH는 1.0보다 크다.

ㄴ. $\text{NaOH}(aq)$ 의 농도는 0.2 M이다.

ㄷ. 전체 이온의 몰 농도(M) 합은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

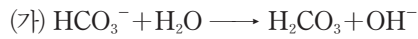
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)에서 HCO_3^- 은 H_2O 로 부터 양성자(H^+)를 받아 H_2CO_3 이 된다.

$\text{HCl}(aq)$ 의 $\text{pH}=1$ 이므로 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.1 M 이다.

[23024-0225]

01 다음은 산 염기 반응 (가)~(다)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 HCO_3^- 은 브뢴스테드·로리 염기이다.

ㄴ. (나)와 (다)에서 \ominus 은 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄷ. ㉠은 NH_4^+ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0226]

02 다음은 중화 반응 실험이다.

[실험 과정]

(가) $\text{HCl}(aq)$ 100 mL를 준비한 후 pH를 측정한다.

(나) $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL를 준비한 후 pH를 측정한다.

(다) (가)의 $\text{HCl}(aq)$ 20 mL와 (나)의 $\text{NaOH}(aq)$ 80 mL를 혼합하고, Cl^- 과 Na^+ 의 몰 농도를 구한다.

[실험 결과]

○ (가)에서 $\text{HCl}(aq)$ 의 $\text{pH}=1.0$ 이다.

○ (나)에서 $\text{NaOH}(aq)$ 의 $\text{pH}=x$ 이다.

○ (다)에서 Cl^- 과 Na^+ 의 몰 농도 합은 0.028 M 이다.

$x \times \frac{\text{(다)에서 } \text{Na}^+ \text{의 농도(M)}}{\text{(다)에서 } \text{Cl}^- \text{의 농도(M)}}$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 온도는 25°C 로 일정하며 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

- ① 2 ② $\frac{16}{5}$ ③ 4 ④ $\frac{24}{5}$ ⑤ 6

03 표는 산성 수용액을 $\text{NaOH}(aq)$ 으로 적정했을 때에 대한 자료이다. 수용액에서 HA 는 H^+ 과 A^- 으로, H_2B 는 H^+ 과 B^{2-} 으로 모두 이온화된다.

[23024-0227]

실험	산성 수용액	중화점까지 넣어 준 $3a \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)
I	$a \text{ M HA}(aq) 20 \text{ mL} + 2a \text{ M H}_2\text{B}(aq) V_1 \text{ mL}$	20
II	$a \text{ M H}_2\text{B}(aq) 2V_1 \text{ mL}$	V_2


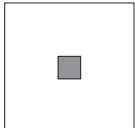
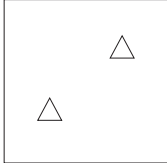
V_2 는?

- ① 12 ② $\frac{40}{3}$ ③ 15 ④ $\frac{50}{3}$ ⑤ 18

I에서 H^+ 의 양(mol)은 $(a \times 20 \times 0.001 + 2 \times 2a \times V_1 \times 0.001)$ mol이다.

04 표는 25°C 에서 $\text{HCl}(aq)$, $\text{HBr}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$ 에 대한 자료이다. 수용액에서 HBr 는 H^+ 과 Br^- 으로 모두 이온화된다.

[23024-0228]

수용액	$\text{HCl}(aq)$	$\text{HBr}(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$
pH	1	2	x
음이온 모형	 $V_1 \text{ mL}$	 $V_2 \text{ mL}$	 $2V_2 \text{ mL}$

$\text{HBr}(aq)$ 의 $\text{pH} = 2$ 이므로 $\text{HBr}(aq)$ 의 몰 농도는 0.01 M 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 온도는 25°C 로 일정하며, 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

□ 보기 □

ㄱ. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$ 이다.

ㄴ. $x = 12$ 이다.

ㄷ. $\text{HBr}(aq) V_1 \text{ mL}$ 와 $\text{NaOH}(aq) V_2 \text{ mL}$ 를 혼합한 수용액의 pH는 11보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

pH가 $c > b > a$ 이므로 (나)와 (다)는 각각 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 이다.

혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도를 a M, $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰 농도를 b M라고 하면, (가)에서 H^+ 의 몰 농도는 $\frac{(20a-10b) \times 0.001}{30 \times 0.001}$ M이다.

[23024-0229]

05 표는 수용액 (가)~(다)의 부피를 달리하여 혼합한 용액 I~Ⅲ에 대한 자료이다. 수용액 (가)~(다)는 각각 x M $\text{HCl}(aq)$, 0.01 M $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$, 0.01 M $\text{CaCl}_2(aq)$ 중 하나이고, $c > b > a$ 이다. 수용액에서 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 은 Ca^{2+} 과 OH^- 으로, CaCl_2 은 Ca^{2+} 과 Cl^- 으로 모두 이온화된다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)			pH	혼합 용액에 존재하는 X 이온의 수(상댓값)
	(가)	(나)	(다)		
I	20	30	0	a	5
Ⅱ	0	20	30	b	y
Ⅲ	20	0	30	c	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 0.01 M $\text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ 이다.
 ㄴ. $x=0.02$ 이다.
 ㄷ. $y=4$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0230]

06 표는 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)는 산성이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		H^+ 또는 OH^- 의 몰 농도(M)
	$\text{HCl}(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$	
(가)	20	10	k
(나)	10	20	$4k$
(다)	20	20	x

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. 혼합 전 $\frac{\text{HCl}(aq) \text{의 몰 농도(M)}}{\text{NaOH}(aq) \text{의 몰 농도(M)}} = \frac{2}{3}$ 이다.
 ㄴ. 모든 양이온의 몰 농도(M) 합은 (다)에서가 (가)에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
 ㄷ. $x = \frac{3}{2}k$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 다음은 식초 속 CH_3COOH 의 함량을 구하기 위한 중화 적정 실험이다.

[23024-0231]

[실험 과정]

- (가) 식초 50 mL를 물로 희석하여 250 mL 수용액을 만든다.
 (나) 삼각 플라스크에 (가)에서 만든 수용액 20 mL를 넣고 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.
 (다) 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 을 ㉠
 (라) (다)의 삼각 플라스크 속 수용액 전체가 붉게 변하는 순간 적정을 멈추고 적정에 사용된 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(V)를 측정한다.

[자료 및 실험 결과]

- 식초의 밀도 : 1.05 g/mL
- CH_3COOH 의 화학식량 : 60
- $V=35$ mL
- 식초 속 CH_3COOH 의 농도 : $x\%$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25°C 로 일정하고, 식초에서 CH_3COOH 의 중화 반응만 고려한다.)

보기

- ㄱ. '뷰렛에 넣고 (나)의 삼각 플라스크에 떨어뜨리면서 잘 흔들어 준다.'는 ㉠으로 적절하다.
 ㄴ. (가)에서 만든 수용액에서 CH_3COOH 의 몰 농도는 $\frac{7}{40}$ M이다.
 ㄷ. $x=6$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 x M $\text{NaOH}(aq)$ 을 가할 때, 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 용액의 전체 이온의 양(mol)을 나타낸 것이다.

[23024-0232]

$\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)	5	10	15
전체 이온의 양(mol)	$2a$	y	$3a$

$\frac{y}{x}$ 는? (단, 온도는 일정하다.)

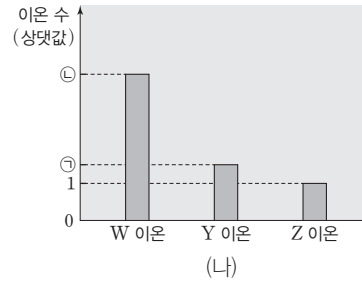
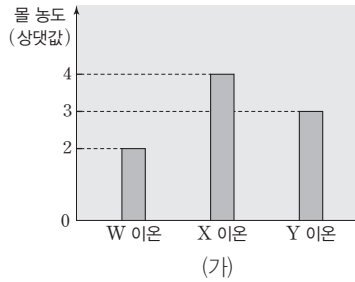
- ① 0.01 ② 0.015 ③ 0.02 ④ 0.025 ⑤ 0.03

(가)에서 만든 식초 속 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 농도와 (나)에서 삼각 플라스크에 넣은 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 농도는 같다.

$\text{HCl}(aq)$ 에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 가하여 반응시킬 때, OH^- 과 반응하여 H_2O 이 되는 H^+ 의 양(mol)만큼 Na^+ 의 양(mol)은 증가한다.

X 이온은 H^+ 이고, Z 이온은 OH^- 이다.

09 [23024-0233] a M $H_2A(aq)$ 10 mL에 b M $BOH(aq)$ 을 가할 때, 그림 (가)는 가한 $BOH(aq)$ 의 부피가 5 mL일 때 이온의 몰 농도를, (나)는 가한 $BOH(aq)$ 의 부피가 20 mL일 때 이온 수를 각각 나타낸 것이다. W~Z 이온은 각각 H^+ , A^{2-} , B^+ , OH^- 중 하나이고, 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로, BOH 는 B^+ 과 OH^- 으로 모두 이온화된다.



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

보기

ㄱ. W 이온은 B^+ 이다.

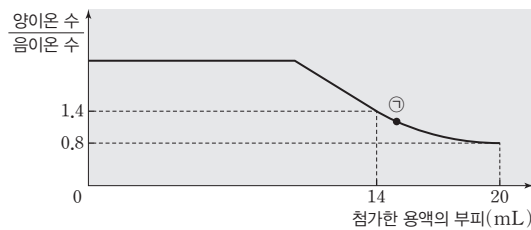
ㄴ. $\frac{b}{a} = \frac{5}{4}$ 이다.

ㄷ. $\frac{\text{㉔}}{\text{㉓}} = \frac{5}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가) 수용액을 $ZOH(aq)$ 이라고 하면 (가) 수용액을 가하는 동안 감소하는 H^+ 의 수와 증가하는 Z^+ 의 수는 같으므로 양이온 수 음이온 수는 일정하다.

10 [23024-0234] 그림은 0.2 M $H_2X(aq)$ 10 mL에 (가) 수용액과 (나) 수용액을 10 mL씩 순서대로 첨가할 때, 첨가한 용액의 부피에 따른 혼합 용액의 양이온 수 음이온 수를 나타낸 것이다. (가) 수용액과 (나) 수용액은 각각 $Y(OH)_2(aq)$ 과 $ZOH(aq)$ 중 하나이고, ㉔에서 혼합 용액의 액성은 중성이다.



혼합 전 $Y(OH)_2(aq)$ 과 $ZOH(aq)$ 의 몰 농도(M) 합은? (단, 온도는 일정하고, 수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로, $Y(OH)_2$ 는 Y^{2+} 과 OH^- 으로, ZOH 는 Z^+ 과 OH^- 으로 모두 이온화된다.)

- ① 0.2 ② 0.25 ③ 0.3 ④ 0.4 ⑤ 0.5

11 다음은 $a \text{ M HX}(aq)$, $0.2 \text{ M H}_2\text{Y}(aq)$, $0.3 \text{ M Z}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 용액 I ~ III에 대한 자료이다.

[23024-0235]

- 수용액에서 HX는 H^+ 과 X^- 으로, H_2Y 는 H^+ 과 Y^{2-} 으로, $\text{Z}(\text{OH})_2$ 는 Z^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다.

혼합 용액	혼합 전 수용액의 부피(mL)			모든 양이온의 몰 농도(M) 합 (상댓값)
	$a \text{ M HX}(aq)$	$0.2 \text{ M H}_2\text{Y}(aq)$	$0.3 \text{ M Z}(\text{OH})_2(aq)$	
I	$2V$	x	x	9
II	30	20	x	16
III	V	x	$2x$	18

- I은 중성, II는 산성이다.

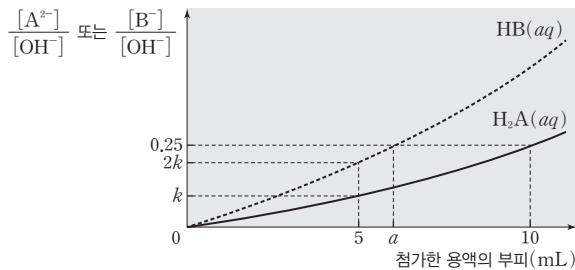
$a \times x$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

III은 중성인 I보다 혼합 전 산의 부피는 작고, 염기의 부피는 크므로 염기성이다.

12 그림은 $0.15 \text{ M NaOH}(aq)$ 20 mL가 들어 있는 2개의 비커에 $x \text{ M H}_2\text{A}(aq)$ 과 $y \text{ M HB}(aq)$ 을 각각 첨가할 때, 첨가한 용액의 부피에 따른 $\frac{\text{A}^{2-}\text{의 몰 농도(M)}}{\text{OH}^-\text{의 몰 농도(M)}} \left(\frac{[\text{A}^{2-}]}{[\text{OH}^-]} \right)$ 또는 $\frac{\text{B}^- \text{의 몰 농도(M)}}{\text{OH}^-\text{의 몰 농도(M)}} \left(\frac{[\text{B}^-]}{[\text{OH}^-]} \right)$ 를 나타낸 것이다. 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로, HB 는 H^+ 과 B^- 으로 모두 이온화된다.

[23024-0236]



첨가한 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 의 부피가 10 mL일 때, $\frac{[\text{A}^{2-}]}{[\text{OH}^-]} = \frac{10x}{3-20x}$ 이다.

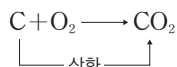
$\frac{x}{y} \times a$ 는? (단, 온도는 일정하다.)

- ① 1.2 ② 1.8 ③ 2.4 ④ 3 ⑤ 3.6

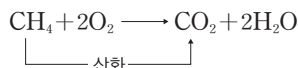
개념 체크

- 산화
전자를 잃는 반응
- 환원
전자를 얻는 반응
- 산화 환원의 동시성
전자를 잃는 반응과 전자를 얻는 반응은 동시에 일어난다.

- 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(CH₄)으로, 메테인이 완전 연소되면 이산화 탄소와 물이 생성된다. 이때 메테인에 포함된 탄소가 산소와 결합하면서 산화된다.



② 철의 제련

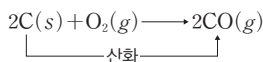
- 산화 철(Fe₂O₃)이 주성분인 철광석에서 순수한 철(Fe)을 얻는 방법으로, 산화 철(Fe₂O₃)이 철(Fe)로 환원된다.
- 용광로에 철광석과 탄소(C)가 주성분인 코크스를 넣고 뜨거운 공기를 불어넣으면 탄소(C)가 불완전 연소되어 일산화 탄소(CO)가 되고, CO에 의해 Fe₂O₃이 산소를 잃고 환원되어 Fe이 된다.

1. 메테인(CH₄)이 연소되는 반응에서 CH₄은 () 된다.
2. 어떤 물질이 전자를 잃는 반응을 (), 전자를 얻는 반응을 ()이라고 한다.

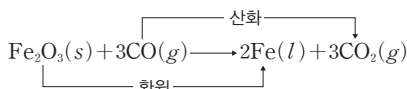


과학 돋보기 | 용광로에서의 철의 제련

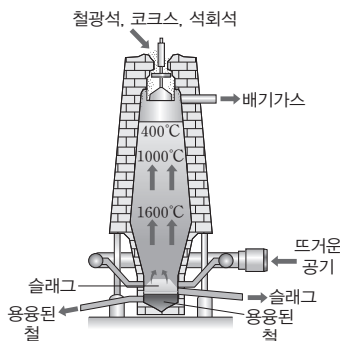
- 용광로에 철광석, 탄소(C)가 주성분인 코크스, 석회석을 넣고 뜨거운 공기를 불어넣는다.
- 탄소(C)가 불완전 연소되어 일산화 탄소(CO)가 된다.



- 일산화 탄소에 의해 산화 철(Fe₂O₃)이 산소를 잃고 환원되어 용융 상태의 철(Fe)이 된다.



- 용광로에서 석회석(CaCO₃)이 열분해되어 생성된 산화 칼슘(CaO)이 철광석에 포함된 불순물인 이산화 규소(SiO₂)와 반응하여 슬래그(CaSiO₃)가 됨으로써 생성된 철과 분리된다.

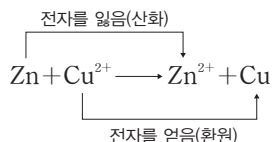


2 전자와 산화 환원 반응

(1) 전자의 이동에 의한 산화 환원

- ① 산화 : 전자를 잃는 반응이다. $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
- ② 환원 : 전자를 얻는 반응이다. $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$
- 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

개념 체크

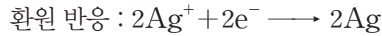
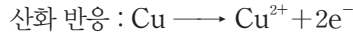
● 금속과 비금속의 반응

금속은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속은 전자를 얻고 환원되어 음이온이 된다.

1. Cu^{2+} 이 포함된 수용액에 아연(Zn)을 넣었더니 구리가 석출되었다. 이때 ()은 산화되고, ()은 환원된다.

2. 나트륨(Na)과 염소(Cl_2)가 반응하여 염화 나트륨(NaCl)이 생성될 때 나트륨은 ()되고, 염소는 ()된다.

예 Cu와 Ag^+ 이 반응할 때



→ Cu 1 mol이 Cu^{2+} 으로 산화될 때 2 mol의 전자를 잃고, Ag^+ 2 mol이 Ag으로 환원될 때 2 mol의 전자를 얻는다.

탐구자료 살펴보기 아연과 황산 구리(II) 수용액의 반응

실험 과정

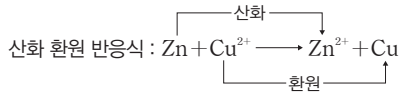
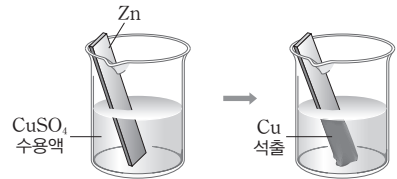
(가) 사포로 문지른 아연(Zn)판을 황산 구리(CuSO_4) 수용액에 넣는다.
(나) 시간이 지남에 따라 수용액의 색과 아연판 표면에서 일어나는 변화를 관찰한다.

실험 결과

수용액의 푸른색이 점점 없어졌고, 아연판 표면에 붉은색 금속이 석출되었다.

분석 point

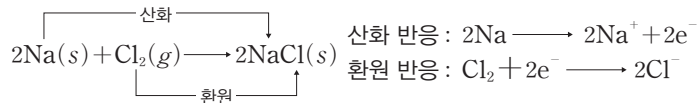
- 아연은 전자를 잃고 아연 이온으로 산화되어 용액 속에 녹아 들어간다. $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ (산화)
- 구리 이온은 전자를 얻어 구리로 환원되어 석출된다. $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$ (환원)
 Cu^{2+} 은 수용액에서 푸른색을 띠므로 수용액의 푸른색은 점점 없어지고, 붉은색의 구리 금속이 석출된다.
- Zn이 전자를 잃고 산화될 때 Cu^{2+} 이 그 전자를 얻어서 환원되므로, 산화와 환원은 동시에 일어난다.



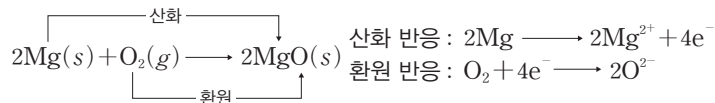
4. 황산 이온(SO_4^{2-})은 구경꾼 이온으로 반응에 참여하지 않고 남아 있다.

(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_2) 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.



- 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.



정답

1. Zn, Cu^{2+}
2. 산화, 환원

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_3) 수용액에 구리(Cu)선을 넣은 후 변화를 관찰한다. \Rightarrow 구리선에 은(Ag)이 석출되고, 수용액은 점점 푸르게 변한다.

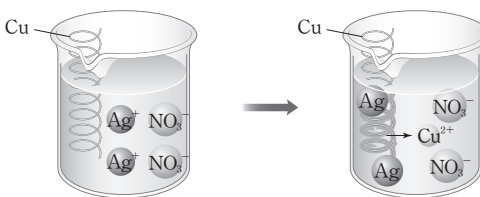
분석 point

- Cu 는 전자를 잃고 Cu^{2+} 로 산화되어 용액 속에 녹아 들어간다.

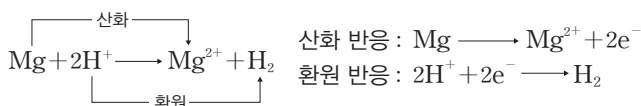
$$\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \text{ (산화)}$$
- Ag^+ 은 전자를 얻어 Ag 으로 환원되어 석출된다.

$$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag} \text{ (환원)}$$
- Cu 가 산화되면서 잃은 전자 수와 Ag^+ 이 환원되면서 얻은 전자 수가 같아야 한다. Cu 1 mol이 산화될 때 Ag^+ 2 mol이 환원되므로 Cu 와 Ag^+ 의 반응 계수비는 1 : 2이다.

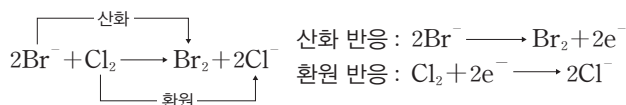
$$\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$$

③ 금속과 산의 반응 : 산 수용액에 수소보다 반응성이 큰 금속을 넣으면 금속은 산화되어 양이온이 되고, H^+ 이 환원되어 수소 기체가 발생한다.

- 마그네슘을 묽은 염산에 넣으면 마그네슘 표면에서 수소 기체가 발생한다. 마그네슘은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, H^+ 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 $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ 으로, 반응성이 작은 할로젠의 음이온이 들어 있는 수용액에 반응성이 큰 할로젠 분자를 넣으면 반응성이 작은 할로젠의 음이온은 산화되어 할로젠 분자가 되고, 반응성이 큰 할로젠 분자는 환원되어 음이온이 되는 산화 환원 반응이 일어난다.

예 무색의 브로민화 칼륨(KBr) 수용액에 염소(Cl_2)를 넣으면 브로민화 이온(Br^-)은 전자를 잃고 산화되어 적갈색의 브로민(Br_2)이 되고, 염소(Cl_2)는 전자를 얻고 환원되어 염화 이온(Cl^-)이 된다.



개념 체크

① 금속과 금속 이온의 반응

반응성이 큰 금속은 전자를 잃고 양이온으로 되며, 반응성이 작은 금속의 양이온은 전자를 얻어 금속으로 석출된다.

1. 질산 은(AgNO_3) 수용액에 구리(Cu)를 넣으면 Cu 는 전자를 잃어 Cu^{2+} 으로 녹아 들어가고, Ag^+ 은 전자를 얻어 Ag 으로 석출된다. 이 반응에서 Cu 1 mol이 산화될 때 석출되는 Ag 은 () mol이다.

2. Mg 1 mol을 충분한 양의 염산에 넣으면 전자 () mol이 이동하여 수소 기체 () mol이 생성된다.

정답

1. 2

2. 2, 1

개념 체크

● 산화수

물질을 구성하는 원자가 산화되거나 환원된 정도를 나타내는 값이다.

● 산화수 규칙

산화수를 쉽게 구하기 위한 방법이다.

- i) 화합물에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이다.
- ii) 다원자 이온에서 구성 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 구성 원자의 산화수의 총합은 ()이다.

4. 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 ()와 같다.

정답

- 1. +1, -1
- 2. 큰
- 3. 0
- 4. 전하

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 : Na⁺과 Cl⁻으로 이루어져 있다. ➔ Na의 산화수 : +1, Cl의 산화수 : -1

MgO : Mg²⁺과 O²⁻으로 이루어져 있다. ➔ 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(H ₂ O)	암모니아(NH ₃)
<p>공유 전자쌍을 O가 모두 가진다고 가정한다.</p>	<p>공유 전자쌍을 N가 모두 가진다고 가정한다.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 전기 음성도 : O > H • H는 전자 1개를 잃었다고 가정하므로 전하가 +1이고, O는 2개의 H로부터 각각 전자 1개씩을 얻었다고 가정하므로 전하가 -2이다. • H의 산화수 : +1, O의 산화수 : -2 	<ul style="list-style-type: none"> • 전기 음성도 : N > H • H는 전자 1개를 잃었다고 가정하므로 전하가 +1이고, N는 3개의 H로부터 각각 전자 1개씩을 얻었다고 가정하므로 전하가 -3이다. • H의 산화수 : +1, N의 산화수 : -3



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. ➔ Cu, H₂, O₂에서 Cu, H, O의 산화수는 모두 0이다.
- ② 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같다. ➔ Cu²⁺에서 Cu의 산화수는 +2, Cl⁻에서 Cl의 산화수는 -1이다.
- ③ 화합물에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이다.
 - ➔ H₂O에서 (H의 산화수) × 2 + (O의 산화수) × 1 = (+1) × 2 + (-2) × 1 = 0이다.
- ④ 다원자 이온에서 구성 원자의 산화수의 총합은 그 이온의 전하와 같다.
 - ➔ SO₄²⁻에서 (S의 산화수) × 1 + (O의 산화수) × 4 = (+6) × 1 + (-2) × 4 = -2이다.

개념 체크

산화수의 주기성

원자의 산화수는 원자가 전자 수와 관련되어 일정한 주기성을 나타낸다.

1. SO₂에서 S의 산화수는 ()이다.

2. 질소(N)가 가질 수 있는 산화수의 최댓값은 ()이고, 최솟값은 ()이다.

3. 화합물에서 F의 산화수는 항상 ()이다.

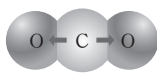

※ ○ 또는 ×

4. CO₂와 CH₄에서 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.
 - F는 전기 음성도가 가장 큰 원소이므로 화합물에서 항상 -1의 산화수를 가진다.
- ⑦ 화합물에서 H의 산화수는 +1이다. 단, 금속의 수소 화합물에서는 -1이다.
 - H₂O, HCl, CH₄ 등에서 H의 산화수는 +1이다. 단, 금속의 수소 화합물에서는 금속이 '+'의 산화수를 가지므로 NaH, MgH₂ 등에서 H의 산화수는 -1이다.
- ⑧ 화합물에서 O의 산화수는 -2이다. 단, 과산화물에서는 -1이며, 플루오린 화합물에서는 +2 또는 +1이다.
 - H₂O, CO₂ 등에서 O의 산화수는 -2이다. 단, H₂O₂에서 H의 산화수가 +1이므로 O의 산화수는 -1, 전기 음성도가 F > O이므로 OF₂, O₂F₂에서 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 ₂)	메테인(CH ₄)
 <p style="text-align: center;">공유 전자쌍을 O가 모두 가진다고 가정한다.</p>	 <p style="text-align: center;">공유 전자쌍을 C가 모두 가진다고 가정한다.</p>
<p>• 전기 음성도 : O > C > H</p> <p>• CO₂에서 전자를 잃은 C의 산화수는 +4이고, CH₄에서 전자를 얻은 C의 산화수는 -4이다.</p> <p>• 산화수 규칙에 따른 계산 : C의 산화수를 x라고 할 때</p> <p>CO₂ : x + (-2) × 2 = 0 x = +4 CH₄ : x + (+1) × 4 = 0 x = -4</p>	

탐구자료 살펴보기 화합물에서 원자의 산화수

탐구 자료

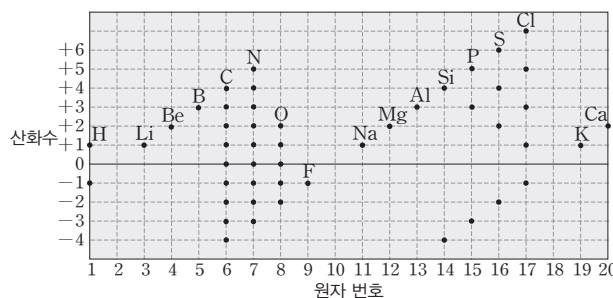
원자 번호 1~20의 원자들이 화합물에서 가질 수 있는 산화수는 그림과 같다.

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. ×

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.

1. 화합물 OF_2 에서 O의 산화수는 ()이다.

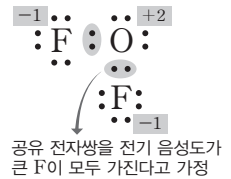
2. 산화수가 증가하는 반응은 (), 산화수가 감소하는 반응은 ()이다.



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.



(4) 산화수와 산화 환원

① 산화 : 산화수가 증가하는 반응이다.

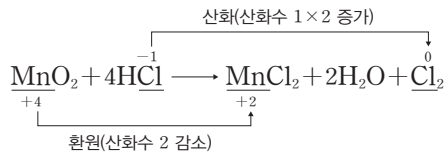
→ 원자가 전자를 잃으면 산화수는 '+'값이 되므로 산화수가 증가하는 것은 전자를 잃는 것과 같아서 산화에 해당한다.

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

개념 체크

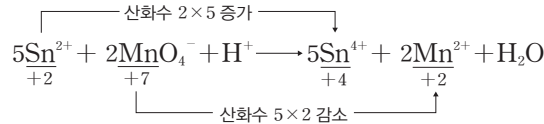
● 산화 환원 반응의 양적 관계

완성된 산화 환원 반응식에서 산화제와 환원제의 계수가 각각 a , b 라면 반응하는 물질의 반응 몰비는 산화제 : 환원제 = $a : b$ 이다.

1. $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \longrightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$
반응에서 환원제는 ()이며, Fe 1 mol이 얻어질 때 반응한 환원제는 () mol이다.

2. $3Ag_2S + 2Al \longrightarrow 6Ag + Al_2S_3$ 반응에서 Ag_2S 1.5 mol이 환원될 때 Al () mol이 반응하며, 이때 Ag () mol이 생성된다.

[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(Fe_2O_3)과 일산화 탄소(CO)가 반응하여 철과 이산화 탄소가 생성되는 반응의 완성된 화학 반응식은 $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \longrightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$ 로, 산화제인 Fe_2O_3 과 환원제인 CO 가 1 : 3의 몰비로 반응하므로 Fe_2O_3 1 mol이 환원될 때 CO 3 mol이 산화된다.

탐구자료 살펴보기

황화 은(Ag_2S)과 알루미늄(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.



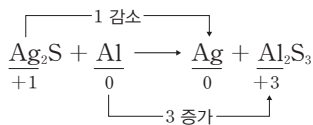
분석 point

- 은 숟가락의 검은 녹은 황화 은(Ag_2S)이며, 알루미늄(Al)과 반응하여 은(Ag)으로 환원되므로 Al 은 환원제이고 Ag_2S 은 산화제이다.
- 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

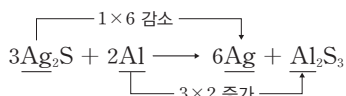
[1단계] 각 원자의 산화수를 구한다.



[2단계] 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.



[3단계] 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 계수를 맞춘다.



- 완성된 산화 환원 반응식에서 Ag_2S 과 Al 의 계수가 각각 3과 2이므로 산화제인 Ag_2S 과 환원제인 Al 은 3 : 2의 몰비로 반응한다.

정답

- CO , 1.5
- 1, 3

5 화학 반응에서 출입하는 열

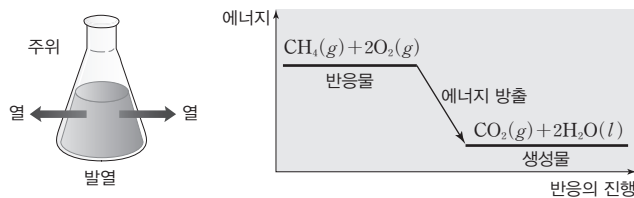
(1) 화학 반응과 열의 출입

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

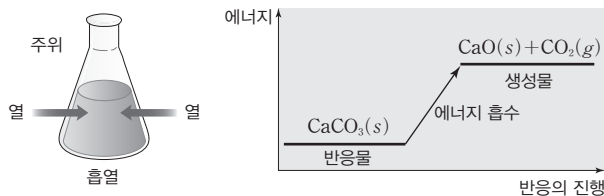
- 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
- 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 반응하면서 열을 방출한다.
- 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.



예 메테인(CH_4)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_3)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"> • 수증기의 액화, 물의 응고와 같은 상태 변화가 일어날 때 열이 방출된다. • 휘발유나 천연 가스 등의 연료가 연소될 때 많은 열이 발생한다. • 손난로 속에서 철가루가 산화되면서 열을 방출하여 따뜻해진다.
흡열 반응	<ul style="list-style-type: none"> • 물의 기화, 얼음의 용해와 같은 상태 변화가 일어날 때 열이 흡수된다. • 식물이 빛을 받으면 광합성을 하여 포도당을 만드는데, 광합성은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이다. • 냉각 팩 속 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수하여 팩이 시원해진다.

개념 체크

● 발열 반응
열을 방출하는 반응

● 흡열 반응
열을 흡수하는 반응

1. () 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
2. 흡열 반응의 경우 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 ()다.
3. 흡열 반응이 일어나면 주위의 온도는 ()아진다.

정답

1. 발열
2. 크
3. 낮

개념 체크

● 물의 응고와 열의 출입

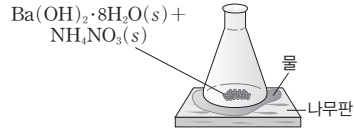
에너지는 $H_2O(l)$ 이 $H_2O(s)$ 보다 크므로 $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s)$ 반응이 일어날 때 열을 방출한다.

1. 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응이 일어날 때 주위로부터 열을 ()한다.
2. 물이 얼음으로 응고되는 과정은 () 반응이다.

탐구자료 살펴보기 화학 반응에서 출입하는 열

실험 과정

- (가) 나무판의 중앙에 물을 조금 떨어뜨리고, 수산화 바륨 팔수화물($Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O(s)$)이 담긴 삼각 플라스크를 올려놓는다.
- (나) (가)의 삼각 플라스크에 질산 암모늄($NH_4NO_3(s)$)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

1. $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 과 NH_4NO_3 이 반응하면서 나무판 위의 물로부터 열을 빼앗아 물이 얼게 된다.
2. $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 과 NH_4NO_3 의 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

탐구자료 살펴보기 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 $1^\circ C$ 높이는 데 필요한 열량으로 단위는 $J/(g \cdot ^\circ C)$ 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 중발 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 최고 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 최고 온도	과자의 나중 질량
측정값	$w_1 \text{ g}$	$t_1 ^\circ C$	$t_2 ^\circ C$	$w_2 \text{ g}$



분석 point

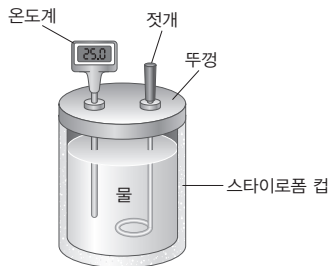
1. 연소된 과자의 질량은 $(w_1 - w_2) \text{ g}$ 이고, 물의 온도 변화는 $(t_2 - t_1) ^\circ C$ 이다.
2. 물의 밀도와 비열을 각각 1 g/mL , $4.2 \text{ J}/(g \cdot ^\circ C)$ 로 두면 물이 얻은 열량은 $Q = c_{\text{물}} \times m_{\text{물}} \times \Delta t_{\text{물}} = 4.2 \text{ J}/(g \cdot ^\circ C) \times 100 \text{ g} \times (t_2 - t_1) ^\circ C = 420(t_2 - t_1) \text{ J}$ 이다.
3. 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

1. 흡수
2. 발열

(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.

$$\text{화학 반응에서 발생한 열량}(Q) = \text{열량계 속 용액이 얻은 열량}(Q)$$

개념 체크

● 화학 반응에서 출입하는 열의 양은 열량계를 사용하여 측정할 수 있다.

- 25°C의 물이 들어 있는 간이 열량계에 25°C의 고체 A를 넣어 녹였더니 용액의 온도가 25°C보다 낮아졌다면 고체 A의 용해 반응은 () 반응이다.

※ ○ 또는 ×

- 스타이로폼 컵을 이용한 간이 열량계에서 스타이로폼 컵은 열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 사용한다. ()

탐구자료 살펴보기 열량계를 이용한 열의 측정

실험 과정

[실험 I]

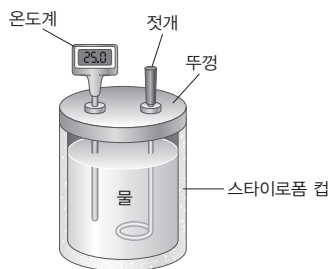
(가) 간이 열량계에 물 100 g을 넣고 온도(t_1)를 측정한다.

(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

- 흡열
-

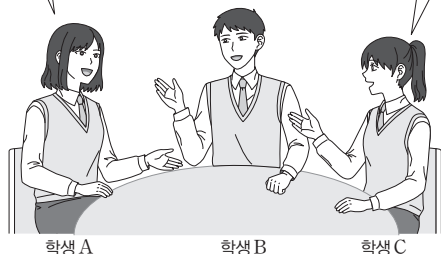
01 다음은 산화수에 대한 세 학생의 대화이다.

[23024-0237]

화합물에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이다.

화합물에서 F의 산화수는 항상 -1이다.

HCl과 NaH에서 H의 산화수는 같다.



학생 A

학생 B

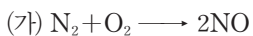
학생 C

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
④ B, C ⑤ A, B, C

02 다음은 3가지 화학 반응식이다.

[23024-0238]



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 산화 환원 반응은 3가지이다.
ㄴ. (가)와 (나)에서 밑줄 친 N의 산화수는 같다.
ㄷ. (다)에서 ㉠은 산화된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)와 (나)의 구조식과 X와 Z의 산화수를 나타낸 것이다.

[23024-0239]

분자	(가)	(나)
구조식	Y-X-X-Y	X=Z-Y
X의 산화수	+1	
Z의 산화수		+3

X~Z의 전기 음성도를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ① $X > Y > Z$ ② $X > Z > Y$
③ $Y > X > Z$ ④ $Y > Z > X$
⑤ $Z > X > Y$

04 다음은 SO₂이 반응물인 2가지 반응의 화학 반응식이다.

[23024-0240]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 환원제이다.
ㄴ. (나)에서 O의 산화수는 변하지 않는다.
ㄷ. ㉡은 환원된다.

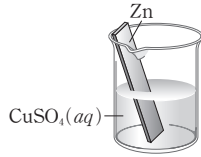
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 금속의 산화 환원 반응 실험이다.

[23024-0241]

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 Zn(s)을 푸른색의 $\text{CuSO}_4(aq)$ 에 넣는다.
 (나) 수용액의 색과 Zn(s) 표면에 서의 변화를 관찰한다.



[실험 결과]

- 수용액의 푸른색이 없어졌다.
- Zn(s) 표면에 Cu(s)가 석출되었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
 (단, 음이온은 반응하지 않는다.)

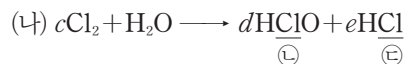
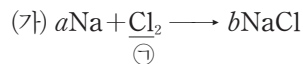
보기

- ㄱ. Zn(s)은 산화된다.
- ㄴ. S의 산화수는 감소한다.
- ㄷ. 전자는 Zn에서 Cu^{2+} 으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다. $a \sim e$ 는 반응 계수이다.

[23024-0242]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

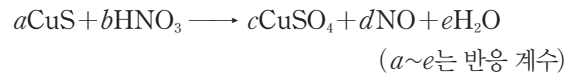
보기

- ㄱ. ㉠~㉣에서 Cl의 산화수 중 가장 큰 값은 +1이다.
- ㄴ. (가)와 (나)에서 각각 Cl_2 1 mol이 모두 반응했을 때, 생성된 NaCl의 양(mol)과 HCl의 양(mol)은 같다.
- ㄷ. (나)에서 H_2O 은 환원제이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 다음은 CuS 와 HNO_3 이 반응하는 화학 반응식이다.

[23024-0243]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. Cu의 산화수는 변하지 않는다.
- ㄴ. $8a = 3d$ 이다.
- ㄷ. 2 mol의 HNO_3 이 모두 반응하면 1 mol의 H_2O 이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 금속 A와 $\text{HCl}(aq)$ 의 반응 실험이다.

[23024-0244]

[실험 과정]

- (가) A(s) 0.01 mol을 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 500 mL에 넣어 반응시킨다.
 (나) 반응 후 $\text{H}^+(aq)$ 의 농도(M)를 구한다.

[실험 결과]

- $\text{H}_2(g)$ 가 발생하였고, A(s)는 모두 반응하였다.
- 반응 후 $\text{H}^+(aq)$ 의 농도 : 0.04 M

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
 (단, A는 임의의 원소 기호이고, 온도는 일정하며, 반응 전과 후 수용액의 부피는 같다.)

보기

- ㄱ. A(s)는 환원제이다.
- ㄴ. 이동한 전자의 양은 0.02 mol이다.
- ㄷ. 생성된 $\text{H}_2(g)$ 의 양은 0.03 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 산화 환원 반응에 대한 자료이다.

[23024-0245]

○ 화학 반응식

$$5\text{Sn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + a \text{ (가)} \longrightarrow 5\text{Sn}^{2+} + 2\text{Mn}^{2+} + b \text{ (나)}$$

(a, b는 반응 계수)

○ (가)와 (나)는 각각 H⁺과 H₂O 중 하나이고, Sn²⁺은 산화된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

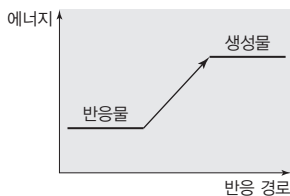
보기

ㄱ. x=2이다.
 ㄴ. (가)는 H⁺이다.
 ㄷ. $\frac{b}{a}=2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 어떤 화학 반응의 반응 경로에 따른 반응물과 생성물의 에너지를 나타낸 것이다.

[23024-0246]



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

보기

ㄱ. 발열 반응이다.
 ㄴ. 반응이 일어날 때, 주위의 온도가 낮아진다.
 ㄷ. 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 높은 반응의 예로는 연소 반응이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 다음은 드라이아이스(CO₂(s))를 공기 중에 놓았을 때의 모습과 이에 대한 설명이다.

[23024-0247]

CO₂(s)는 열을 (가)하여 CO₂(g)로 승화되고, 주변의 H₂O(g)는 액화된다. H₂O(g)의 액화는 (나) 반응이다.

다음 중 (가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

- | | | | | | |
|---|-----|-----|---|-----|-----|
| | (가) | (나) | | (가) | (나) |
| ① | 흡수 | 흡열 | ② | 흡수 | 발열 |
| ③ | 방출 | 흡열 | ④ | 방출 | 발열 |
| ⑤ | 방출 | 산화 | | | |

12 다음은 학생 A가 수행한 탐구 활동이다.

[23024-0248]

[가설] ○ HCl(aq)과 NaOH(aq)의 반응은 발열 반응이다.

[탐구 과정]

(가) 그림과 같이 25°C의 0.1 M HCl(aq) 50 mL가 담긴 열량계를 준비한다.

(나) (가)의 열량계에 25°C의 0.1 M NaOH(aq) 50 mL를 넣어 반응시킨 후 수용액의 최고 온도를 측정한다.

[탐구 결과] ○ 수용액의 최고 온도 : t°C

[결론] ○ 가설은 옳다.

학생 A의 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열량계의 열 손실과 온도 변화는 없다.)

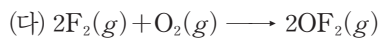
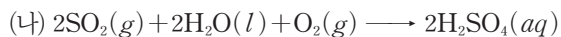
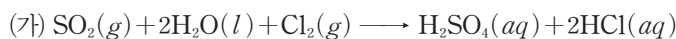
보기

ㄱ. 중화 반응에서 발생한 열은 열량계 속 수용액이 얻은 열량과 같다.
 ㄴ. t > 25이다.
 ㄷ. (가)의 열량계에 25°C의 0.05 M NaOH(aq) 50 mL를 넣어 반응시키면 최고 온도는 t°C보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

[23024-0249]

S의 산화수는 SO_2 에서 +4,
 H_2SO_4 에서 +6이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

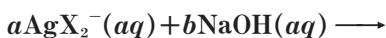
보기

- ㄱ. (가)에서 S의 산화수는 증가한다.
 ㄴ. (나)에서 H_2O 은 환원된다.
 ㄷ. (나)와 (다)에서 O_2 는 모두 산화제로 작용한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

[23024-0250]



표는 0.2 mol의 AgX_2^- 이 들어 있는 수용액에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 가할 때, 가한 NaOH 의 양(mol)에 따른 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)을 나타낸 것이다. AgX_2^- 에서 Ag의 산화수는 +1이다.

산화수가 감소한 원자는 Ag
으로 +1에서 0으로 1만큼
감소한다.

가한 NaOH의 양(mol)	0	0.1
전체 이온의 양(mol)	0.2	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $\frac{a+b}{d+e} = 3$ 이다.
 ㄴ. $x = 0.4$ 이다.
 ㄷ. 0.2 mol의 AgX_2^- 이 들어 있는 수용액에 NaOH 0.2 mol을 가할 때, 이동하는 전자의 양은 0.1 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

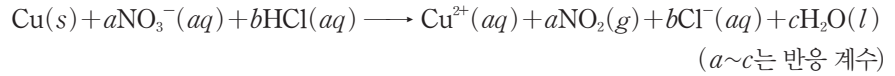
N의 산화수는 감소하고 Cu의 산화수는 증가한다.

(가)에서 O의 산화수는 -1에서 -2로 감소하고 I의 산화수는 -1에서 0으로 증가한다.

[23024-0251]

03 다음은 산화 환원 반응 실험이다.

○ 화학 반응식



[실험 과정]

(가) 비커에 x M $\text{NO}_3^-(aq)$ 100 mL와 $\text{Cu}(s)$ 1.6 g, 충분한 양의 $\text{HCl}(aq)$ 을 넣어 반응시킨다.

(나) 반응 후 남은 $\text{Cu}(s)$ 의 질량을 측정한다.

[자료 및 실험 결과]

- Cu의 원자량 : 64
- 반응 후 남은 $\text{Cu}(s)$ 의 질량 : 1.28 g

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

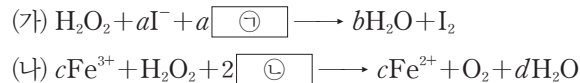
┆ 보기 ┆

- ㄱ. NO_3^- 은 산화제이다.
- ㄴ. $b = a + c$ 이다.
- ㄷ. $x = 0.2$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23024-0252]

04 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다. ㉠과 ㉡은 각각 H^+ 과 OH^- 중 하나이고, $a \sim d$ 는 반응 계수이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

┆ 보기 ┆

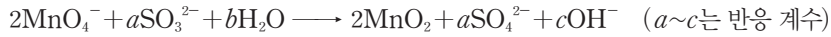
- ㄱ. ㉠은 H^+ 이다.
- ㄴ. $c = d + 1$ 이다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 같은 양(mol)의 H_2O 이 생성될 때, (가)에서 반응한 I^- 의 양(mol)은 (나)에서 반응한 Fe^{3+} 의 양(mol)의 3배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 산화 환원 반응을 완성하는 과정이다.

[23024-0253]

○ 화학 반응식



(가) 산화수가 증가한 원자와 감소한 원자의 산화수 변화를 구한다.

S : x 만큼 증가, ㉠ : 3만큼 감소

(나) 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 계수를 맞춘다.

(다) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.

Mn의 산화수는 +7에서 +4로 3만큼 감소한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

| 보기 |

ㄱ. ㉠은 Mn이다.

ㄴ. $a \times x = 6$ 이다.ㄷ. $b + c = 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 표는 산화 환원 반응의 반응물과 생성물의 구조식을 나타낸 것이다. 이 반응에서 X의 산화수는 감소하고 Y의 산화수 변화는 없다.

[23024-0254]

반응물의 구조식		생성물의 구조식	
$\begin{array}{c} \text{Y} \\ \\ \text{Y}-\text{X}-\text{Y} \end{array}$	$Z = Z$	$X \equiv X$	$\text{Y}-Z-\text{Y}$

X의 산화수는 감소하고 X_2 에서 X의 산화수는 0이므로 XY_3 에서 X의 산화수는 +3, Y의 산화수는 -1이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 분자 내에서 옥텟 규칙을 만족한다.)

| 보기 |

ㄱ. 전기 음성도는 $Y > X$ 이다.

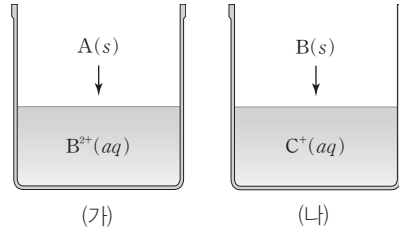
ㄴ. Z의 산화수는 3만큼 증가한다.

ㄷ. XY_3 1 mol이 모두 반응할 때, ZY_2 1.5 mol이 생성된다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)에서 A의 산화수는 n 만큼 증가, B의 산화수는 2 만큼 감소하며, A^{n+} 의 양은 0.1 mol, B의 양은 0.15 mol 생성된다.

07 그림은 $B^{2+}(aq)$ 과 $C^+(aq)$ 이 들어 있는 비커 (가)와 (나)에 A(s)와 B(s)를 각각 넣어 반응시키는 것을, 표는 반응 전과 후 (가)와 (나)에 들어 있는 모든 양이온의 종류와 양(mol)을 나타낸 것이다.



비커	양이온의 종류	양이온의 양(mol)	
		반응 전	반응 후
(가)	A^{n+}	0	0.1
	B^{2+}	0.25	0.1
(나)	B^{2+}	0	0.1
	C^+	0.25	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고 음이온과 물은 반응하지 않는다.)

보기

ㄱ. $n=3$ 이다.
 ㄴ. $x=0.1$ 이다.
 ㄷ. 반응에서 이동한 전자의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

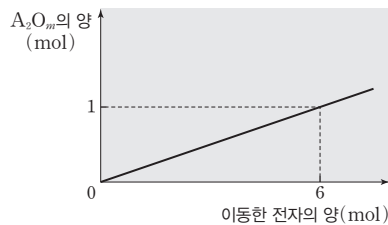
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이동한 전자가 6 mol일 때, A_2O_m 이 1 mol 생성되므로 A 1 mol은 3 mol의 전자를 잃고 1 mol의 A^{3+} 이 된다.

08 다음은 금속 A와 O_2 가 반응하여 A_2O_m 이 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 이 반응이 일어날 때, 이동한 전자의 양(mol)에 따라 생성된 A_2O_m 의 양(mol)을 나타낸 것이다.



$\frac{x+z}{y} + m$ 은? (단, A는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

09 표는 화학 반응에서 열의 출입을 이용한 제품에 대한 설명이다.

[23024-0257]

(가) 냉찜질 주머니	(나) 발열 도시락
<ul style="list-style-type: none"> ○ 질산 암모늄(NH_4NO_3)이 물에 용해되는 반응을 이용한다. ○ $\text{NH}_4\text{NO}_3(s) \longrightarrow \text{NH}_4^+(aq) + \text{NO}_3^-(aq)$ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산화 칼슘(CaO)과 물의 반응을 이용한다. ○ $\text{CaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + 2 \text{ } \textcircled{\text{㉠}}$

냉찜질 주머니에 이용하는 반응은 흡열 반응, 발열 도시락에 이용하는 반응은 발열 반응이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.
 ㄴ. ㉠은 $\text{OH}^-(aq)$ 이다.
 ㄷ. (나)의 반응에서 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 크다.

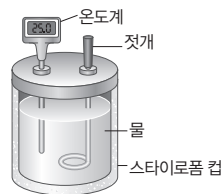
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 2가지 고체의 용해와 관련된 실험이다.

[23024-0258]

[실험 과정]

- (가) 그림과 같은 열량계에 25°C 의 물 100 g을 넣는다.
 (나) (가)의 열량계에 25°C 의 $\text{NaNO}_3(s)$ w g을 넣어 모두 녹인 후 최저 온도 $t_1^\circ\text{C}$ 를 측정한다.
 (다) $\text{NaNO}_3(s)$ 대신 25°C 의 $\text{NaOH}(s)$ w g을 이용하여 (가)와 (나)를 수행하여 최고 온도 $t_2^\circ\text{C}$ 를 측정한다.



[실험 결과]

- $t_1 = 24$, $t_2 = 28$

반응 전과 후 온도를 비교하여 고체가 물에 용해되는 반응을 발열 반응 또는 흡열 반응으로 판단할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열량계의 열 손실은 없다.)

보기

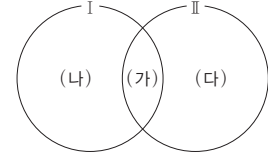
- ㄱ. $\text{NaNO}_3(s)$ 이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.
 ㄴ. $\text{NaOH}(s)$ 이 물에 용해될 때, 열을 방출한다.
 ㄷ. 과정 (다)에서 $\text{NaOH}(s)$ $\frac{1}{2}w$ g을 사용하면 최고 온도는 28°C 보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

(가)는 연소 반응이고, 반응 전과 후 C와 O의 산화수는 변한다.

11 표는 3가지 화학 반응 (가)~(다)에 대한 설명이고, 그림은 (가)~(다)를 I 과 II를 기준으로 분류한 벤 다이어그램이다.

(가)	$\text{CH}_4(g)$ 이 $\text{O}_2(g)$ 와 반응하여 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성되었다.
(나)	$\text{H}^+(aq)$ 과 $\text{OH}^-(aq)$ 이 반응하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성되었다.
(다)	식물이 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 이용하여 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$ 과 $\text{O}_2(g)$ 를 생성하였다.



다음 중 기준 I 과 II로 가장 적절한 것은?

- | | |
|------------|-------------|
| I | II |
| ① 발열 반응이다. | 중화 반응이다. |
| ② 발열 반응이다. | 산화 환원 반응이다. |
| ③ 발열 반응이다. | 흡열 반응이다. |
| ④ 흡열 반응이다. | 중화 반응이다. |
| ⑤ 흡열 반응이다. | 산화 환원 반응이다. |

$\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 전기 분해하면 $\text{H}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 가 생성된다.

12 다음은 물(H_2O)의 전기 분해 실험이다.

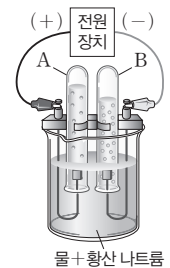
[23024-0260]

[실험 과정]

- (가) 그림과 같은 실험 장치에 전류를 흘려주어 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 전기 분해한다.
 (나) 시험관 B에 모인 기체에 불을 가져다 댈다.

[실험 결과]

- 과정 (나)에서 기체는 $\text{O}_2(g)$ 와 반응하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 생성한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 시험관 A에 모인 기체는 산소(O_2)이다.
- ㄴ. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 전기 분해 반응은 흡열 반응이다.
- ㄷ. 과정 (나)에서 일어난 반응은 산화 환원 반응이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

고1~2 내신 중점 로드맵

과목	고교 입문	기초	기본	특화	단기
국어	고등 예비 과정	윤혜정의 개념의 나비효과 입문편/워크북	기본서 올림포스	국어 특화 국어 독해의 원리 국어 문법의 원리	단기 특강
영어		어휘가 독해다!	올림포스 전국연합 학력평가 기출문제집	영어 특화 Grammar POWER Reading POWER Listening POWER Voca POWER	
수학		정승익의 수능 개념 잡는 대박구문	유형서 올림포스 유형편	고급 올림포스 고난도	
한국사 사회		기초 50일 수학	수학 특화 수학의 왕도		
과학		매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기	기본서 개념완성 개념완성 문항편	고등학생을 위한 다담은 한국사 연표	
	인공지능 수학과 함께하는 고교 SI 입문 수학과 함께하는 SI 기초				

과목	시리즈명	특징	수준	권장 학년
전과목	고등예비과정	예비 고등학생을 위한 과목별 단기 완성	●	예비 고1
국/영/수	내 등급은?	고1 첫 학력평가+반 배치고사 대비 모의고사	●	예비 고1
	올림포스	내신과 수능 대비 EBS 대표 국어·수학·영어 기본서	●	고1~2
	올림포스 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서	●	고1~2
	단기 특강	단기간에 끝내는 유형별 문항 연습	●	고1~2
한/사/과	개념완성 & 개념완성 문항편	개념 한 권+문항 한 권으로 끝내는 한국사·탐구 기본서	●	고1~2
국어	윤혜정의 개념의 나비효과 입문편/워크북	윤혜정 선생님과 함께 시작하는 국어 공부의 첫걸음	●	예비 고1~고2
	어휘가 독해다!	7개년 학평·모평·수능 출제 필수 어휘 학습	●	예비 고1~고2
	국어 독해의 원리	내신과 수능 대비 문학·독서(비문학) 특화서	●	고1~2
	국어 문법의 원리	필수 개념과 필수 문항의 언어(문법) 특화서	●	고1~2
영어	정승익의 수능 개념 잡는 대박구문	정승익 선생님과 CODE로 이해하는 영어 구문	●	예비 고1~고2
	Grammar POWER	구문 분석 트리로 이해하는 영어 문법 특화서	●	고1~2
	Reading POWER	수준과 학습 목적에 따라 선택하는 영어 독해 특화서	●	고1~2
	Listening POWER	수준별 수능형 영어듣기 모의고사	●	고1~2
수학	Voca POWER	영어 교육과정 필수 어휘와 어원별 어휘 학습	●	고1~2
	50일 수학	50일 만에 완성하는 중학~고교 수학의 맥	●	예비 고1~고2
	매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기	스타강사 강의, 손글씨 풀이와 함께 고1 수학 개념 정복	●	예비 고1~고1
	올림포스 유형편	유형별 반복 학습을 통해 실력 잡는 수학 유형서	●	고1~2
	올림포스 고난도	1등급을 위한 고난도 유형 집중 연습	●	고1~2
	수학의 왕도	직관적 개념 설명과 세분화된 문항 수록 수학 특화서	●	고1~2
한국사	고등학생을 위한 다담은 한국사 연표	연표로 흐름을 잡는 한국사 학습	●	예비 고1~고2
기타	수학과 함께하는 고교 SI 입문/SI 기초	파이선 프로그래밍, AI 알고리즘에 필요한 수학 개념 학습	●	예비 고1~고2

고2~N수 수능 집중 로드맵

수능 입문	기출 / 연습	연계+연계 보완	고난도	모의고사	
<p>윤혜정의 개념/패턴의 나비효과</p> <hr/> <p>수능 감(感)잡기</p> <hr/> <p>수능특강 Light</p>	<p>윤혜정의 기출의 나비효과</p> <hr/> <p>수능 기출의 미래</p> <hr/> <p>수능 기출의 미래 미니모의고사</p> <hr/> <p>수능특강Q 미니모의고사</p>	<p>수능연계교재의 국어 어휘</p> <hr/> <p>수능연계교재의 VOCA 1800</p> <hr/> <p>수능연계 기출 Vaccine VOCA</p> <hr/> <p>연계</p> <p>강수 수능특강</p> <hr/> <p>강수 수능완성</p>	<p>수능특강 사용설명서</p> <hr/> <p>수능특강 연계 기출</p> <hr/> <p>수능 영어 간접연계 서치라이트</p> <hr/> <p>수능완성 사용설명서</p>	<p>수능연계완성 3/4주 특강 고난도·신유형</p> <hr/> <p>박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴</p>	<p>FINAL 실전모의고사</p> <hr/> <p>만점마무리 봉투모의고사</p> <hr/> <p>고난도 시크릿X 봉투모의고사</p> <hr/> <p>수능 싱크로 100% 프리미엄 봉투모의고사</p>

구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	윤혜정의 개념/패턴의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 수능 국어 개념/패턴 학습	●	국어
	수능 감(感)잡기	동일 소재·유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	국/영
기출/연습	수능개념	EBS! 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전 영역
	윤혜정의 기출의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	●	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전 영역
	수능 기출의 미래 미니모의고사	부담없는 실전 훈련, 고품질 기출 미니모의고사	●	국/수/영
연계 + 연계 보완	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고품격 미니모의고사	●	전 영역
	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문·자료·문화 분석	●	국/영
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품·지문과 연결된 기출문제 학습	●	국/영
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어·영어 지문 분석	●	국/영
	수능 영어 간접연계 서치라이트	출제 가능성이 높은 핵심만 모아 구성한 간접연계 대비 교재	●	영어
	수능연계교재의 국어 어휘	수능 지문과 문항 이해에 필요한 어휘 학습서	●	국어
고난도	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
	수능연계 기출 Vaccine VOCA	수능-EBS 연계 및 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	●	영어
	수능연계완성 3/4주 특강	단기간에 끝내는 수능 킬러 문항 대비서	●	국/수/영/과
	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
모의고사	FINAL 실전모의고사	수능 동일 난도의 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 훈련 모의고사	●	전 영역
	고난도 시크릿X 봉투모의고사	제대로 어려운 최고난도 모의고사	●	국/수/영
	수능 싱크로 100% 프리미엄 봉투모의고사	수능 직전에 만나는, 수능과 가장 가까운 고품격 프리미엄 모의고사	●	국/수/영



MEMO