

수능특강

과학탐구영역
화 학 I

I 화학의 첫걸음	01 우리 생활 속의 화학	4
	02 화학식량과 몰	15
	03 화학 반응식과 용액의 농도	30
II 원자의 세계	04 원자의 구조	49
	05 현대적 원자 모형과 전자 배치	61
	06 원소의 주기적 성질	78
III 화학 결합과 분자의 세계	07 이온 결합	95
	08 공유 결합과 결합의 극성	107
	09 분자의 구조와 성질	125
IV 역동적인 화학 반응	10 동적 평형	142
	11 산 염기와 중화 반응	159
	12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열	177

학생

인공지능 DANCHO 푸리봇 문제|검색

EBSi 사이트와 EBSi 고교강의 APP 하단의 AI 학습도우미 푸리봇을 통해 문항코드를 검색하면 푸리봇이 해당 문제의 해설과 해설 강의를 찾아 줍니다. **사진 촬영으로도 검색**할 수 있습니다.

문제별 문항코드 확인 문항코드 검색

[26024-0001] 26024-0001

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

1. 2. 3.

선생님

EBS 교사지원센터 교재 관련 자료|제공

교재의 문항 한글(HWP) 파일과 교재이미지, 강의자료를 무료로 제공합니다.

한글다운로드 교재이미지 강의자료

- 교사지원센터(teacher.ebsi.co.kr)에서 '교사인증' 이후 이용하실 수 있습니다.
- 교사지원센터에서 제공하는 자료는 교재별로 다를 수 있습니다.

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.

충실한 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.

과학 돋보기

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

탐구자료 살펴보기

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

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 **수능 2점 테스트**, **수능 3점 테스트**로 구분하여 제시하였습니다. 수능 2점 테스트는 필수적인 개념을 간략한 문제 상황으로 다루고 있으며, 수능 3점 테스트는 다양한 개념을 복잡한 문제 상황이나 탐구 활동에 적용하였습니다.

01

우리 생활 속의 화학

개념 체크

▶ 암모니아의 합성과 식량 문제 해결

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

※ ○ 또는 ×

1. 암모니아를 원료로 하여 만든 질소 비료는 식량 문제 해결에 크게 기여하였다. ()
2. 암모니아는 공기 중 질소와 산소를 반응시켜 합성한다. ()
3. 대부분의 생명체는 공기 중의 질소를 직접 이용할 수 없다. ()

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.



과학 돋보기

연금술

오늘날의 관점에서 연금술을 과학의 분야로 인정하기는 힘들지만, 연금술은 각종 실험 기구와 실험 기법을 발전시키고, 물질의 화학 변화를 일으키는 여러 가지 방법을 개발하여 화학의 발전에 기여하였다고 평가 받는다. 현대에는 연금술사의 방법으로 금을 만드는 것은 불가능하지만, 특정 원소에 특정한 에너지의 방사선을 조사하면 금을 만들 수 있다는 것을 알게 되었다. 그러나 이렇게 금을 만드는 방법은 많은 비용이 요구되어 일반적으로 사용되지는 않는다.

(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

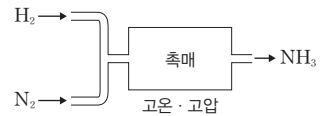
하버·보슈 법

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 1918년, 보슈는 1931년 각각 노벨 화학상을 수상하였다.



정답

1. ○
2. ×
3. ○

(3) 화학과 의류 문제의 해결

- ① 의류 문제 : 식물에서 얻는 면이나 마, 동물에서 얻는 비단과 같은 천연 섬유는 강도가 낮고, 생산 과정에 많은 시간과 노력이 필요해 합성 섬유보다 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 주로 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"> • 흡습성이 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 물로부터만 들며, 강철보다 강하다.'라는 주목을 받았다. 나일론은 질기고 물을 흡수해도 팽창하지 않으며 오랫동안 변하지 않는 장점이 있어 여러 가지 의류뿐만 아니라 밧줄, 전선, 그물 등 산업용으로 다양하게 이용된다. 그러나 고온에 비교적 민감하여 쉽게 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 점토를 섞어 만든 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

④ 합성 섬유

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

⑤ 건축 재료의 개발

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

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

2. ()는 시멘트에 물, 모래, 자갈 등을 섞은 건축 재료이다.

※ ○ 또는 ×

3. 합성 섬유는 대량 생산이 가능하다. ()

정답

1. 나일론
2. 콘크리트
3. ○

개념 체크

탄소 화합물

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

1. 탄소 화합물은 () 원자가 기본 골격을 이룬다.

2. 탄소 원자 1개는 최대로 다른 원자 ()개와 결합할 수 있다.

※ ○ 또는 ×

3. 어떤 물질을 완전 연소시켰을 때 물이 생성되었다면 수소는 그 물질의 성분 원소 중 하나이다. ()

4. 탄소를 완전 연소시키면 ()가 생성된다.

정답

- 탄소(C)
- 4
-
- 이산화 탄소

2 탄소 화합물의 유용성

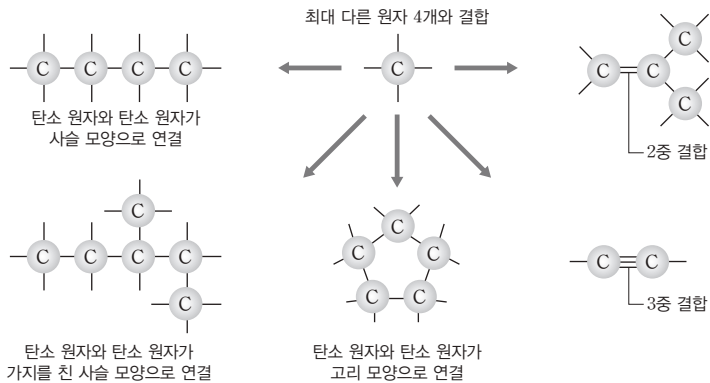
(1) 탄소 화합물 : 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 인(P), 할로젠 등이 공유 결합하여 이루어진 화합물이다.

예) 아미노산, DNA, 합성 섬유 등

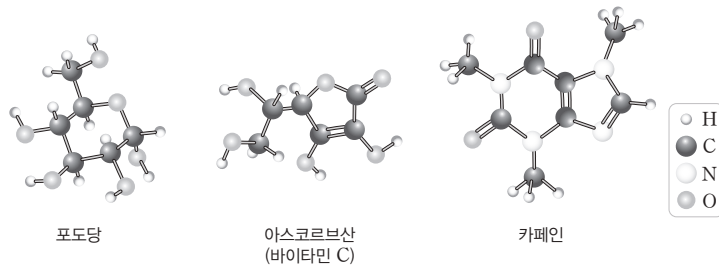
(2) 탄소 화합물의 다양성

① 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.

② 구성 원소의 종류는 적더라도 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(CO₂)와 물(H₂O)이 생성된다.

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

② 여러 가지 탄화수소의 특징과 이용

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

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	

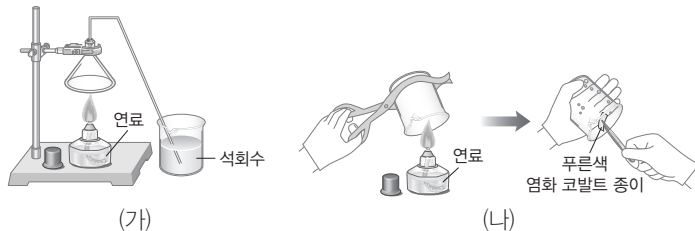
- LNG(액화 천연 가스) : 끓는점이 매우 낮아 쉽게 기화되기 때문에 액화시키기 어려워 용기에 넣어 저장하거나 운반하지 않고 주로 가스관을 통해 공급한다.
- LPG(액화 석유 가스) : 끓는점이 메테인보다 높아 비교적 쉽게 액화되므로 용기에 담아 저장하거나 운반한다.
- 겨울철 LPG의 이용 : 겨울철에는 여름철보다 프로페인 비율을 높여 공급한다. 끓는점이 -0.5°C인 뷰테인은 온도가 낮아지면 기화되기 어려운 반면, 상대적으로 끓는점이 낮은 프로페인은 기화되기 쉬우므로 겨울철에는 프로페인의 비율을 여름철보다 약간 높이면 사용하기에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

탐구자료 살펴보기

연료의 연소 생성물 확인

실험 과정

- (가) 그림과 같이 연료를 연소시켜 발생하는 기체를 석회수에 통과시킨다.
 (나) 그림과 같이 연료가 연소될 때 비커를 거꾸로 씌웠다가 비커 안쪽에 액체 방울이 생기면 푸른색 염화코발트 종이를 대어 본다.

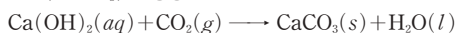


실험 결과

(가)에서 석회수가 뿌옇게 흐려졌고, (나)에서 푸른색 염화코발트 종이가 붉게 변하였다.

분석 point

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



- 푸른색 염화코발트 종이는 물에 의해 붉게 변하므로 생성된 액체는 물이다.

개념 체크

탄화수소의 연소

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

- ()은 가장 간단한 탄화수소로 천연 가스의 주성분이다.
- 푸른색 염화코발트 종이에 ()을 묻히면 붉은 색으로 변한다.
- 탄화수소의 완전 연소 생성물 중 ()를 석회수에 통과시키면 석회수가 뿌옇게 흐려진다.

정답

- 메테인(CH₄)
- 물(H₂O)
- 이산화탄소(CO₂)

개념 체크

▶ 에탄올

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

▶ 아세트산

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

1. 에탄올을 완전 연소시키면 ()와/과 ()이/가 생성된다.

※ ○ 또는 ×

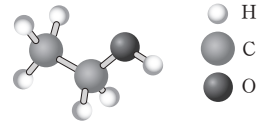
2. 아세트산은 식초의 원료이다. ()

3. 에탄올을 물에 녹인 수용액은 염기성이다. ()

4. 분자당 탄소 원자 수는 아세트산이 에탄올보다 크다. ()

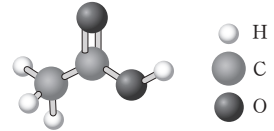
③ 에탄올(C_2H_5OH) : 탄화수소인 에테인(C_2H_6)에서 H 원자 1개 대신 $-OH$ 가 탄소 원자에 결합되어 있다.

- 술의 주성분으로, 효모를 이용하여 과일이나 곡물 속에 포함된 당을 발효시켜 만든다.
- $25^\circ C$ 에서 무색 액체로 존재하며 수용액의 액성은 중성이다.
- 소독용 알코올, 약품의 원료, 용매, 연료 등으로 사용한다.



④ 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.
- $25^\circ C$ 에서 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.



⑤ 그 밖의 탄소 화합물

탄소 화합물	폼알데하이드(CH_2O)	아세톤(C_3H_6O)
분자 모형	<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.
특징	<ul style="list-style-type: none"> • $25^\circ C$에서 무색 기체로 자극적인 냄새가 난다. • 물에 잘 용해된다. • 플라스틱, 가구용 접착제 등의 원료로 사용된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • $25^\circ C$에서 무색 액체로 특유의 냄새가 난다. • 물에 잘 용해된다. • 탄소 화합물을 녹이는 용매나 매니큐어 제거제로 사용된다.

과학 돋보기

C, H, O로 이루어진 탄소 화합물의 완전 연소

탄화수소나 C, H, O로 이루어진 탄소 화합물이 완전 연소할 때, C와 H 원자가 O 원자와 결합하므로 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성되며, 생성되는 CO_2 와 H_2O 의 분자 수는 각각 탄소 화합물의 분자당 C와 H의 원자 수에 비례한다.

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

정답

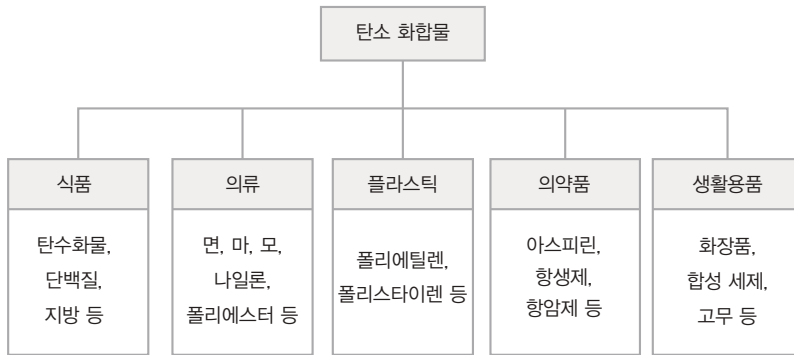
1. 이산화탄소, 물
2. ○
3. ×
4. ×

(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 물질은 플라스틱, 의약품, 화장품, 페인트, 합성 고무 등 다양한 석유 화학 제품의 원료가 된다. 이들 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 아세트산이 반응하여 합성된 탄소 화합물로 해열제나 진통제로 사용된다.

개념 체크

➔ 플라스틱

나프타를 원료로 하여 합성한 탄소 화합물이다.

➔ 아스피린

살리실산과 아세트산을 반응시켜 합성한 탄소 화합물이다.

※ ○ 또는 ×

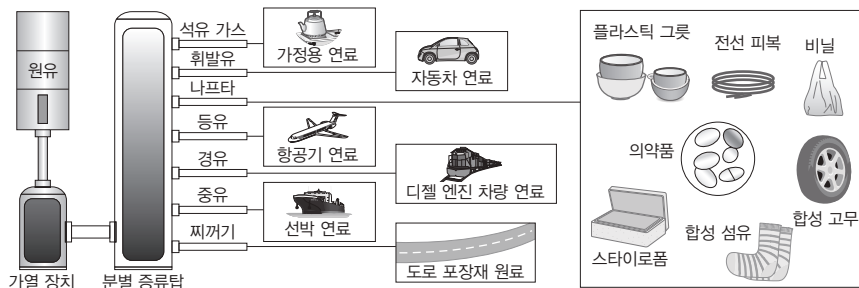
1. 원유는 탄화수소의 혼합물이다. ()

2. 탄수화물과 아스피린에는 공통적으로 (), 수소, 산소 원소가 포함되어 있다.

과학 돌보기

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, 탄화수소 분자당 탄소 원자 수가 많을수록 끓는점이 높아지므로 탄소 원자 수가 적은 탄화수소는 끓는점이 낮아 먼저 기화하여 증류탑의 위쪽에서 액화되고, 탄소 원자 수가 많아 끓는점이 높은 물질은 증류탑의 아래쪽에서 액화된다.
- 분자당 탄소 수가 클수록 끓는점이 높으므로 분별 증류탑의 아래쪽에서 분리되어 나온다.
- 원유에서 분리되어 나오는 탄화수소 중 나프타는 여러 가지 석유 화학 제품의 원료로 사용된다.



정답

-
- 탄소

[26024-0001]

01 다음은 화학이 인류의 식량 문제 해결에 기여한 사례에 대한 설명이다.

㉠ 기체와 수소 기체를 반응시켜 질소 비료의 원료인 ㉡을/를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 질소이다.
- ㄴ. ㉡의 화학식은 NH_3 이다.
- ㄷ. ㉡은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0002]

02 표는 3가지 건축 재료에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 시멘트와 콘크리트를 순서 없이 나타낸 것이다.

재료	설명
(가)	석회석과 점토를 섞어 만들며, 건축과 토목에서 접착제로 사용한다.
(나)	㉠에 모래, 자갈, 물 등을 섞어 만든다.
스타이로폼	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)는 시멘트이다.
- ㄴ. (나)에 철근을 넣으면 강도가 높아진다.
- ㄷ. ‘가볍고 단열 효과가 뛰어나다.’는 ㉡으로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0003]

03 다음은 플라스틱병 재활용에 대한 설명이다.

최근에는 환경을 보호하기 위한 방법 중 하나로 ㉠플라스틱병을 활용하여 옷을 만드는 기술이 주목받고 있다. 플라스틱병 중 일부는 세척하고 가공하는 등의 정제 과정을 거치면 ㉡폴리에스터를 얻을 수 있어 옷, 신발 등을 제작하는 데 활용한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 탄소 화합물이다.
- ㄴ. ㉡은 천연 섬유이다.
- ㄷ. ㉡은 대량 생산이 가능하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0004]

04 다음은 2가지 물질에 대한 자료이다.

- ㉠아세트산(CH_3COOH)은 아스피린 등 의약품의 제조에 사용된다.
- ㉡포름알데하이드($HCHO$)는 새로 지어진 건물에서 발생하는 유해 화학 물질로 새집증후군의 대표적인 원인이다.

㉠과 ㉡에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠을 물에 녹이면 산성 수용액이 된다.
- ㄴ. 모두 탄소 화합물이다.
- ㄷ. 완전 연소시켰을 때, 생성물의 종류는 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0005]

05 다음은 액화 천연 가스(LNG)와 액화 석유 가스(LPG)의 성분에 대한 설명이다. ㉠과 ㉡은 메테인(CH₄)과 프로페인(C₃H₈)을 순서 없이 나타낸 것이다.

LNG는 천연 가스를 액화시킨 것으로 주성분은 ㉠이고, LPG는 원유를 정제하여 얻을 수 있으며, 주성분은 ㉡와/과 뷰테인(C₄H₁₀)이다. LNG는 LPG에 비해 대기 오염 물질인 이산화황(SO₂)의 배출량이 적어 환경 친화적이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶
 가. ㉠은 메테인(CH₄)이다.
 나. ㉡을 완전 연소시켰을 때, 생성되는 $\frac{\text{CO}_2 \text{ 분자 수}}{\text{H}_2\text{O 분자 수}} > 1$ 이다.
 다. ㉠~㉡은 모두 탄소 화합물이다.

- ① 가 ② 나 ③ 가, 나
 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

[26024-0006]

06 다음은 3가지 물질에 대한 자료이다.

- 유리는 모래에 포함된 이산화 규소(SiO₂)를 원료로 만든다.
- 나일론은 최초의 (가) (으)로, 질기고 오랫동안 변하지 않는 장점이 있다.
- 플라스틱은 가볍고 녹슬지 않는 특징이 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶
 가. ㉠은 탄소 화합물이다.
 나. '합성 섬유'는 (가)로 적절하다.
 다. ㉡은 대량 생산이 가능하다.

- ① 가 ② 나 ③ 다
 ④ 가, 나 ⑤ 나, 다

[26024-0007]

07 다음은 물질 X에 대한 자료이다.

에탄올(C₂H₅OH)을 발효시키면 X가 생성되는데, 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



X는 물에 녹이면 ㉠ 수용액이 되며, 식초의 성분으로 사용한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶
 가. X를 구성하는 원소는 2가지이다.
 나. X는 의약품의 제조에 사용된다.
 다. '염기성'은 ㉠으로 적절하다.

- ① 가 ② 나 ③ 다
 ④ 가, 나 ⑤ 나, 다

[26024-0008]

08 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 암모니아(NH₃), 에탄올(C₂H₅OH), 포도당(C₆H₁₂O₆)을 순서 없이 나타낸 것이다.

분자	설명
(가)	식물의 광합성을 통해 생성된다.
(나)	질소 비료의 원료이다.
(다)	의료용 소독제로 사용된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶
 가. (가)는 포도당(C₆H₁₂O₆)이다.
 나. 구성 원소의 가짓수는 (가) > (나)이다.
 다. $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 의 비는 (나) : (다) = 9 : 8이다.

- ① 가 ② 나 ③ 가, 나
 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

[26024-0009]

탄소 화합물을 완전 연소시키면 CO₂가 생성된다.

01 다음은 온실 가스 감축을 위한 기술에 대한 자료이다.

- 소의 배설물에서 ㉠메테인(CH₄) 기체를 추출하여 연료로 사용할 수 있는 기술이 연구되고 있다.
- 대기에서 ㉡이산화 탄소(CO₂) 기체를 포집하여 드라이아이스로 활용하는 기술이 연구되고 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

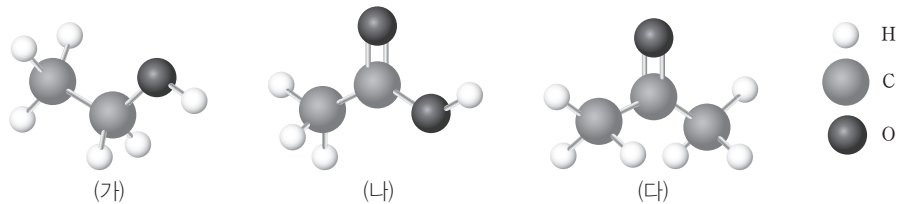
- ㄱ. ㉠은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.
- ㄴ. ㉠은 탄소 화합물이다.
- ㄷ. ㉠을 완전 연소시키면 ㉡이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

CH₃COOH의 수용액은 산성이다.

[26024-0010]

02 그림은 (가)~(다)의 분자 구조를 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다)는 아세톤(CH₃COCH₃), 아세트산(CH₃COOH), 에탄올(C₂H₅OH)을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

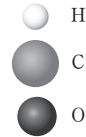
- ㄱ. (가)는 에탄올(C₂H₅OH)이다.
- ㄴ. (나)의 수용액은 산성이다.
- ㄷ. 완전 연소시켰을 때, 생성되는 $\frac{\text{CO}_2 \text{ 분자 수}}{\text{H}_2\text{O} \text{ 분자 수}}$ 는 (나)와 (다)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0011]

03 표는 물질 (가)와 (나)의 분자 모형과 일상생활에서 이용하는 사례를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 에탄올(C_2H_5OH)과 뷰테인(C_4H_{10})을 순서 없이 나타낸 것이다.

물질	(가)	(나)
분자 모형		
사례	파라핀과 혼합하여 고체 연료로 이용한다.	㉠



C와 H로 구성된 화합물을 완전 연소시키면 CO_2 와 H_2O 이 생성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

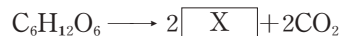
- ㄱ. (가)는 뷰테인이다.
 ㄴ. '휴대용 연료로 이용한다.'는 ㉠으로 적절하다.
 ㄷ. 완전 연소시켰을 때, 생성물의 종류는 (가)와 (나)가 서로 다르다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0012]

04 다음은 물질 X에 대한 자료이다.

옥수수수와 같은 식물성 원료를 발효시켜 얻는 X는 화석 연료를 대체하는 연료로 주로 사용된다. 원료의 포도당($C_6H_{12}O_6$)을 발효시키면 다음과 같은 반응이 일어나 X를 얻을 수 있다.



X는 에탄올(C_2H_5OH)이다.

X에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 탄소 화합물이다.
 ㄴ. 살균 작용을 한다.
 ㄷ. 수용액은 산성이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

수능 3점 테스트

[26024-0013]

$\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$,
 HCHO 가 각각 3, 2이다.

05 표는 탄소 화합물 (가)와 (나)를 구성하는 원자 수에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)과 포알데하이드(HCHO)를 순서 없이 나타낸 것이다.

탄소 화합물	(가)	(나)
$\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$	2	
$\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$		$\frac{1}{6}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)는 포알데하이드(HCHO)이다.
- ㄴ. (나)는 의료용 소독제로 사용된다.
- ㄷ. 완전 연소시켰을 때 생성물의 종류는 (가)와 (나)가 같다.

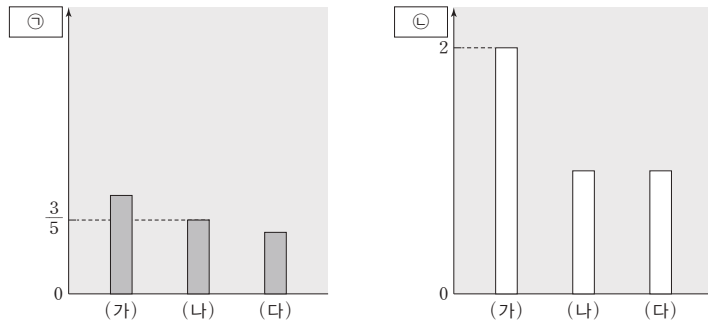
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

완전 연소시켰을 때 생성되는
 $\frac{\text{H}_2\text{O 분자 수}}{\text{CO}_2 \text{ 분자 수}}$ 는 CH_4 ,
 CH_3COOH , CH_3COCH_3 이
 각각 2, 1, 10이다.

[26024-0014]

06 그림은 분자 (가)~(다)의 ㉠과 ㉡을 각각 나타낸 것이다. (가)~(다)는 메테인(CH_4), 아세트산(CH_3COOH), 아세톤(CH_3COCH_3)을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 각각 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$,

완전 연소시켰을 때 생성되는 $\frac{\text{H}_2\text{O 분자 수}}{\text{CO}_2 \text{ 분자 수}}$ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉡은 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 이다.
- ㄴ. (나)는 아세톤(CH_3COCH_3)이다.
- ㄷ. (다)는 식초의 성분이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

화학식량과 몰

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 존재한다. 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)	 (2)	 (3)	 (4)

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

(1) 원자량

① 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.

② 원자량을 사용하는 까닭 : 원자 1개의 실제 질량은 매우 작아서 원자 1개의 질량을 직접 측정하기 어렵고, 그대로 사용하기에는 매우 불편하다. 따라서 기준이 되는 원자와 비교한 상대적인 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

질량수(양성자수 + 중성자수)가 12인 C 원자의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 비교한 원자의 상대적인 질량이다.

1. 원자량은 질량수가 12인 탄소(C) 원자의 원자량을 () 로 정하여 기준으로 삼는다.

※ ○ 또는 ×

2. 원자량의 단위는 g이다. ()

3. 질량수가 12인 탄소 원자 1개와 질량수가 1인 수소 원자 12개의 질량이 같을 때 질량수가 1인 수소 원자의 원자량은 1이다. ()

정답

1. 12
2. ×
3. ○

개념 체크

➔ 분자량

분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합하여 구한다.

➔ 화학식량

분자가 아닌 물질의 경우에는 화학식에 표시된 구성 원자의 원자량을 합하여 구한다.

1. 다음 물질의 화학식량을 구하시오. (단, H, C, O, Ca의 원자량은 각각 1, 12, 16, 40이다.)

- (1) CH₄
- (2) CO₂
- (3) H₂O
- (4) CaCO₃

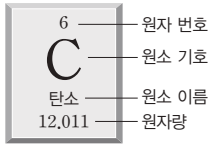
※ ○ 또는 ×

2. 흑연(C)과 다이아몬드(C)의 화학식량은 모두 12로 같다. ()

3. 분자량은 물(H₂O)이 산소(O₂)보다 크다. (단, H, O의 원자량은 각각 1, 16이다.) ()

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 원자량이고, 주기율표에 주어진 각 원소의 원자량은 평균 원자량이다.

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

¹²C의 존재 비율 ¹³C의 존재 비율
¹²C의 원자량 ¹³C의 원자량

(2) 분자량

분자의 상대적인 질량을 나타내는 값으로, 분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합한 값이다. 분자량도 상대적인 질량이므로 단위가 없다.

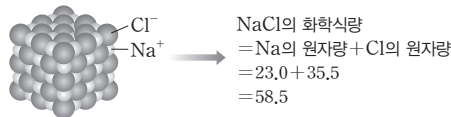
분자(분자식)	산소(O ₂)	물(H ₂ O)	암모니아(NH ₃)
분자 모형			
구성 원자 (원자량)	O (16) O (16)	O (16) H (1) H (1)	N (14) H (1) H (1) H (1)
분자량	16 × 2 = 32	16 + (1 × 2) = 18	14 + (1 × 3) = 17

(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.

예 염화 나트륨은 Na⁺과 Cl⁻이 1 : 1의 개수비로 연속적으로 결합하여 결정체를 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) 18 (4) 100
- 2. ○
- 3. ×

2 물

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

- 묶음 단위를 사용하는 까닭 : 원자, 분자, 이온은 매우 작고 가벼워서 물질의 질량이 작아도 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.

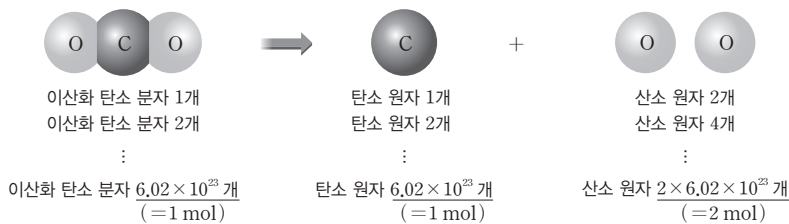
(3) **몰과 입자 수** : 원자, 분자, 이온 등 입자의 종류와 관계없이 입자 1 mol에는 그 입자가 6.02×10^{23} 개 들어 있다.

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 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개	 분자 2 mol	분자 2 mol = 분자 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 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

몰(mol)

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

아보가드로수

입자 1 mol을 나타내는 수인 6.02×10^{23} 이다.

1. 탄소(C) 원자 6.02×10^{23} 개의 양은 () mol이다.

2. 다음 입자의 양(mol)을 구하시오.

- 물(H_2O) 분자 1 mol에 들어 있는 H 원자
- 이산화 탄소(CO_2) 분자 1 mol에 들어 있는 전체 원자

3. 다음의 입자 수를 구하시오.

- 수소(H_2) 기체 1 mol에 들어 있는 H 원자 수
- 메테인(CH_4) 2 mol에 들어 있는 전체 원자 수

정답

- 1
- (1) 2 mol (2) 3 mol
- (1) $2 \times 6.02 \times 10^{23}$
(2) $10 \times 6.02 \times 10^{23}$

개념 체크

① 1 mol의 질량

물질의 화학식량 뒤에 그램(g) 단위를 붙인 질량이다.

1. 다음 물질의 질량(g)을 구하시오.

(단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)

- (1) 물(H₂O) 1 mol의 질량
- (2) 이산화 탄소(CO₂) 0.5 mol의 질량
- (3) 메테인(CH₄) 분자 6.02 × 10²³개의 질량

※ ○ 또는 ×

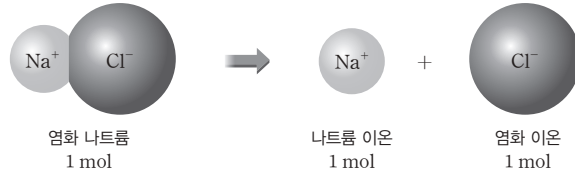
※ C, N, O, Na, Cl의 원자량은 각각 12, 14, 16, 23, 35.5이다.

2. 1 mol의 질량은 CO₂와 N₂O가 같다. ()

3. 화학식량이 58.5인 NaCl 1 mol에 들어 있는 Na⁺의 질량은 35.5 g이다. ()

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.



(4) 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 양(mol)과 질량 관계

		→		+	
	이산화 탄소 분자		산소 원자		탄소 원자
물질의 양(mol)	1		2		1
입자 수	6.02 × 10 ²³		2 × 6.02 × 10 ²³		6.02 × 10 ²³
질량	44 g		2 × 16 g = 32 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. (1) 18 g (2) 22 g (3) 16 g
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.

$\begin{array}{ccc} \text{원자, 분자, 이온} & \begin{array}{c} \div N_A \\ \times N_A \end{array} & \text{원자, 분자, 이온} \\ \text{1 mol의 질량(g)} & & \text{1개의 질량(g)} \end{array}$	<p>☞ 산소 원자(O) 1 mol의 질량(g) = 산소 원자(O) 1개의 질량(g) $\times N_A$</p> <p>• 물 분자(H₂O) 1개의 질량(g) = 물 분자(H₂O) 1 mol의 질량(g) $\div N_A$</p>
--	---

☞ 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 개수 비, 구성 원소의 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 개수 비	C : H = 1 : 4	C : O = 1 : 2
구성 원소의 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 수 비

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

개념 체크

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

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

※ H, C, N, O, Ca의 원자량은 각각 1, 12, 14, 16, 40이다.

1. 다음 물질의 질량(g)을 구하시오.

- (1) 물(H₂O) 2 mol의 질량
- (2) 탄산 칼슘(CaCO₃) 1 mol의 질량

※ ○ 또는 ×

2. 1 mol의 질량은 질소(N₂) 기체가 산소(O₂) 기체보다 크다. ()

3. 암모니아(NH₃) 2 mol에 들어 있는 N의 질량은 28 g이다. ()

정답

- 1. (1) 36 g (2) 100 g
- 2. ×
- 3. ○

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 이산화탄소(CO₂) 기체 22.4 L가 있다.
 다음 값을 구하시오. (단, C, O의 원자량은 각각 12, 16이다.)
 (1) CO₂ 분자의 양(mol)
 (2) CO₂의 질량(g)
 (3) C의 질량(g)

※ ○ 또는 ×

2. 0°C, 1 atm에서 H₂ 1 mol과 O₂ 1 mol의 부피는 같다. ()
3. 0°C, 1 atm에서 N₂ 1 mol과 CO₂ 1 mol의 질량은 같다. (단, C, N, O의 원자량은 각각 12, 14, 16이다.) ()

정답

1. (1) 1 mol (2) 44 g (3) 12 g
 2. ○
 3. ×

(5) 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 × 10²³개의 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 × (6.02 × 10 ²³)	2 × (6.02 × 10 ²³)	4 × (6.02 × 10 ²³)	3 × (6.02 × 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 × 10²³으로 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.

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

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

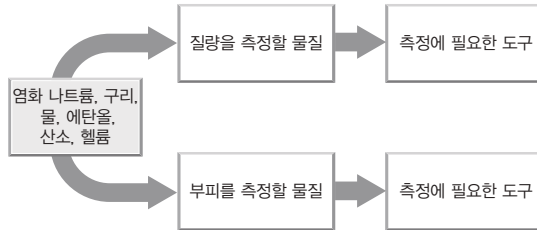
- 예) C₂H₆(분자량 : 30) 기체 2 mol의 입자 수, 질량, 부피
- 분자 수 : 2 × 6.02 × 10²³
 - 질량 : 2 × 30 g
 - 기체의 부피 : 2 × 22.4 L (0°C, 1 atm)

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, 약순가락, 시약포지, 전자저울, 자

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



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

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

구분	질량 측정	부피 측정
물질	염화 나트륨, 구리, 물, 에탄올	산소, 헬륨
측정에 필요한 도구	전자저울, 시약포지, 약순가락, 비커	풍선, 자

2. 측정한 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	0°C, 1 atm 에서 부피 22.4 L	0°C, 1 atm 에서 부피 22.4 L

- 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⁻¹)
- ➔ 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. 다음 물질들의 값을 구 하시오. (단, H, C, N, O, Ca의 원자량은 각각 1, 12, 14, 16, 40이다.)
- 0°C, 1 atm에서 메테인(CH₄) 16 g의 부피(L)
 - 물(H₂O) 9 g에서 H 원자의 양(mol)
 - 0°C, 1 atm에서 질소(N₂) 기체 2 mol의 부피(L)
 - 탄산 칼슘(CaCO₃) 10 g의 양(mol)

※ ○ 또는 ×

2. 메테인(CH₄) 기체 16 g의 부피는 온도와 압력에 따라 달라질 수 있다. ()
3. 물 18 g과 얼음 18 g에 들어 있는 H₂O의 양(mol)은 같다. ()

정답

1. (1) 22.4 L (2) 1 mol
 (3) 44.8 L (4) 0.1 mol
 2. ○
 3. ○

개념 체크

④ 0°C, 1 atm에서 기체의 분자량을 구하는 방법

기체의 부피가 22.4 L일 때 질량을 구하면 분자량을 구할 수 있다.

⑤ 기체의 온도와 압력이 같을 때, 같은 부피의 기체의 질량비는 분자량비와 같다.

⑥ 기체의 온도와 압력이 같을 때, 기체의 밀도비는 분자량비와 같다.

1. 0°C, 1 atm에서 1 g의 부피가 11.2 L인 기체 A의 분자량은 ()이다.

2. 같은 온도와 압력에서 분자량이 44인 이산화 탄소(CO₂) 기체와 밀도가 같은 기체의 분자량은 ()이다.

※ ○ 또는 ×

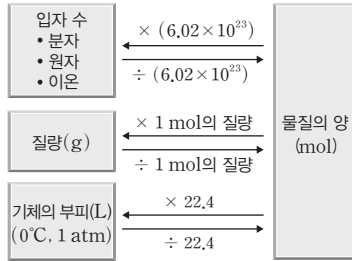
3. 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도비로 분자량비를 구할 수 있다. ()

정답

- 1. 2
- 2. 44
- 3. ○

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} 으로 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

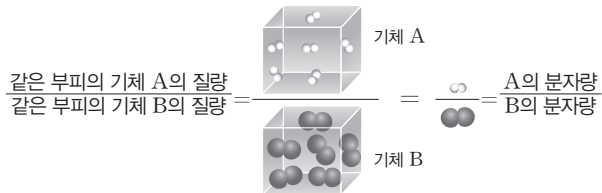
0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이고, 1 mol의 질량은 분자량에 g(단위)을 붙인 질량에 해당하므로 기체 22.4 L의 질량을 계산하여 분자량을 구할 수 있다.

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.)

→ $\frac{\text{X 12 L의 질량}(8 \text{ g})}{\text{O}_2 \text{ 12 L의 질량}(16 \text{ g})} = \frac{\text{X의 분자량}}{\text{O}_2 \text{의 분자량}} = \frac{\text{X의 분자량}}{32}$ 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 $\frac{4}{3} \text{ g/L}$, CO₂의 밀도는 $\frac{11}{6} \text{ g/L}$ 이므로 $\frac{\text{기체 X의 밀도}}{\text{기체 CO}_2 \text{의 밀도}} = \frac{8}{11}$ 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.

[26024-0015]

01 다음은 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 실린더에 들어 있는 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 전체 원자 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

- (가) CO_2 22 g
(나) N_2 x L

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, C, N, O의 원자량은 각각 12, 14, 16이고, $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 (가)의 부피는 24 L이다.
ㄴ. $x=36$ 이다.
ㄷ. 기체의 질량은 (가)가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0016]

02 표는 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다. (나)는 Y와 Z로 구성된 삼원자 분자이다.

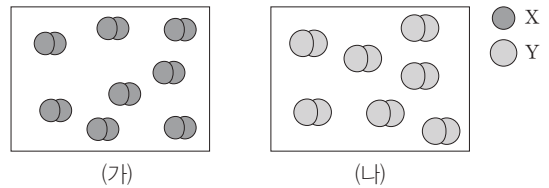
기체	(가)	(나)	(다)
분자식	XY_4		XZ_2
1 mol의 질량(g)	$4w$		$11w$
$t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서의 밀도(g/L)	$8d$	$9d$	

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

- ① $\frac{1}{16}$ ② $\frac{1}{12}$ ③ $\frac{3}{4}$ ④ $\frac{4}{3}$ ⑤ 12

[26024-0017]

03 그림은 부피가 같은 강철 용기 (가)와 (나)에 기체 X_2 와 Y_2 가 각각 1 g씩 들어 있는 것을 모형으로 나타낸 것이다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 용기 속 기체의 밀도(g/L)는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
ㄴ. 원자량은 X가 Y보다 크다.
ㄷ. $\frac{\text{XY}_2\text{의 분자량}}{\text{X}_2\text{Y의 분자량}} = \frac{23}{22}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0018]

04 표는 자연계에 존재하는 3가지 원자에 대한 자료이다.

원자	^1H	^{12}C	^{16}O
원자량	1.0078	12	15.9949

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

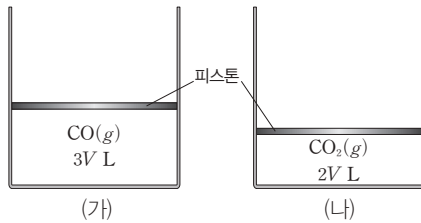
- ㄱ. ^1H 1 mol의 질량은 1.0078 g이다.
ㄴ. ^{16}O 원자 1개의 질량은 ^{12}C 원자 1개의 질량의 15.9949배이다.
ㄷ. $\frac{^1\text{H 원자 16개의 질량}}{^{16}\text{O 원자 1개의 질량}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

수능 2점 테스트

[26024-0019]

05 그림은 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 실린더 (가)와 (나)에 $\text{CO}(g)$ 와 $\text{CO}_2(g)$ 가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 실린더 속 기체의 분자 수 비는 (가) : (나) = 3 : 2이다.
- ㄴ. 실린더에 들어 있는 전체 원자 수는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. 기체 1 g에 들어 있는 C 원자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0020]

06 다음은 3가지 물질의 1 mol에 대한 자료이다.

- $\text{XY}_3(g)$ 17 g
- $\text{X}_2\text{Y}_4(g)$ 32 g
- $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 $\text{X}_2(g)$ 24 L

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

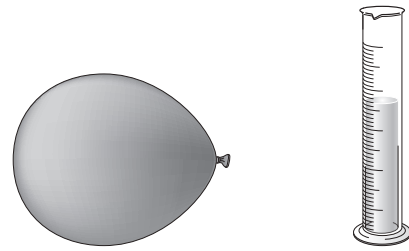
< 보기 >

- ㄱ. $\frac{\text{Y의 원자량}}{\text{X의 원자량}} = \frac{1}{14}$ 이다.
- ㄴ. $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 $\text{X}_2\text{Y}_4(g)$ 12 L의 질량은 16 g이다.
- ㄷ. $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 $\text{Y}_2(g)$ 2 g의 부피는 48 L이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0021]

07 그림 (가)와 (나)는 같은 질량의 2가지 물질을 나타낸 것이다.



(가) 산소(O_2) 1 mol (나) 물(H_2O) x mol

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H와 O의 원자량은 각각 1, 16이고, 아보가드로수는 N_A 이다.)

< 보기 >

- ㄱ. O_2 1 mol에 들어 있는 O 원자 수는 $2N_A$ 이다.
- ㄴ. H_2O x mol에 들어 있는 H 원자의 질량은 2 g이다.
- ㄷ. $\frac{\text{H}_2\text{O } x \text{ mol에 들어 있는 O 원자 수}}{\text{O}_2 \text{ 1 mol에 들어 있는 O 원자 수}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0022]

08 표는 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 실린더 (가)와 (나)에 들어 있는 기체에 대한 자료이다.

실린더	(가)	(나)
기체	X_2, Y_2	Y_2X
부피(상대값)	2	1
기체의 질량(g)	$4w$	㉠
$\frac{\text{X 원자 수}}{\text{Y 원자 수}}$	$\frac{1}{2}$	

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

< 보기 >

- ㄱ. 실린더 속 기체의 분자 수 비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.
- ㄴ. $\frac{\text{(나)에서 Y 원자 수}}{\text{(가)에서 Y 원자 수}} = \frac{3}{4}$ 이다.
- ㄷ. ㉠은 $3w$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0023]

01 표는 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 원자량은 $X > Y$ 이다.

기체	구성 원소	분자당 구성 원자 수	분자량
(가)	X, Y	3	46
(나)	X, Y	2	30

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이고, 아보가드로수는 N_A 이며, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 원자량비는 $X : Y = 8 : 7$ 이다.
 ㄴ. (가) 23 g에 들어 있는 원자 수는 $2N_A$ 이다.
 ㄷ. $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 1 L에 들어 있는 원자 수는 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

분자량이 (가)가 (나)보다 16만큼 크므로 X 또는 Y의 원자량이 16이다.

[26024-0024]

02 표는 2가지 물질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

물질	(가)	(나)
분자식	C_xH_6	C_yH_{2y}
질량(g)	60	70
1 g에 들어 있는 C의 양(mol)	$\frac{1}{15}$	㉠
분자량		28

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

◀ 보기 ▶

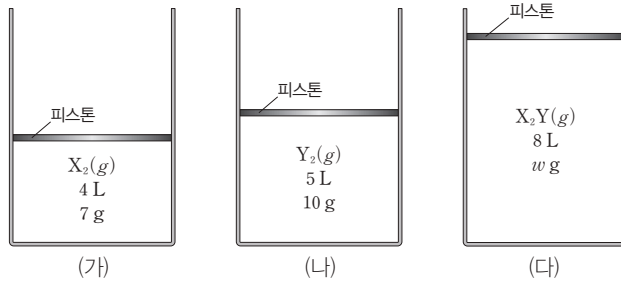
- ㄱ. $x = 2$ 이다.
 ㄴ. ㉠은 $\frac{1}{28}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{\text{(나)에 들어 있는 C의 질량(g)}}{\text{(가)에 들어 있는 C의 질량(g)}} = \frac{4}{5}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

1 g에 들어 있는 분자의 양(mol)은 분자량에 반비례한다.

일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

03 그림은 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 실린더 (가)~(다)에 기체가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다.



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

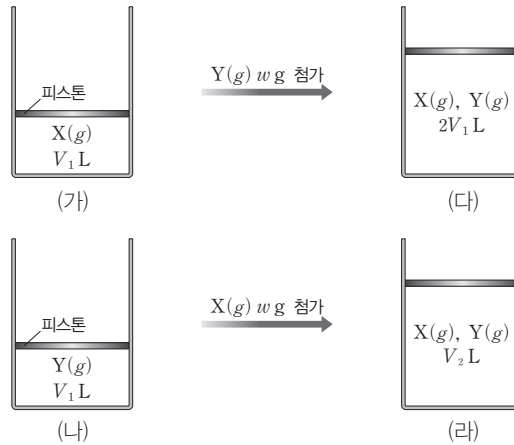
◀ 보기 ▶

- ㄱ. 원자량비는 $X : Y = 7 : 8$ 이다.
- ㄴ. $w = 22$ 이다.
- ㄷ. 기체 1 g에 들어 있는 X 원자 수는 (가) > (다)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

분자량이 큰 기체일수록 같은 질량에 들어 있는 분자의 양(mol)은 작다.

04 그림 (가)와 (나)는 실린더에 각각 X(g)와 Y(g)가 들어 있는 것을, (다)와 (라)는 (가)와 (나)에 각각 Y(g)와 X(g)를 첨가한 것을 나타낸 것이다. $V_2 > 2V_1$ 이다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 분자량은 $Y > X$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 실린더에 들어 있는 기체의 밀도 < (가)에서 실린더에 들어 있는 기체의 밀도 < 1이다.
- ㄷ. (다)에서 실린더에 들어 있는 기체의 질량은 $2w$ g보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0027]

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

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	X_aY_{2a}	X_bY_3	X_2Y_2
질량(g)	10.4	14.2	19.8
부피(L)	2.4	4.8	V
$\frac{Y\text{의 질량}}{X\text{의 질량}}$ (상댓값)	2	3	

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

◀ 보기 ▶

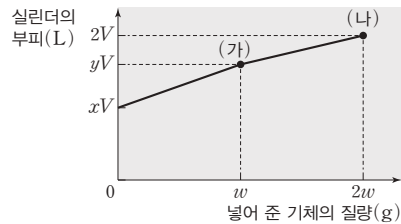
- ㄱ. $b=1$ 이다.
 ㄴ. $V=4.8$ 이다.
 ㄷ. (가)의 분자식은 XY_2 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

두 기체에서 $\frac{Y\text{의 질량}}{X\text{의 질량}}$ 의 비
 는 $\frac{Y\text{의 양(mol)}}{X\text{의 양(mol)}}$ 의 비와 같다.

[26024-0028]

06 그림은 X(g) w g이 들어 있는 실린더에 Y(g) w g과 Z(g) w g을 순서대로 넣었을 때 넣은 기체의 질량에 따른 실린더 속 기체의 부피를 나타낸 것이고, 표는 (가)와 (나)에서 실린더에 들어 있는 기체 1 g의 부피에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 각각 (가)와 (나) 중 하나이고, $y > \frac{3}{2}$ 이며, $\frac{Y\text{의 분자량}}{X\text{의 분자량}} = \frac{5}{3}$ 이다.



지점	㉠	㉡
기체 1 g의 부피(상댓값)	5	6

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하고, X~Z는 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 (가)이다.
 ㄴ. $x=1$ 이다.
 ㄷ. 분자량비는 $Y : Z = 2 : 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

기체 1 g의 부피비는 (가) : (나)
 $= \frac{y}{2w} : \frac{2}{3w}$ 이다.

(가)의 양(mol)은 0.5이고, (가)에 들어 있는 X의 양(mol)은 1.5이다.

07 표는 원소 X~Z로 구성된 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에 들어 있는 X의 양(mol)은 같다.

물질	(가)	(나)	(다)
화학식	X_3Y_6	XY_aZ	X_aY_4Z
화학식량	42	m	44
질량(g)	21	w	
$\frac{Y\text{의 질량}}{X\text{의 질량}}$ (상댓값)		1	1

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

- ① $\frac{1}{15}$ ② $\frac{1}{12}$ ③ 1 ④ $\frac{4}{3}$ ⑤ $\frac{15}{2}$

1 g에 들어 있는 분자 수는 분자량에 반비례한다.

08 표는 원소 X와 Y로 구성된 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

기체	(가)	(나)
분자식	XY_m	X_nY_3
$\frac{Y\text{의 질량}}{X\text{의 질량}}$	$4a$	$3a$
$\frac{Y\text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$	$10b$	$9b$
1 g에 들어 있는 X 원자 수	$19c$	$22c$

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

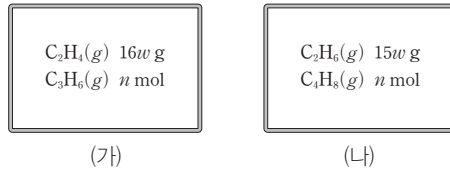
◀ 보기 ▶

- ㄱ. $m \times n = 2$ 이다.
 ㄴ. (가)의 분자식은 XY_2 이다.
 ㄷ. 분자량비는 (가) : (나) = 11 : 19이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0031]

09 그림 (가)와 (나)는 강철 용기에 혼합 기체가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에 들어 있는 전체 기체의 질량은 같다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 $C_3H_6(g)$ 의 질량은 3w g이다.
 ㄴ. 전체 기체의 몰비는 (가) : (나) = 9 : 8이다.
 ㄷ. 전체 기체 1 g에 들어 있는 C 원자 수 비는 (가) : (나) = 19 : 18이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

같은 양(mol)의 C_3H_6 과 C_4H_8 의 질량비는 3 : 4이다.

[26024-0032]

10 다음은 X와 Y로 구성된 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- 0°C, 1 atm에서 (가) 34 g의 부피는 44.8 L이다.
 ○ (나)는 분자당 X와 Y 원자의 수가 같다.
 ○ (나) 1 g에 들어 있는 X 원자의 양은 $\frac{1}{15}$ mol이다.
 ○ (가) 1 mol에 들어 있는 Y 원자의 질량은 3 g이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, 0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X의 원자량과 Y의 원자량의 합은 15이다.
 ㄴ. (가)의 분자식은 XY_3 이다.
 ㄷ. (나) 30 g에 들어 있는 Y의 질량은 2 g이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

분자 1 g에 들어 있는 X 원자의 양(mol)은 $\frac{\text{분자당 X 원자 수}}{\text{분자량}}$ 와 같다.

개념 체크

① 화학 반응식

화학식과 기호를 사용하여 화학 반응을 나타낸 식이다.

② 화학 반응식의 계수

반응물과 생성물에 있는 원자의 종류와 개수가 같도록 맞춘다.

1. 화학 반응식 $A+B \longrightarrow C+D$ 에서 생성물은 () 이다.

※ ○ 또는 ×

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

3. 질소(N_2) 기체와 수소(H_2) 기체가 반응하여 암모니아(NH_3) 기체가 생성되는 반응의 화학 반응식을 쓰시오.

1 화학 반응식

(1) 화학 반응식

화학식과 기호를 사용하여 화학 반응을 나타낸 식이다.

① 화살표(\longrightarrow)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 H_2, 산소 O_2 생성물 : 수증기 H_2O
2단계	반응물은 왼쪽에, 생성물은 오른쪽에 쓰고, 그 사이를 ' \longrightarrow '로 연결한다. 또 반응물이나 생성물이 2가지 이상이면 각 물질을 '+'로 연결한다.	$H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$ 수소+산소 \longrightarrow 수증기
3단계	반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 개수가 같아지도록 화학 반응식의 계수를 맞춘다. 이때 계수는 가장 간단한 자연수비로 나타내고, 1이면 생략한다.	i) 산소 원자의 수를 같게 맞춘다. $H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ ii) 수소 원자의 수를 같게 맞춘다. $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$
4단계	물질의 상태는 () 안에 기호를 써서 화학식 뒤에 표시한다.	고체 : (s), 액체 : (l), 기체 : (g), 수용액 : (aq) $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$

과학 돋보기

복잡한 화학 반응식에서 계수 구하기

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

예) 메탄올(CH_3OH)이 연소하여 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성되는 반응

단계	설명	예시
1단계	반응물과 생성물의 계수를 a, b, x, y 등을 이용하여 나타낸다.	$aCH_3OH + bO_2 \longrightarrow xCO_2 + yH_2O$
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	반응 계수 중 하나를 1로 놓고, 다른 계수를 구한 다음, 구한 계수를 방정식에 대입하여 계수를 가장 간단한 자연수비가 되도록 조정한다.	$a=10$ 이라면, $b=\frac{3}{2}, x=1, y=20$ 이다. $CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ 화살표 양쪽에 2를 곱하여 계수를 가장 간단한 자연수비로 나타낸다. $2CH_3OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 4H_2O$
4단계	각 물질의 상태를 표시하고, 화살표 양쪽의 원자들의 종류와 개수가 같은지 확인한다.	$2CH_3OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 4H_2O(l)$

정답

1. C, D

2. ○

3. $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

(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 수 비와 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 수 비=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)	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </table> \Rightarrow CH ₄ 1 mol과 O ₂ 2 mol이 반응하여 CO ₂ 1 mol과 H ₂ O 2 mol이 생성된다.	1	2	1	2
1	2	1	2		
분자 수	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">6.02×10^{23}</td> <td style="text-align: center;">$2 \times 6.02 \times 10^{23}$</td> <td style="text-align: center;">6.02×10^{23}</td> <td style="text-align: center;">$2 \times 6.02 \times 10^{23}$</td> </tr> </table> \Rightarrow CH ₄ 분자 1개와 O ₂ 분자 2개가 반응하여 CO ₂ 분자 1개와 H ₂ O 분자 2개가 생성된다.	6.02×10^{23}	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$	6.02×10^{23}	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$
6.02×10^{23}	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$	6.02×10^{23}	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$		
기체의 부피(L) (0°C, 1 atm)	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">22.4</td> <td style="text-align: center;">44.8</td> <td style="text-align: center;">22.4</td> <td></td> </tr> </table> \Rightarrow CH ₄ 22.4 L와 O ₂ 44.8 L가 반응하여 CO ₂ 22.4 L가 생성된다.	22.4	44.8	22.4	
22.4	44.8	22.4			
질량(g)	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">1×16</td> <td style="text-align: center;">2×32</td> <td style="text-align: center;">1×44</td> <td style="text-align: center;">2×18</td> </tr> </table> \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 ₂ O 36 g이 생성된다.	1×16	2×32	1×44	2×18
1×16	2×32	1×44	2×18		

1. 반응 몰비와 반응 분자 수 비는 CH₄ : O₂ : CO₂ : H₂O = 1 : 2 : 1 : 2이며, 화학 반응식의 계수비와 같다.
2. 반응물과 생성물이 기체인 경우 온도와 압력이 일정할 때 반응 부피비는 CH₄ : O₂ : CO₂ = 1 : 2 : 1이며, 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 CH₄ : O₂ : CO₂ : H₂O = 4 : 16 : 11 : 90이며, 화학 반응식의 계수비와 같지 않다.

예 질소와 수소가 반응하여 암모니아가 생성되는 반응의 화학 반응식은



- 계수비는 N₂ : H₂ : NH₃ = 1 : 3 : 2이다.
- 반응 몰비와 반응 분자 수 비는 N₂ : H₂ : NH₃ = 1 : 3 : 2이다.
- 일정한 온도와 압력에서 기체의 반응 부피비는 N₂ : H₂ : NH₃ = 1 : 3 : 2이다.
- 반응 질량비는 N₂ : H₂ : NH₃ = 14 : 3 : 17이다.

개념 체크

② 화학 반응식의 계수비=반응 몰비=반응 분자 수 비=반응 부피비(온도와 압력이 같은 기체의 경우)≠반응 질량비

③ 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 CO : O₂ : CO₂ = 2 : 1 : 2이다. ()

정답

1. ×
2. ○
3. ○
4. ×

개념 체크

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

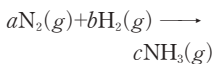
1. $N_2(g) + 2O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$ 에서 반응의 양적 관계가 $N_2 : O_2 : NO_2 = 1 : 2 : 2$ 인 것을 (보기)에서 있는 대로 고르시오. (단, 온도와 압력은 일정하다.)

● 보기 ●

- ㄱ. 반응 몰비
- ㄴ. 반응 분자 수 비
- ㄷ. 반응 질량비
- ㄹ. 반응 부피비

※ ○ 또는 ×

2. 다음은 $N_2(g)$ 와 $H_2(g)$ 의 반응에 대한 화학 반응식이다. (단, $a \sim c$ 는 반응 계수이고, H와 N의 원자량은 각각 1, 14이며, 온도와 압력은 일정하다.)



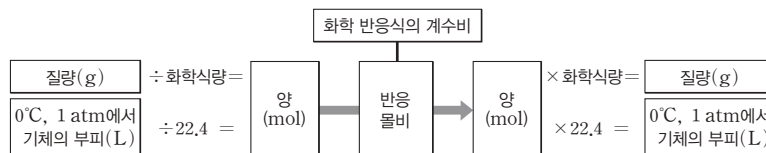
- (1) $a + b > c$ 이다. ()
- (2) N_2 10 g과 H_2 30 g을 완전히 반응시킬 때 생성되는 NH_3 의 질량은 20 g이다. ()
- (3) N_2 28 g이 모두 반응하는 데 필요한 H_2 의 최소 질량은 6 g이다. ()
- (4) 충분한 양의 $N_2(g)$ 로 $NH_3(g)$ 10 L를 생성하는 데 필요한 $H_2(g)$ 의 부피는 15 L이다. ()

정답

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

2 화학 반응에서의 양적 관계

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



(1) 화학 반응에서의 질량 · 질량 관계

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

예 포도당($C_6H_{12}O_6$) 90 g이 생성되는 데 필요한 물(H_2O)의 질량 구하기
 화학 반응식 : $6CO_2(g) + 6H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$

1단계	포도당 90 g의 양(mol)을 구한다.	$양(mol) = \frac{질량}{1\text{ mol의 질량}} = \frac{90\text{ g}}{180\text{ g/mol}} = 0.5\text{ mol}$
2단계	화학 반응식에서 포도당과 물의 반응 몰비를 구하고, 비례식을 이용하여 반응에 필요한 물의 양(mol) x 를 구한다.	$6CO_2(g) + 6H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$ 반응 몰비 6 : 1 물과 포도당의 반응 몰비는 6 : 1 = x : 0.50이므로 $x = 3$ 이다.
3단계	물의 양(mol)으로부터 질량을 구한다.	H_2O 의 질량 = 양(mol) × 1 mol의 질량 = 3 mol × 18 g/mol = 54 g이다.

(2) 화학 반응에서 기체의 부피 · 부피 관계

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

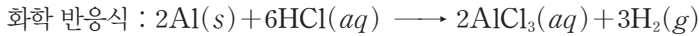
예 일정한 온도와 압력에서 암모니아(NH_3) 30 L가 생성되는 데 필요한 수소(H_2)의 부피 구하기
 화학 반응식 : $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

1단계	화학 반응식의 계수비로부터 수소와 암모니아의 반응 부피비를 구한다.	$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ 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 부피와 화학식량(분자량)을 알면 반응물과 생성물 중 어느 한 물질의 질량이나 부피만 알아도 다른 물질의 질량이나 부피를 구할 수 있다.

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) x 를 구한다.	$\frac{2Al(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)}{\text{반응 몰비} \quad 2 \qquad \qquad \qquad 3}$ 알루미늄(Al)과 수소(H ₂)의 반응 몰비는 2 : 3 = 0.2 : x 이므로 $x = 0.3$ 이다.
3단계	0°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L인 것을 이용하여 수소 기체의 양(mol)으로부터 부피를 구한다.	수소 기체의 부피 = $0.3 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 6.72 \text{ L}$ 이다.

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

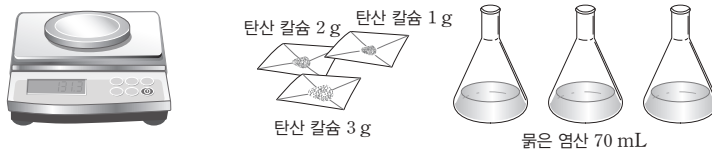
1. 탄산 칼슘 1 g을 충분한 양의 묽은 염산(HCl(aq))과 반응시켰을 때 발생하는 이산화 탄소의 질량을 구하시오.

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

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, 약솜가락



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

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 100g에 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 100g에 녹아 있는 포도당의 질량은 10g이다. ()

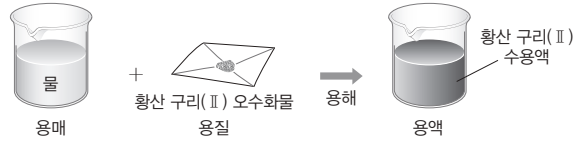
정답

- 1. ○
- 2. ×
- 3. ○

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

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

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

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

예 15% 포도당 수용액 200g에 들어 있는 물과 포도당의 질량

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

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

→ 15% 포도당 수용액 200g은 물 170g과 포도당 30g이 혼합된 수용액이다.

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

과학 돋보기

퍼센트 농도가 같은 수용액에서 입자 수 비교



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

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.

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

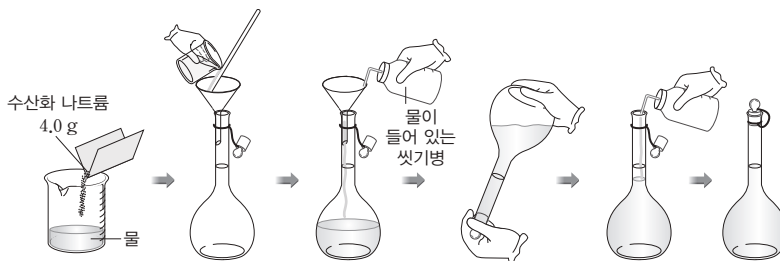
(2) 용액 만들기

특정한 몰 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 표시된 눈금까지 물을 가하고, 용액을 충분히 흔들어 준다.
- ⑥ 실온으로 식힌 후 다시 표시된 눈금까지 물을 채운다.



개념 체크

① 몰 농도

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

② 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)

몰 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. 몰 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. 표시된 눈금까지 용매를 채워 일정한 부피의 용액을 만드는 데 사용하는 실험 기구는 ()이다.

정답

1. 몰 농도
2. ○
3. 0.01
4. 부피 플라스크

개념 체크

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

1. 어떤 용액에 물을 가하여 희석할 때 용액에 녹아 있는 ()의 양(mol)은 변하지 않는다.

2. 몰 농도가 M mol/L인 용액 V L에 물을 가해서 M' mol/L인 용액 V' L가 되었다면 $MV = ()$ 의 관계가 성립한다.

탐구자료 살펴보기

0.1 M 황산 구리(II) 수용액 만들기

0.1 M 황산 구리(II) 수용액을 제조해 보자. 황산 구리(II) 오수화물의 화학식량은 249.70이다.

준비물

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

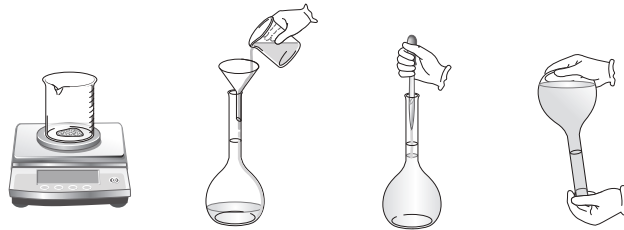
실험과정

(가) 황산 구리(II) 오수화물 24.97 g을 비커에 담아 측정하고, 적당량의 물을 부어 유리 막대로 저어 모두 녹인다.

(나) (가)의 황산 구리(II) 수용액을 깔때기를 이용하여 1000 mL 부피 플라스크에 넣는다. 물로 비커를 씻어 묻어 있는 부피 플라스크에 넣는다.

(다) 부피 플라스크에 물을 채운다. 스포이트를 이용하여 표시된 눈금까지 맞춰 물을 넣는다.

(라) 부피 플라스크의 뚜껑을 닫고, 잘 흔들어 섞어 준다.



실험결과

1. 황산 구리(II) 오수화물의 화학식량이 249.70이므로 물에 녹인 황산 구리(II) 오수화물 24.97 g의 양(mol)은 $\frac{24.97 \text{ g}}{249.7 \text{ g/mol}} = 0.1$ mol이다.

2. 황산 구리(II) 오수화물 0.1 mol이 녹아 있는 용액 전체의 부피가 1 L이므로 황산 구리(II) 수용액의 몰 농도는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.1$ M이다.

분석 point

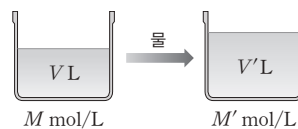
1. 용질의 양(mol) = 몰 농도(mol/L) × 용액의 부피(L)이므로 0.1 M 황산 구리(II) 수용액 1 L를 만드는 데 필요한 황산 구리(II)의 양은 $0.1 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이다.

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 mol/L인 용액 V L에 물을 가하여 몰 농도는 M' mol/L, 부피는 V' L가 되었다면 두 용액에서 용질의 양(mol)은 같으므로 다음 관계가 성립한다.



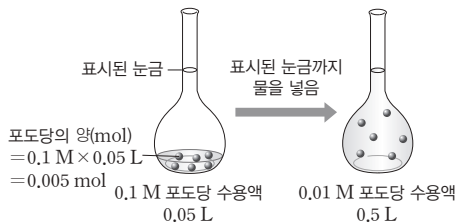
용질의 양(mol) = 몰 농도(mol/L) × 용액의 부피(L)

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

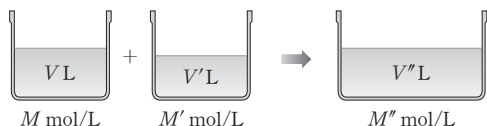
정답

1. 용질
2. $M'V'$

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 몰 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) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{몰 농도(mol/L)}} = \frac{0.005 \text{ mol}}{0.1 \text{ mol/L}} = 0.05 \text{ L}$ 이므로 0.1 M 포도당 수용액 0.05 L가 필요하다.
 - ③ 0.1 M 포도당 수용액 0.05 L를 500 mL 부피 플라스크에 넣고 표시된 눈금까지 물을 채워 용액의 부피를 500 mL로 맞춘다.
- ② 혼합 용액의 몰 농도 : 몰 농도가 서로 다른 두 용액을 혼합하면 용액의 부피와 몰 농도는 달라지지만 혼합 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 각 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다.
- 용액의 몰 농도가 $M \text{ mol/L}$ 인 용액 $V \text{ L}$ 에 $M' \text{ mol/L}$ 인 용액 $V' \text{ L}$ 를 혼합하여 용액의 몰 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 몰 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 몰 농도로부터 용질의 양(mol)을 계산해야 한다.

예 0.1 M AgNO_3 수용액 100 mL가 완전히 반응하는 데 필요한 NaCl 의 질량 구하기

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

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

➔ 용질의 양(mol) = 몰 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 mL가 완전히 반응하는 데 필요한 NaCl 의 최소 질량은 0.585 g이다.

개념 체크

➔ 몰 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 몰 농도는 0.1 M이다. ()

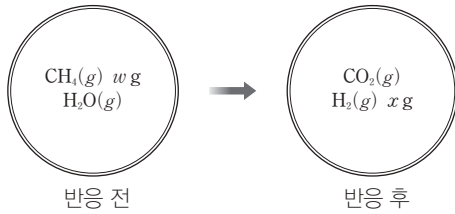
2. 1 M 포도당 수용액 100 mL와 2 M 포도당 수용액 100 mL를 혼합하고 물을 넣어 혼합 용액 300 mL를 만들었다. 이 혼합 용액의 몰 농도를 구하시오.

정답

1. (1) ○ (2) ○
2. 1 M

[26024-0033]

01 그림은 용기에 $\text{CH}_4(g)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 를 넣고 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후 용기에 존재하는 물질을 나타낸 것이다.

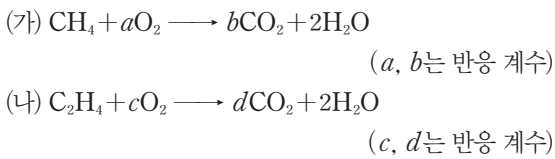


x 는? (단, H, C의 원자량은 각각 1, 12이다.)

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

[26024-0034]

02 다음은 2가지 연소 반응의 화학 반응식이다.



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

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. $a + d = b + c$ 이다.
 - ㄴ. 반응 전 전체 물질의 양(mol) / 반응 후 전체 물질의 양(mol)은 (나) > (가)이다.
 - ㄷ. 1g의 CH_4 과 C_2H_4 를 각각 모두 완전 연소시키기 위해 필요한 O_2 의 최소 질량(g)은 $\text{CH}_4 > \text{C}_2\text{H}_4$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0035]

03 다음은 AB 와 B_2 가 반응하여 A_2B_3 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

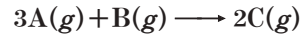


이 반응에서 용기에 AB 2 mol과 B_2 2 mol을 넣고 반응을 완결시켰을 때, $\frac{\text{남은 반응물의 양(mol)}}{\text{생성된 } \text{A}_2\text{B}_3 \text{의 양(mol)}}$ 은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

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

[26024-0036]

04 다음은 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 가 반응하여 $\text{C}(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



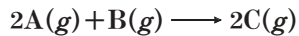
실린더에 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 를 각각 3 mol씩 넣고 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후 같은 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. 단위 부피당 전체 기체의 양(mol)
 - ㄴ. 전체 기체의 밀도
 - ㄷ. $\frac{\text{B}(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[26024-0037]

05 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시킨 실험 I과 II에 대한 자료이다.

실험	반응 전 기체의 질량(g)		반응 후 남은 반응물의 질량(g)
	A(g)	B(g)	
I	4	4	3
II	10	2	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

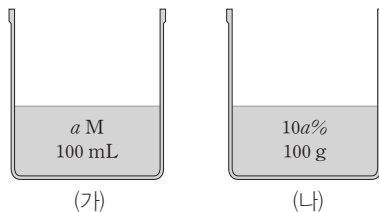
◀ 보기 ▶

- ㄱ. I에서 반응 후 남은 반응물은 B(g)이다.
 ㄴ. 분자량비는 B : C = 2 : 5이다.
 ㄷ. II에서 반응 후 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{4}{5}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0038]

06 그림은 t°C에서 NaOH(aq) (가)와 (나)를 나타낸 것이다. NaOH의 화학식량은 40이고, t°C에서 (나)의 밀도는 1 g/mL이다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에 들어 있는 NaOH의 질량은 4a g이다.
 ㄴ. (나)의 몰 농도는 2.5a M이다.
 ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 몰 농도는 1.5a M보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0039]

07 다음은 A와 B가 반응하여 C가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

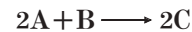
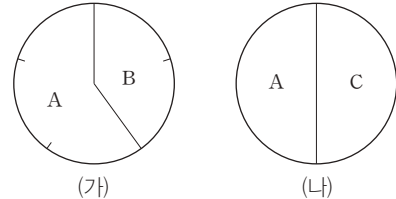


그림 (가)는 반응 전 반응물의 질량비율, (나)는 반응 후 남은 반응물과 C의 몰비를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 화학식량비는 A : B = 3 : 8이다.
 ㄴ. (나)에서 질량비는 A : C = 3 : 7이다.
 ㄷ. $\frac{A \text{의 양(mol)}}{\text{전체 물질의 양(mol)}}$ 은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0040]

08 다음은 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 만드는 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

- (가) NaOH(s) x g을 모두 물에 녹여 0.1 M NaOH(aq) 200 mL를 만들었다.
 (나) (가)의 NaOH(aq) 50 mL에 NaOH(s) y g을 모두 녹이고 물을 넣어 0.2 M NaOH(aq) 100 mL를 만들었다.

$\frac{x}{y}$ 는? (단, 수용액의 온도는 일정하고, NaOH의 화학식량은 40이다.)

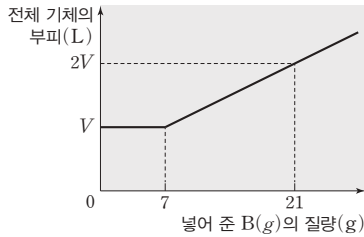
- ① $\frac{1}{3}$ ② $\frac{3}{4}$ ③ 1 ④ $\frac{4}{3}$ ⑤ $\frac{3}{2}$

[26024-0041]

09 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 A(g) 15 g이 들어 있는 실린더에 B(g)를 넣고 반응을 완결시켰을 때, 넣어 준 B(g)의 질량에 따른 전체 기체의 부피를 나타낸 것이다.



$c \times \frac{\text{B의 분자량}}{\text{C의 분자량}}$ 은? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

- ① $\frac{7}{22}$ ② $\frac{7}{11}$ ③ $\frac{15}{22}$ ④ $\frac{14}{11}$ ⑤ $\frac{15}{11}$

[26024-0042]

10 표는 $t^\circ\text{C}$ 에서 A(aq)과 B(aq)에 대한 자료이다. A(aq)과 B(aq)에 들어 있는 용질의 질량은 같고, 화학식량비는 A : B = 2 : 3이며, 두 수용액의 밀도는 같다.

수용액	A(aq)	B(aq)
몰 농도(M)	0.3	x
부피(mL)	100	50

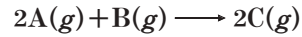
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
 ㄱ. A(aq)에 들어 있는 A의 양은 0.03 mol이다.
 ㄴ. $x = 0.4$ 이다.
 ㄷ. 물의 질량은 A(aq)이 B(aq)의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0043]

11 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 반응물의 질량을 달리하여 반응을 완결시킨 실험 I~III에 대한 자료이다. I과 II에서 반응 후 남은 반응물의 종류는 다르다.

실험	반응 전 반응물의 질량(g)		반응 후 C(g)의 질량(g)
	A(g)	B(g)	
I	4	2	5.5
II	7	5	x
III	10	y	11

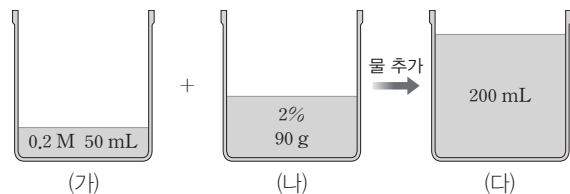
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
 ㄱ. $x + y = 15$ 이다.
 ㄴ. 분자량비는 B : C = 4 : 11이다.
 ㄷ. II와 III에서 반응 후 남은 반응물을 혼합하여 반응을 완결시키면 B(g)가 남는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[26024-0044]

12 그림은 A(aq) (가)와 (나)를 혼합하고 물을 추가하여 200 mL 수용액 (다)를 만드는 것을 나타낸 것이다. A의 화학식량은 60이다.



(다)의 몰 농도(M)는? (단, 온도는 일정하다.)

- ① 0.1 ② 0.2 ③ 0.3
 ④ 0.4 ⑤ 0.5

[26024-0045]

01 다음은 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 금속 $\text{M}(\text{s})$ 과 $\text{HCl}(\text{aq})$ 의 반응에서의 양적 관계를 알아보는 실험이다. H의 원자량은 1이고, $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.

[화학 반응식]



[실험 과정 및 결과]

(가) $\text{HCl}(\text{aq})$ 100 mL가 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 w_1 g이었다.

(나) $\text{M}(\text{s})$ a g을 (가)의 삼각 플라스크에 넣고 $\text{M}(\text{s})$ 이 모두 반응하였을 때 생성된 $\text{H}_2(\text{g})$ 의 부피를 측정하였더니 720 mL이었다.

(다) 반응이 완결된 후 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 w_2 g이었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, M은 임의의 원소 기호이고, 온도와 압력은 각각 $t^{\circ}\text{C}$, 1 atm으로 일정하며, 물의 증발과 물에 대한 H_2 의 용해는 무시한다.)

◀ 보기 ▶

ㄱ. M의 원자량은 $50a$ 이다.

ㄴ. $w_1 - w_2 = 0.06$ 이다.

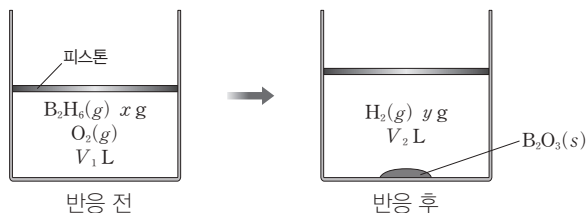
ㄷ. 반응 전 $\text{HCl}(\text{aq})$ 의 몰 농도는 0.6 M 이상이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

생성된 $\text{H}_2(\text{g})$ 의 질량은 반응 전 전체 질량과 반응 후 전체 질량의 차와 같으며, 반응 전 전체 질량은 $(w_1 + a)$ g이다.

[26024-0046]

02 그림은 실린더에 $\text{B}_2\text{H}_6(\text{g})$ 과 $\text{O}_2(\text{g})$ 를 넣고 반응을 완결시켰을 때, 반응 전과 후 실린더에 들어 있는 물질을 나타낸 것이다. 반응 전과 후 전체 기체의 부피는 각각 V_1 L과 V_2 L이다.



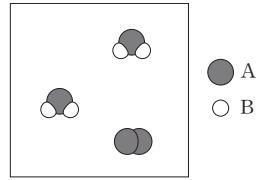
$\frac{y}{x} \times \frac{V_1}{V_2}$ 는? (단, H와 B의 원자량은 각각 1, 11이고, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하며, 고체의 부피는 무시한다.)

- ① $\frac{1}{7}$ ② $\frac{5}{28}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{2}$ ⑤ $\frac{5}{7}$

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

반응 전과 후 전체 질량은 변하지 않으며 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 기체의 밀도는 기체의 양(mol)에 반비례한다.

03 그림은 $A_2(g)$ 와 $B_2(g)$ 가 들어 있는 실린더에서 반응을 완결시켰을 때, 반응 후 실린더 속 기체 10 mL에 들어 있는 기체 분자를 모형으로 나타낸 것이다. 반응 후 생성물은 1가지 기체이고, 분자 모형 1개는 n mol이다.



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

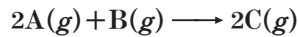
◀ 보기 ▶

- ㄱ. 반응 전 실린더 속 기체 10 mL에 들어 있는 $A_2(g)$ 의 양은 $2n$ mol이다.
- ㄴ. $\frac{\text{반응 후 } AB_2(g)\text{의 양(mol)}}{\text{반응 전 } B_2(g)\text{의 양(mol)}} = 1$ 이다.
- ㄷ. 실린더 속 전체 기체의 밀도비는 반응 전 : 반응 후 = 3 : 4이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

반응 계수비는 반응 몰비와 같으므로 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 값은 물질의 화학식량비와 같다.

04 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



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

반응 전			반응 후		
A(g)의 질량(g)	B(g)의 질량(g)	전체 기체의 부피(L)	B(g)의 질량(g)	C(g)의 질량(g)	전체 기체의 부피(L)
$8a$	$7a$	V_1	b	$2b$	V_2

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

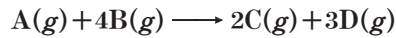
◀ 보기 ▶

- ㄱ. $5a = b$ 이다.
- ㄴ. 분자량비는 B : C = 2 : 5이다.
- ㄷ. $V_1 : V_2 = 11 : 9$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0049]

05 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)와 D(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 실린더에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시킨 실험 I과 II에 대한 자료이다. I과 II에서 반응 후 남은 반응물의 종류는 서로 다르고, II에서 반응 후 생성된 D(g)의 질량은 $\frac{33}{4}w$ g이다.

실험	반응 전		반응 후	
	A(g)의 질량(g)	B(g)의 양(mol)	A(g) 또는 B(g)의 질량(g)	D(g)의 양(mol) 전체 기체의 양(mol)
I	40	4n	5w	$\frac{1}{2}$
II	10	6n	16w	x

$x \times \frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}}$ 은? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

- ① $\frac{2}{9}$ ② $\frac{5}{22}$ ③ $\frac{20}{39}$ ④ $\frac{10}{19}$ ⑤ $\frac{20}{27}$

I과 II에서 반응 후 남은 반응물의 종류가 다르므로 I과 II에서 반응 후 남은 반응물은 각각 A와 B이다.

[26024-0050]

06 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

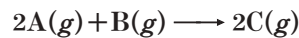
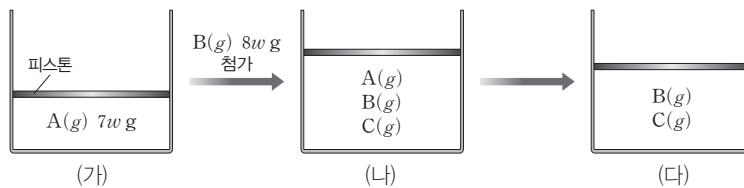


그림 (가)는 실린더에 A(g)를 넣은 것을, (나)는 (가)의 실린더에 B(g) 8w g를 첨가하여 일부가 반응한 것을, (다)는 (나)의 실린더에서 반응을 완결시킨 것을 나타낸 것이다. 실린더 속 전체 기체의 부피비는 (가) : (나) = 4 : 7이고, (가)와 (다)에서 실린더 속 전체 기체의 밀도(g/L)는 각각 d와 xd이며,

$\frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{7}{11}$ 이다.



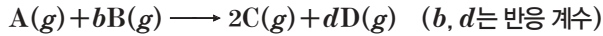
$x \times \frac{(나) \text{의 실린더 속 } A(g) \text{의 질량}(g)}{(다) \text{의 실린더 속 } B(g) \text{의 질량}(g)}$ 은? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

- ① $\frac{5}{11}$ ② $\frac{7}{12}$ ③ $\frac{10}{11}$ ④ $\frac{5}{4}$ ⑤ $\frac{5}{2}$

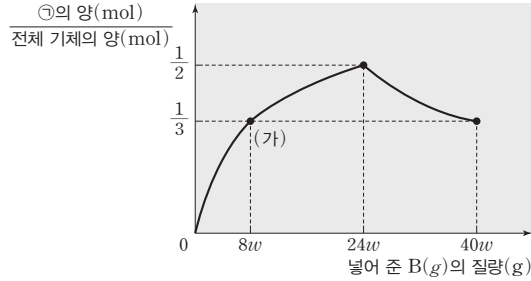
반응 전과 후 질량이 같으므로 A와 C의 분자량을 각각 7M, 11M이라고 하면 B의 분자량은 8M이고, (다)에서 몰비는 B : C = 1 : 2이다.

넣어 준 B의 질량이 $24w$ g일 때 A와 B가 모두 반응하고, 강철 용기에는 C와 D만 존재한다.

07 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)와 D(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 A(g) $7w$ g이 들어 있는 강철 용기에 B(g)를 넣어 반응을 완결시킬 때, 넣어 준 B(g)의 질량에 따른 $\frac{\text{㉠의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 을 나타낸 것이다. ㉠은 C(g)와 D(g) 중 하나이고, (가)에서 생성된 D(g)의 질량은 $3w$ g이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 A(g)와 C(g)의 양(mol)은 같다.
- ㄴ. $b+d=4$ 이다.
- ㄷ. 분자량비는 A : C = 7 : 11이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

Ⅱ에서 A와 B가 모두 반응하고 C만 존재하고, Ⅰ에서 반응 후 존재하는 C의 양(mol)은 Ⅱ의 $\frac{1}{3}$ 배이다.

08 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 A(g) $4w$ g이 들어 있는 용기에 B(g)의 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시킨 실험 Ⅰ~Ⅲ에 대한 자료이다.

실험	넣어 준 B(g)의 질량(g)	반응 후 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$
Ⅰ	w	$\frac{1}{3}$
Ⅱ	$3w$	1
Ⅲ	$4w$	x

$x \times \frac{C \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}}$ 은?

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

[26024-0053]

09 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 실린더에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시킨 실험 I~III에 대한 자료이다. III에서 A(g)와 B(g)는 모두 반응하였다.

실험	반응 전		반응 후	
	A(g)의 양(mol)	B(g)의 질량(g)	A(g) 또는 B(g)의 질량(상대값)	실린더 속 전체 기체의 부피(L)
I	n	w	13	5V
II	n	$2w$	3	9V
III	$2n$	$3w$	0	12V

C의 분자량
A의 분자량

은? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

- ① $\frac{4}{13}$ ② $\frac{5}{13}$ ③ $\frac{8}{13}$ ④ $\frac{10}{13}$ ⑤ $\frac{16}{13}$

[26024-0054]

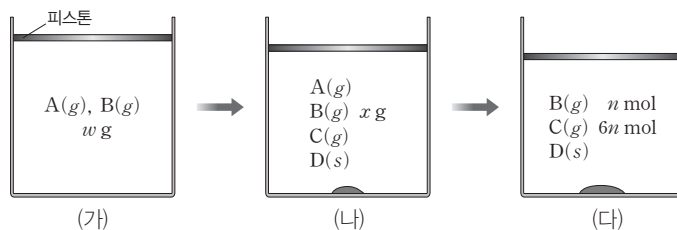
10 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)와 D(s)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림 (가)는 실린더에 전체 기체의 질량이 w g이 되도록 A(g)와 B(g)를 넣은 것을, (나)는 (가)의 실린더에서 일부가 반응한 것을, (다)는 (나)의 실린더에서 반응이 완결된 것을 나타낸 것이다. 실린더 속

전체 기체의 부피비는 (나) : (다) = 15 : 14이고, $\frac{\text{B의 화학식량}}{\text{A의 화학식량}} = \frac{8}{17}$ 이며, (다)에서 D(s)의 질량은

$\frac{7}{20}w$ g이다.



$x \times \frac{\text{D의 화학식량}}{\text{C의 화학식량}}$ 은? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

- ① $\frac{14}{85}w$ ② $\frac{28}{95}w$ ③ $\frac{7}{19}w$ ④ $\frac{7}{17}w$ ⑤ $\frac{17}{19}w$

A $2n$ mol과 B $3w$ g이 모두 반응하므로 I에서는 A가 남고, II에서는 B가 남는다.

A, B, C의 반응 계수가 각각 4, 3, 6이고, (다)에서 C의 양이 $6n$ mol이므로 (가)에서 A와 B의 양은 각각 $4n$ mol, $4n$ mol이다.

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

11 다음은 A(aq)을 만드는 실험이다.

[자료]

○ $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $a\text{ M A(aq)}$ 의 밀도 : $d\text{ g/mL}$

[실험 과정]

(가) $t^{\circ}\text{C}$ 에서 A(s) 10 g을 모두 물에 녹여 A(aq) 100 mL를 만든다.

(나) (가)에서 만든 A(aq) 40 mL에 물을 넣어 $a\text{ M A(aq)}$ 200 mL를 만든다.

(다) (나)에서 만든 A(aq) $w\text{ g}$ 에 A(s) 12 g을 모두 녹이고 물을 넣어 $1.5a\text{ M A(aq)}$ 500 mL를 만든다.

w 는? (단, 온도는 $t^{\circ}\text{C}$ 로 일정하다.)

- ① $50d$ ② $75d$ ③ $100d$ ④ $125d$ ⑤ $150d$

수용액에 물을 넣어 희석시킬 때 용질의 양(mol)은 일정하므로 수용액의 몰 농도는 부피에 반비례한다.

12 표는 A(aq) $x\text{ mL}$ 와 B(aq) 200 mL에 각각 물을 넣어 희석시킬 때, 넣어 준 물의 부피에 따른 A(aq)과 B(aq)의 몰 농도(M)에 대한 자료이다. 화학식량비는 A : B = 3 : 2이다.

넣어 준 물의 부피(mL)		0	V	100
몰 농도(M)	A(aq)	0.3	m	0.1
	B(aq)	0.2	m	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 수용액과 넣어 준 물의 부피의 합과 같다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $x=50$ 이다.
 ㄴ. 용질의 질량비는 A(aq) : B(aq) = 9 : 8이다.
 ㄷ. $m \times V = \frac{20}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0057]

13 표는 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $\text{A}(\text{aq})$ (가)와 (나)에 대한 자료이다.

$\text{A}(\text{aq})$	몰 농도(M)	$\frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용매의 양}(\text{mol})}$	밀도(g/mL)
(가)	$5a$	$2k$	1.1
(나)	$3a$	k	1.05

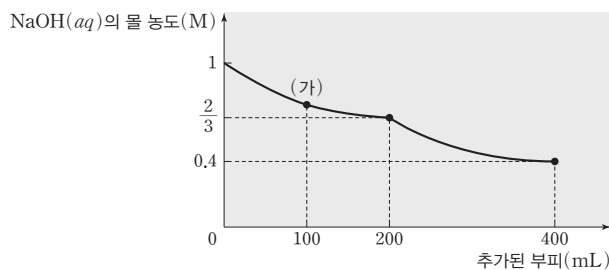
a 는? (단, A 의 화학식량은 40이다.)

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

두 수용액에서
 $\frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용매의 양}(\text{mol})}$ 의 비는
 $\frac{\text{용질의 질량}(\text{g})}{\text{용매의 질량}(\text{g})}$ 의 비와 같다.

[26024-0058]

14 그림은 1 M $\text{NaOH}(\text{aq})$ x mL에 ㉠ 200 mL와 ㉡ 200 mL를 순서대로 추가할 때 ㉠ 또는 ㉡의 추가된 부피에 따른 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 의 몰 농도(M)를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 물과 0.5 M $\text{NaOH}(\text{aq})$ 을 순서 없이 나타낸 것이다.



수용액에 물을 넣어 희석시킬 때 용질의 양(mol)은 일정하므로 수용액의 몰 농도는 부피에 반비례한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH 의 화학식량은 40이고, 수용액의 온도는 일정하며, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 물 또는 수용액의 부피의 합과 같다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 물이다.
 ㄴ. $x=400$ 이다.
 ㄷ. (가)에서 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 의 몰 농도는 0.75 M이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

수능 3점 테스트

[26024-0059]

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이므로 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

15 다음은 용액의 몰 농도에 대한 학생 A와 B의 실험이다.

[학생 A의 실험 과정]

(가) $a \text{ M X}(aq)$ 100 mL에 물을 넣어 200 mL 수용액을 만든다.

(나) (가)에서 만든 수용액 100 mL와 $0.3 \text{ M X}(aq)$ 100 mL를 혼합하여 수용액 I을 만든다.

[학생 B의 실험 과정]

(가) $a \text{ M X}(aq)$ 200 mL에 $0.3 \text{ M X}(aq)$ 50 mL를 혼합하여 수용액을 만든다.

(나) (가)에서 만든 수용액 250 mL에 물을 넣어 500 mL 수용액 II를 만든다.

[실험 결과]

○ A가 만든 I의 몰 농도 : $20k \text{ M}$

○ B가 만든 II의 몰 농도 : $11k \text{ M}$

$\frac{k}{a}$ 는? (단, 온도는 일정하고, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

- ① $\frac{1}{20}$ ② $\frac{1}{15}$ ③ $\frac{1}{10}$ ④ $\frac{2}{15}$ ⑤ $\frac{1}{5}$

[26024-0060]

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

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

수용액	(가)	(나)	(다)
부피(L)	V_1	V_2	$2V_2$
몰 농도(M)	0.2	0.4	0.3
용질의 질량(g)	$3w$	$2w$	

(가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액의 몰 농도(M)는? (단, 혼합한 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

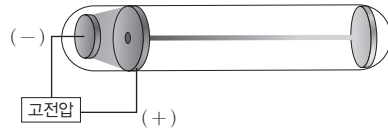
- ① $\frac{7}{30}$ ② $\frac{6}{25}$ ③ $\frac{13}{50}$ ④ $\frac{7}{25}$ ⑤ $\frac{2}{7}$

04 원자의 구조

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 종류에 관계없이 음극선이 같은 특성을 보이므로 음극선의 구성 입자가 모든 물질의 공통적인 입자라고 생각하였고, 이를 전자라고 하였다.

개념 체크

▶ 톰슨은 음극선이 전자의 흐름이라는 것을 발견하였다.

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

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

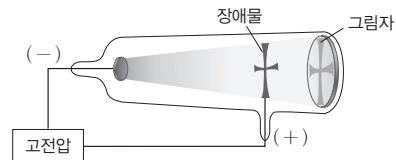
탐구자료 살펴보기

음극선의 성질

탐구자료 및
자료해석

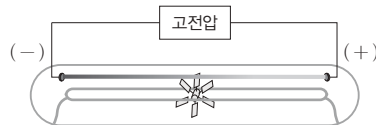
(가) 음극선의 진로에 장애물을 설치하고, 전압을 걸어 주면 그림자가 생긴다.

→ 음극선이 직진함을 알 수 있다.



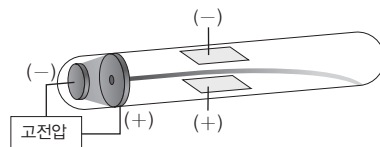
(나) 음극선의 진로에 바람개비를 설치하고, 전압을 걸어 주면 바람개비가 회전한다.

→ 음극선이 질량을 가진 입자의 흐름임을 알 수 있다.



(다) 음극선에 전기장을 걸어 주면 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

개념 체크

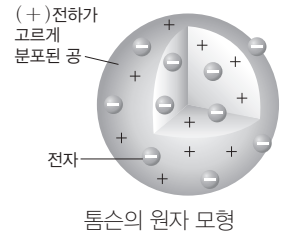
➔ α 입자 산란 실험에서 대부분의 α 입자는 금박을 그대로 통과하여 직진한다.

➔ 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.

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

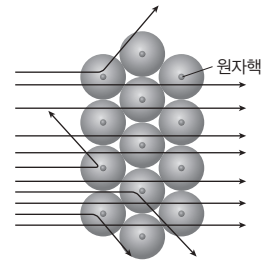
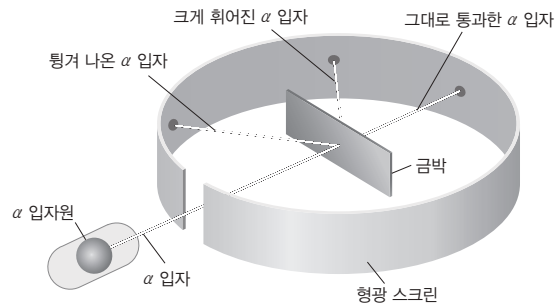


(2) 원자핵의 발견

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

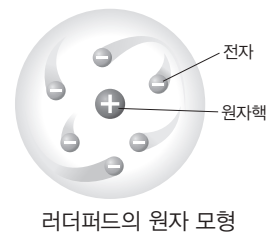
실험 과정 금박 주위에 원형 형광 스크린을 장치하고 α 입자를 금박에 충돌시킨다.



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 띤, 원자 질량의 대부분을 차지한다.
3. 러더퍼드는 이 결과를 해석하여 원자의 중심에 원자 질량의 대부분을 차지하면서 (+)전하를 띤 입자가 모여 있을 것으로 생각하고, 이를 원자핵이라고 하였다.

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



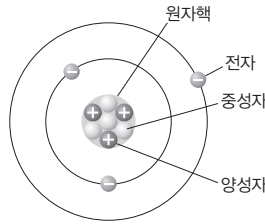
정답

1. 전자
2. 원자핵

(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, (+)전하를 띠고 있으며 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.

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

12	— 질량수 = 양성자수 + 중성자수
C	— 원소 기호
6	— 원자 번호 = 양성자수 = 원자의 전자 수

개념 체크

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

1. 원자를 구성하는 입자 중 ()는 양성자와 질량이 거의 같으며 전하를 띠지 않는 입자이다.
2. 원자를 구성하는 입자 중 양성자와 ()는 전하량의 크기가 같고, 부호가 반대이다.
3. ¹³C에서 중성자수는 ()이다.

정답

1. 중성자
2. 전자
3. 7

개념 체크

- 동위 원소는 양성자수가 같아 원자 번호는 같으나 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소이다.
- 동위 원소는 화학적 성질은 거의 같으나 물리적 성질은 다르다.

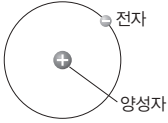
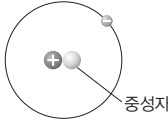
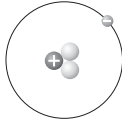
- ${}^3\text{H}$ 원자는 양성자수가 () , 중성자수가 () , 전자 수가 () 이다.
- 동위 원소는 () 가 같으나 () 가 달라 () 가 다르다.

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.

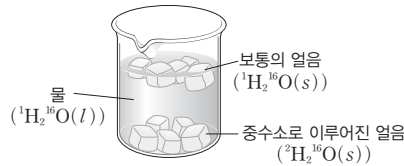
예 수소(H)의 동위 원소

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			

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 질량수의 합이 다른 물(H_2O) 분자의 종류는 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, 2, 1
- 양성자수(원자 번호), 중성자수, 질량수

(2) 평균 원자량

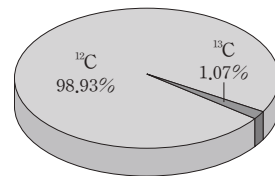
- ① 평균 원자량 : 자연계에 존재하는 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균값으로 나타낸 원자량이다.
- ② 평균 원자량을 구하는 방법 : 자연계에 존재하는 모든 동위 원소의 (동위 원소의 원자량 × 동위 원소의 존재 비율)의 합으로 계산한다.

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

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} \text{탄소의} \\ \text{평균 원자량} \end{array} = \begin{array}{c} \text{12} \\ \text{C의} \\ \text{원자량} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{98.93} \\ \text{C의} \\ \text{존재 비율} \\ \text{100} \end{array} + \begin{array}{c} \text{13.003} \\ \text{C의} \\ \text{원자량} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{1.07} \\ \text{C의} \\ \text{존재 비율} \\ \text{100} \end{array} = \begin{array}{c} \text{12.011} \end{array}
 \end{array}$$

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 같은 것은 아니다. ^{13}C 의 원자량은 13.003이다.

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.

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
1. ^{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.
 2. B의 평균 원자량은 다음과 같이 구할 수 있다.
 B의 평균 원자량 = (^{10}B 의 원자량) × (^{10}B 의 존재 비율) + (^{11}B 의 원자량) × (^{11}B 의 존재 비율)

$$= 10.0 \times \frac{19.9}{100} + 11.0 \times \frac{80.1}{100} \approx 10.8$$
 3. 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

수능 2점 테스트

[26024-0061]

01 다음은 원자의 구조와 관련된 세 학생의 대화이다.

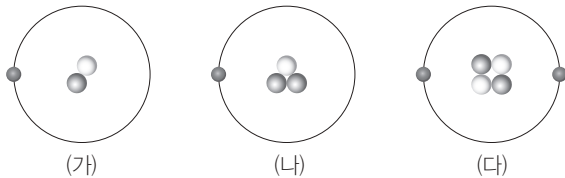


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ C
- ④ A, B ⑤ B, C

[26024-0062]

02 그림은 원자 또는 이온 (가)~(다)를 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다) 중 이온은 1가지이고, ●, ○, ⊙은 양성자, 중성자, 전자를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, Be과 B의 원자 번호는 각각 4, 5이다.)

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. ●는 양성자이다.
 - ㄴ. (가)~(다) 중 질량수는 (다)가 가장 크다.
 - ㄷ. ⁹Be 원자와 ¹⁰B 원자는 ○의 수가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0063]

03 표는 2가지 분자에 대한 자료이다.

분자	¹⁶ O ¹⁹ F ₂	³⁵ Cl ¹⁹ F
1 mol에 들어 있는 전체 중성자의 양(mol)	<i>n</i>	<i>n</i>

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, O, F, Cl의 원자 번호는 각각 8, 9, 17이고, ¹⁶O, ¹⁹F, ³⁵Cl의 원자량은 각각 *a*, 19, 35이다.)

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. $\frac{a}{n} = \frac{4}{7}$ 이다.
 - ㄴ. ¹⁶O 원자에 들어 있는 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}} > 1$ 이다.
 - ㄷ. 분자 1 g에 들어 있는 전체 양성자수는 ¹⁶O¹⁹F₂ > ³⁵Cl¹⁹F이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0064]

04 표는 원자 (가)~(라)에 대한 자료이다.

원자	(가)	(나)	(다)	(라)
중성자수	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i> + 2
전자 수	11		<i>x</i>	
질량수	23	24	26	27

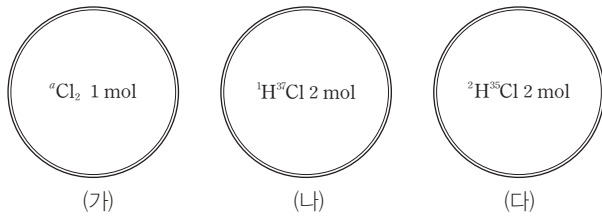
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. *x* = 12이다.
 - ㄴ. (나)는 (다)의 동위 원소이다.
 - ㄷ. (가)~(라) 중 원자 번호는 (라)가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0065]

05 그림은 용기 (가)~(다)에 각각 들어 있는 기체를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 전체 중성자의 양(mol)은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H와 Cl의 원자 번호는 각각 1, 17이고, ${}^1\text{H}$, ${}^2\text{H}$, ${}^{35}\text{Cl}$, ${}^{37}\text{Cl}$ 의 원자량은 각각 1, 2, 35, 37이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $a=37$ 이다.
- ㄴ. (나)와 (다)에 들어 있는 기체의 전체 양성자의 양(mol)은 같다.
- ㄷ. 용기에 들어 있는 기체의 질량은 (다) > (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0066]

06 다음은 원자 ${}^4\text{X}$ 와 ${}^{12}\text{Y}$ 에 대한 자료이다.

- ${}^4\text{X}$ 의 전자 수는 2이다.
- $\frac{1\text{g의 } {}^4\text{X에 들어 있는 중성자수}}{1\text{g의 } {}^{12}\text{Y에 들어 있는 중성자수}}=1$ 이다.

$\frac{{}^4\text{X의 양성자수}}{{}^{12}\text{Y의 양성자수}}$ 는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, ${}^4\text{X}$ 와 ${}^{12}\text{Y}$ 의 원자량은 각각 4, 12이다.)

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

[26024-0067]

07 다음은 화합물 XY와 분자 Y_2 에 대한 자료이다.

- 자연계에서 X는 ${}^{23}\text{X}$ 로만 존재하고, Y는 ${}^a\text{Y}$ 와 ${}^{a+2}\text{Y}$ 로만 존재한다.
- XY의 화학식량은 103이다.
- $\frac{\text{분자량이 } 2a+2\text{인 } \text{Y}_2\text{의 존재 비율}(\%)}{\text{분자량이 } 2a\text{인 } \text{Y}_2\text{의 존재 비율}(\%)}=2$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, ${}^{23}\text{X}$, ${}^a\text{Y}$, ${}^{a+2}\text{Y}$ 의 원자량은 각각 23, a , $a+2$ 이다.)

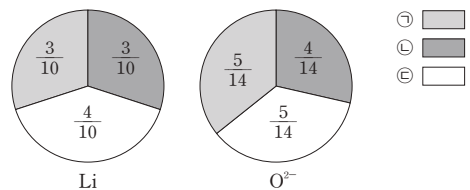
◀ 보기 ▶

- ㄱ. 자연계에서 $\frac{{}^{a+2}\text{Y의 존재 비율}(\%)}{{}^a\text{Y의 존재 비율}(\%)}=1$ 이다.
- ㄴ. $a=79$ 이다.
- ㄷ. 자연계에서 분자량이 160인 Y_2 가 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0068]

08 그림은 Li 원자와 O^{2-} 에 각각 들어 있는 \ominus ~ $\omin�$ 수의 비율을 나타낸 것이다. \ominus ~ $\omin�$ 은 양성자, 중성자, 전자를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, Li, O, F의 원자 번호는 각각 3, 8, 9이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\omin�$ 은 양성자이다.
- ㄴ. O^{2-} 의 질량수는 16이다.
- ㄷ. ${}^{19}\text{F}^-$ 은 $\omin�$ 과 $\omin�$ 의 수가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0069]

$^{16}\text{X}^{2-}$ 은 전자 수가 양성자수보다 2만큼 크고, $^{23}\text{Z}^+$ 은 전자 수가 양성자수보다 1만큼 작다.

01 표는 3가지 원자 또는 이온에 대한 자료이다. 전자 수는 $^{16}\text{X}^{2-}$ 과 $^{23}\text{Z}^+$ 이 같다.

원자 또는 이온	$^{16}\text{X}^{2-}$	^{19}Y	$^{23}\text{Z}^+$
중성자수-전자 수	a	1	2

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 양성자수는 $^{23}\text{Z}^+$ 이 ^{19}Y 보다 2만큼 크다.
- ㄴ. $^{16}\text{X}^{2-}$ 은 양성자수와 중성자수가 같다.
- ㄷ. $a = -2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

원자는 양성자수와 전자 수가 같고, $^{17}\text{O}^{2-}$ 은 전자 수가 양성자수보다 2만큼 크다.

[26024-0070]

02 표는 원자 또는 이온 ^{12}C , $^{17}\text{O}^{2-}$, (가)에 대한 자료이다. ㉠~㉣은 양성자수, 중성자수, 전자 수를 순서 없이 나타낸 것이다.

원자 또는 이온	^{12}C	$^{17}\text{O}^{2-}$	(가)
㉠		8	12
㉡	$3a$	$5a$	$5a$
㉢	$2b$	$3b$	$4b$

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉡은 전자 수이다.
- ㄴ. $\frac{b}{a} = \frac{3}{2}$ 이다.
- ㄷ. (가)는 원자이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0071]

03 다음은 원자 ${}^a\text{X}$ 와 ${}^b\text{Y}$ 에 대한 자료이다.

- ${}^b\text{Y}$ 는 중성자수가 전자 수보다 1만큼 크다.
- ${}^a\text{X}$ 는 ${}^b\text{Y}$ 보다 양성자수와 중성자수가 각각 2만큼 크다.
- ${}^a\text{X}{}^b\text{Y}$ 의 화학식량은 42이다.

$\frac{b}{\text{X의 중성자수}}$ 는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, ${}^a\text{X}$ 와 ${}^b\text{Y}$ 의 원자량은 각각 a , b 이다.)

- ① $\frac{19}{12}$ ② $\frac{19}{11}$ ③ $\frac{19}{10}$ ④ $\frac{23}{10}$ ⑤ $\frac{23}{9}$

질량수는 ${}^a\text{X}$ 가 ${}^b\text{Y}$ 보다 4만큼 크다.

[26024-0072]

04 다음은 원자 ${}^{20}\text{X}$ 와 Y의 2가지 동위 원소 ${}^{36}\text{Y}$, ${}^{40}\text{Y}$ 에 대한 자료이다.

- ${}^{36}\text{Y}$ 는 양성자수와 중성자수가 같다.
- 양성자수는 ${}^{40}\text{Y}$ 가 ${}^{20}\text{X}$ 보다 8만큼 크다.

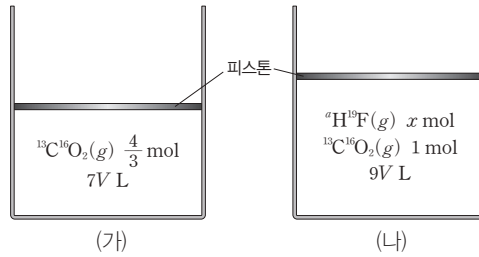
$\frac{1\text{g의 }{}^{20}\text{X에 들어 있는 중성자수}}{1\text{g의 }{}^{40}\text{Y에 들어 있는 중성자수}}$ 는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, ${}^{20}\text{X}$, ${}^{40}\text{Y}$ 의 원자량은 각각 20, 40이다.)

- ① $\frac{5}{11}$ ② $\frac{5}{9}$ ③ $\frac{10}{11}$ ④ 1 ⑤ $\frac{10}{9}$

${}^{36}\text{Y}$ 의 양성자수와 중성자수는 18로 같다.

실린더에 들어 있는 기체의 부피비는 (가) : (나) = 7 : 9
 이므로 기체의 몰비는 (가) : (나) = $\frac{4}{3}$: (x+1) = 7 : 9이다.

05 그림은 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 실린더 (가)와 (나)에 들어 있는 기체를 나타낸 것이다. 실린더에 들어 있는 전체 기체의 질량은 (가)에서와 (나)에서가 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O, F의 원자 번호는 각각 1, 6, 8, 9이고, ${}^a\text{H}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{16}\text{O}$, ${}^{19}\text{F}$ 의 원자량은 각각 a , 13, 16, 19이다.)

◀ 보기 ▶

ㄱ. $\frac{a}{x} = \frac{7}{5}$ 이다.

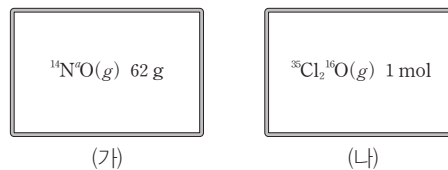
ㄴ. $\frac{1 \text{ mol의 } {}^{13}\text{C}^{16}\text{O}_2 \text{에 들어 있는 중성자수}}{1 \text{ mol의 } {}^a\text{H}^{19}\text{F에 들어 있는 중성자수}} = \frac{23}{11}$ 이다.

ㄷ. (나)에서 $\frac{{}^a\text{H}^{19}\text{F}(g) \text{의 질량}}{{}^{13}\text{C}^{16}\text{O}_2(g) \text{의 질량}} = \frac{1}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

${}^{14}\text{N}{}^a\text{O}$ 분자에 들어 있는 중성자수는 $7+(a-8)=a-10$ 이고, ${}^{35}\text{Cl}_2{}^{16}\text{O}$ 분자에 들어 있는 중성자수는 $18 \times 2 + 8 = 44$ 이다.

06 그림은 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 기체를 나타낸 것이다. $\frac{\text{(나)에 들어 있는 기체의 전체 중성자수}}{\text{(가)에 들어 있는 기체의 전체 중성자수}} = \frac{11}{8}$ 이다.



$\frac{a}{\text{(가)에 들어 있는 기체의 전체 양성자의 양(mol)}}$ 는? (단, N, O, Cl의 원자 번호는 각각 7, 8, 17이고,

${}^{14}\text{N}$, ${}^{16}\text{O}$, ${}^a\text{O}$, ${}^{35}\text{Cl}$ 의 원자량은 각각 14, 16, a , 35이다.)

- ① $\frac{8}{15}$ ② $\frac{17}{30}$ ③ $\frac{3}{5}$ ④ $\frac{16}{15}$ ⑤ $\frac{17}{15}$

[26024-0075]

07 표는 자연계에 존재하는 X의 동위 원소에 대한 자료이다.

동위 원소	원자 1개에 들어 있는 전자 수	원자 1개에 들어 있는 중성자수	존재 비율(%)	X의 평균 원자량
${}^a\text{X}$	5		20	10.8
${}^b\text{X}$		$\frac{a}{2}+1$	80	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이고, ${}^a\text{X}$ 와 ${}^b\text{X}$ 의 원자량은 각각 a , b 이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $b=11$ 이다.
 ㄴ. ${}^a\text{X}$ 원자에 들어 있는 중성자수는 6이다.
 ㄷ. $\frac{1\text{g의 } {}^a\text{X에 들어 있는 중성자수}}{1\text{g의 } {}^b\text{X에 들어 있는 중성자수}} = \frac{11}{12}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

${}^b\text{X}$ 원자에 들어 있는 중성자수는 $\frac{a}{2}+1$ 이므로 $b = \left(\frac{a}{2}+1\right) + 5 = \frac{a}{2}+6$ 이다.

[26024-0076]

08 표는 자연계에 존재하는 원소 X와 Y의 동위 원소에 대한 자료이다.

동위 원소	원자 1개에 들어 있는 양성자수	원자 1개에 들어 있는 중성자수	존재 비율(%)	평균 원자량
${}^a\text{X}$		34	70	$a+0.6$
${}^b\text{X}$	29		30	
${}^c\text{Y}$	n		50	80
${}^{c+2}\text{Y}$		46	50	

$\frac{b}{n}$ 는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, ${}^a\text{X}$, ${}^b\text{X}$, ${}^c\text{Y}$, ${}^{c+2}\text{Y}$ 의 원자량은 각각 a , b , c , $c+2$ 이다.)

- ① $\frac{13}{6}$ ② $\frac{13}{7}$ ③ $\frac{13}{8}$ ④ $\frac{13}{9}$ ⑤ $\frac{13}{10}$

자연계에서 존재 비율이 ${}^a\text{X} : {}^b\text{X} = 70 : 30$ 이고, X의 평균 원자량이 $a+0.6$ 이므로 $b = a+20$ 이다.

수능 3점 테스트

[26024-0077]

실린더에 들어 있는 기체의 부피비는 (가) : (나) = $x : 3$ 이고, 질량비는 (가) : (나) = $44x : (16 + 14n \times 2)$ 이다.

09 다음은 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 실린더 (가)와 (나)에 들어 있는 기체에 대한 자료이다.

○ (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 종류와 양

실린더	(가)	(나)
기체의 종류와 양	$\text{CO}_2(g)$ x mol	$\text{CH}_4(g)$ 1 mol, $\text{C}_n\text{H}_{2n}(g)$ 2 mol

- 실린더에 들어 있는 기체의 밀도비는 (가) : (나) = 11 : 6이다.
- 실린더에 들어 있는 기체의 전체 양성자수의 비는 (가) : (나) = 22 : 21이다.

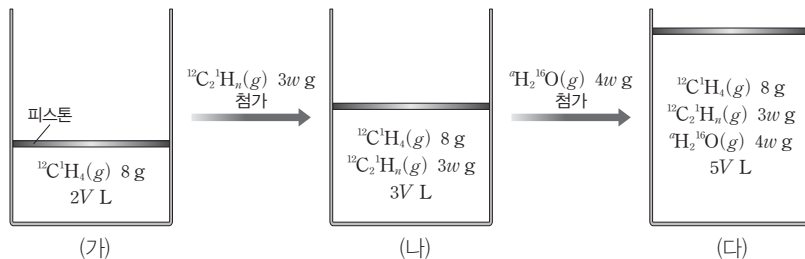
$\frac{x}{n}$ 는? (단, H, C, O의 원자 번호는 각각 1, 6, 8이고, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다.)

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

$^{12}\text{C}^1\text{H}_4(g)$ 8 g의 부피가 $2V$ L 이므로 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 $\frac{1}{4}$ mol의 부피는 V L이다.

[26024-0078]

10 그림 (가)는 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 실린더에 $^{12}\text{C}^1\text{H}_4(g)$ 8 g이 들어 있는 것을, (나)는 (가)의 실린더에 $^{12}\text{C}_2^1\text{H}_n(g)$ $3w$ g이 첨가된 것을, (다)는 (나)의 실린더에 $^2\text{H}_2^{16}\text{O}(g)$ $4w$ g이 첨가된 것을 나타낸 것이다. (다)의 실린더에 들어 있는 기체의 전체 중성자의 양은 11 mol이다.



$w \times \frac{n}{a}$ 은? (단, H, C, O의 원자 번호는 각각 1, 6, 8이고, ^1H , ^2H , ^{12}C , ^{16}O 의 원자량은 각각 1, a , 12, 16이며, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

- ① $\frac{15}{4}$ ② 4 ③ 6 ④ $\frac{15}{2}$ ⑤ 10

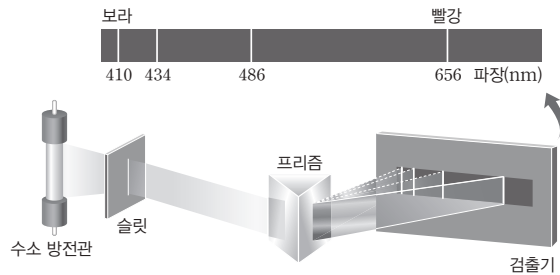
05

현대적 원자 모형과 전자 배치

1 보어의 원자 모형

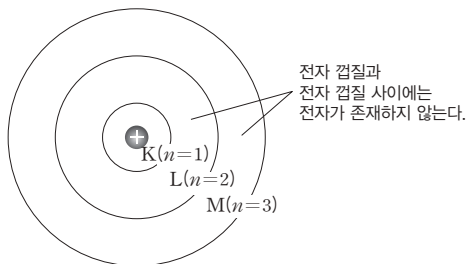
(1) 수소 원자의 선 스펙트럼

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



(2) 보어의 원자 모형

- 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 $K(n=1)$, $L(n=2)$, $M(n=3)$, $N(n=4)\dots$ 등의 기호를 사용하여 나타낸다. 이때 n 은 주 양자수라고 하며, 양의 정수이다.
- 수소 원자에서 전자 껍질의 에너지 준위는 주 양자수 n 에 의해서만 결정된다.



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

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

- 원자핵에서 멀어질수록 전자 껍질의 에너지 준위는 높아지며, 인접한 두 전자 껍질 사이의 에너지 간격은 좁아진다. 전자가 원자핵에 가장 가까운 전자 껍질($n=1$)에 존재하는 상태, 즉 에너지 준위가 가장 낮아서 안정한 상태를 바닥상태라고 하고, 전자가 에너지 준위가 높은 전자 껍질($n>1$)로 전이되어 불안정한 상태를 들뜬상태라고 한다.
- 전자는 같은 전자 껍질에서 원운동할 때 에너지를 흡수하거나 방출하지 않는다. 전자가 다른 전자 껍질로 전이될 때 두 전자 껍질의 에너지 차만큼의 에너지를 흡수하거나 방출한다.
- 빛에너지와 파장은 반비례하므로 전자가 전이할 때 방출하는 에너지가 클수록 빛의 파장은 짧고, 에너지가 작을수록 빛의 파장은 길다.
- 전자가 $n=3, 4, 5, 6$ 인 전자 껍질에서 $n=2$ 인 전자 껍질로 전이할 때 가시광선의 빛이 방출된다.

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.

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

정답

- 전자 껍질
- 바닥상태
- 에너지

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.

2 현대적 원자 모형

(1) 현대적 원자 모형 등장의 배경

- ① 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.
- ② 전자는 질량이 매우 작아 정확한 위치와 운동량(속도)을 동시에 측정할 수 없지만, 파동의 성질을 지니므로 전자가 발견될 확률을 파동 함수로 나타낼 수 있다.

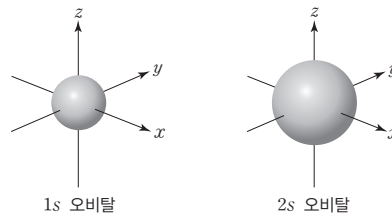
(2) 현대적 원자 모형

① 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

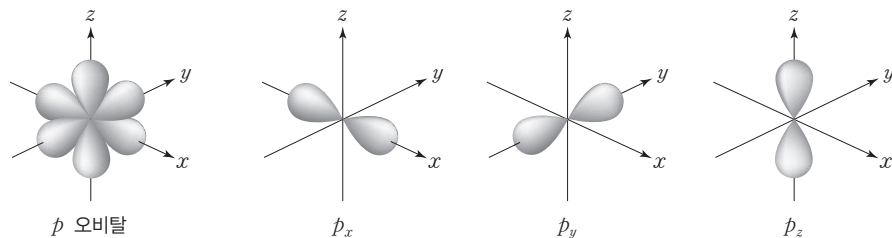
② s 오비탈 : 공 모양(구형)으로 모든 전자 껍질에 존재하며, 전자가 발견될 확률이 90%인 공간을 경계면으로 나타내면 다음과 같다.



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

③ 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.



정답

- 1. 2s, 2p
- 2. 3s, 3p, 3d
- 3. 공 모양(구형)

④ 오비탈의 표시



주 양자수는 2이고 오비탈의 종류는 p 이며, 이 오비탈에 전자가 1개 존재한다.

⑤ 각 전자 껍질의 오비탈 수

전자 껍질	K		L			M			N				
주 양자수(n)	1		2			3			4				
오비탈의 종류	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f			
오비탈 수	1	1	3	1	3	5	1	3	5	7			
오비탈 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 $n=1, 2, 3, 4\cdots$ 등의 양의 정숫값을 갖는다.
- ④ 수소 원자에서 주 양자수가 증가할수록 오비탈의 크기는 커지고 에너지 준위는 높아진다.

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

(2) 방위(부) 양자수(l)

- ① 오비탈의 모양을 결정하는 양자수이다.
- ② 주 양자수가 n 일 때 방위(부) 양자수는 $0 \leq l \leq n-1$ 의 정숫값을 갖는다.

예 주 양자수가 1일 때 방위(부) 양자수는 0이다.
 주 양자수가 2일 때 방위(부) 양자수는 0, 1이다.
 주 양자수가 3일 때 방위(부) 양자수는 0, 1, 2이다.

- ③ 주 양자수에 따른 방위(부) 양자수와 오비탈의 종류

주 양자수(n)	1	2		3		
방위(부) 양자수(l)	0	0	1	0	1	2
오비탈의 종류	1s	2s	2p	3s	3p	3d

- ④ 다전자 원자에서는 주 양자수가 같을 때 방위(부) 양자수가 클수록 오비탈의 에너지 준위가 높다.

(3) 자기 양자수(m_l)

- ① 오비탈의 공간적인 방향을 결정하는 양자수이다.
- ② 방위(부) 양자수가 l 일 때 자기 양자수는 $-l \leq m_l \leq l$ 의 정숫값을 갖는다.

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.

정답

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

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 오비탈의 에너지 준위보다 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. ()

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 주 양자수가 n 일 때, 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

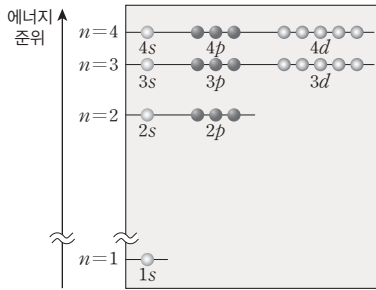
(1) 쌓음 원리

전자는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 순서대로 채워진다.

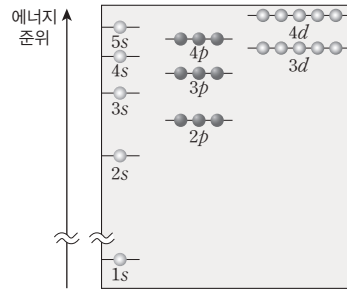
정답

1. $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$
2. ○
3. ×
4. ×

- 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 따라서도 에너지 준위가 달라진다. $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < \dots$

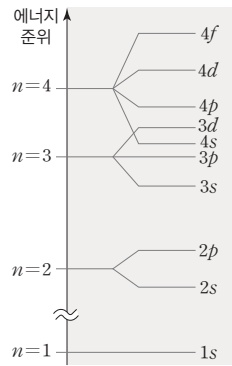
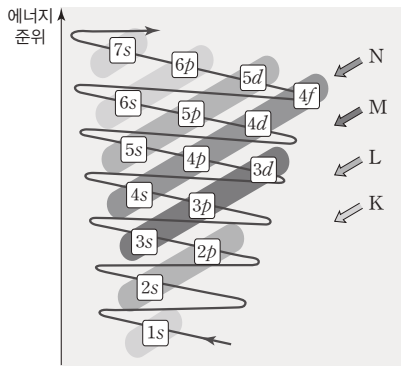


수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위



다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위

③ 다전자 원자의 전자 배치 순서

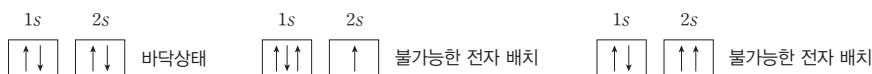


(2) 파울리 배타 원리

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 쌍을 이루면서 함께 존재할 수 있다.
- ② 1개의 오비탈에 3개 이상의 전자가 들어가거나 스핀 자기 양자수가 같은 2개의 전자가 들어가는 것은 파울리 배타 원리를 만족하지 않는 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.

개념 체크

→ 쌍을 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.

- 1개의 오비탈에는 전자가 최대 ()개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 자기 양자수(m_s)를 갖는다.

정답

1. 2

개념 체크

▶ 바닥상태 전자 배치는 쌓음 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 쌓을 이루어 배치된다.

1. 훈트 규칙에 의하면 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때는 () 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다.

2. $1s$ $2s$ $2p$ 의 바닥상태 전자 배치를 갖는 원자의 홀전자 수는 ()이다.

3. $1s$ $2s$ $2p$ 의 전자 배치는 () 규칙을 만족하지 않으므로 들뜬상태이다.

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

정답

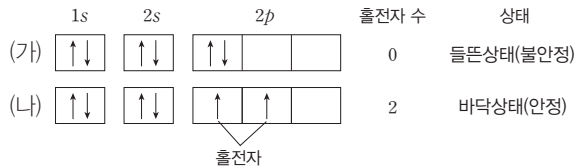
- 1. 홀전자
- 2. 2
- 3. 훈트
- 4. $2n^2$

(3) 훈트 규칙

에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 쌓을 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 쌓을 이루면서 배치된다.
- ② 전자들이 1개의 오비탈에 쌓을 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 바닥상태 전자 배치이고, (가)는 (나)보다 불안정한 들뜬상태 전자 배치이다.



(4) 바닥상태와 들뜬상태

- ① 바닥상태 전자 배치는 쌓음 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족한다.
- ② 들뜬상태 전자 배치는 파울리 배타 원리를 반드시 만족해야 하지만 쌓음 원리 또는 훈트 규칙을 만족하지 않는다.

예 질소(N)의 전자 배치(전자 7개)

1s	2s	2p	3s	
$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow \uparrow \uparrow		→ 바닥상태
$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ \uparrow \uparrow		→ 들뜬상태 → 훈트 규칙을 만족하지 않는다.
$\uparrow\downarrow$	\uparrow	$\uparrow\downarrow$ \uparrow \uparrow		→ 들뜬상태
$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow \uparrow \uparrow	\uparrow	→ 들뜬상태 → 쌓음 원리를 만족하지 않는다.

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.

원소	전자 배치	가장 바깥 전자 껍질에 들어 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 바닥상태 전자 배치에서 화학 결합에 관여하는 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자로 원소의 화학적 성질을 결정한다.
- ② 원자가 전자 수가 같은 원소는 화학적 성질이 비슷하다.

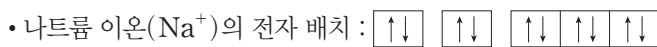
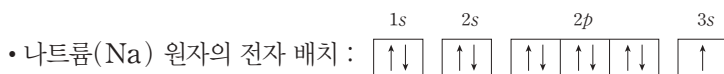
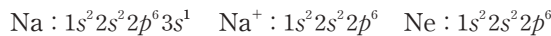
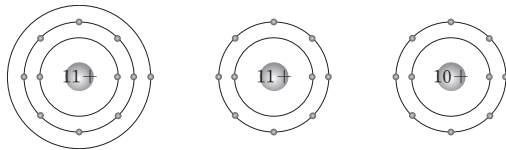
원소	전자 배치	원자가 전자 수	원소	전자 배치	원자가 전자 수
Li	K(2)L(1)	1	F	K(2)L(7)	7
Na	K(2)L(8)M(1)	1	Cl	K(2)L(8)M(7)	7

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.

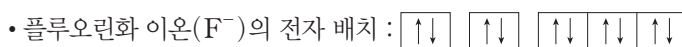
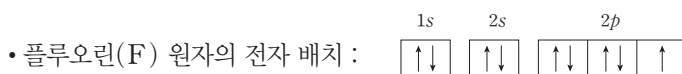
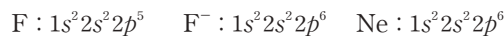
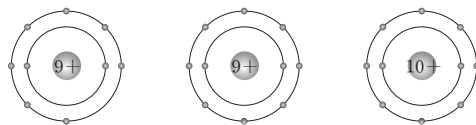
예 나트륨 원자가 전자를 1개 잃어 양이온이 되면 전자 배치가 네온의 전자 배치와 같아진다.



(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.



개념 체크

→ 바닥상태 전자 배치에서 화학 결합에 관여하는 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자를 원자가 전자라고 한다.

→ 원자가 양이온이 될 때 가장 바깥 전자 껍질에 들어 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.

정답

- 1. 8
- 2. 전자
- 3. 8

개념 체크

▶ 바닥상태는 전자 배치 원리와 규칙을 모두 만족하는 가장 안정한 상태이다.

▶ 들뜬상태는 쌍을 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.

탐구자료 살펴보기

원자의 바닥상태 전자 배치

원자 번호	전자 껍질 오비탈	원자						전자 배치	홀전자 수	
		K 1s	L 2s 2p			M 3s 3p 3d				N 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

- 쌍을 원리 : 전자는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 차례대로 채워진다.
- 파울리 배타 원리 : 각 오비탈에 스핀 자기 양자수가 다른 2개의 전자가 쌍을 이루며 채워질 수 있다.
- 훈트 규칙 : 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때 홀전자 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다.
- 바닥상태는 전자 배치 원리와 규칙을 모두 만족하도록 전자가 채워진, 에너지가 가장 낮은 안정한 상태이다.
- 들뜬상태는 쌍을 원리 또는 훈트 규칙을 만족하지 않는 상태로 바닥상태보다 불안정한 상태이다.
- 파울리 배타 원리를 만족하지 않는 전자 배치는 불가능한 전자 배치이다.

정답

- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
- 2
- 질소(N)

수능 2점 테스트

[26024-0079]

01 다음은 현대적 원자 모형에 따른 전자 배치에 대한 자료이다.

(가)에 따르면 1개의 오비탈에 서로 다른 (나)를 갖는 전자가 최대 2개까지 채워진다.

다음 중 (가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

- | | | |
|---|-----------|-----------|
| | (가) | (나) |
| ① | 쌍음 원리 | 주 양자수 |
| ② | 훈트 규칙 | 방위(부) 양자수 |
| ③ | 훈트 규칙 | 스핀 자기 양자수 |
| ④ | 파울리 배타 원리 | 방위(부) 양자수 |
| ⑤ | 파울리 배타 원리 | 스핀 자기 양자수 |

[26024-0080]

02 다음은 바닥상태 원자 X의 전자 배치에 대한 자료이다. X의 원자 번호는 8~12 중 하나이고, n 은 주 양자수, m_l 은 자기 양자수이다.

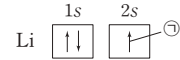
○ $\frac{n+m_l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수 = $\frac{3}{4}$ 이다.
 ○ $\frac{n+m_l=2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수 = $\frac{3}{4}$ 이다.

다음 중 바닥상태 원자 X의 전자 배치로 가장 적절한 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

- | | | | | |
|---|----------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| | 1s | 2s | 2p | 3s |
| ① | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$ | \square |
| ② | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$ | \square |
| ③ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$ | \square |
| ④ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$ | \uparrow |
| ⑤ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$ | $\uparrow\downarrow$ |

[26024-0081]

03 그림은 바닥상태 리튬(Li) 원자의 전자 배치를 나타낸 것이다. ①은 Li 원자의 원자가 전자이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이며, m_s 는 스핀 자기 양자수이다.



바닥상태 산소(O) 원자에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. 홀전자 수는 Li 원자의 2배이다.
 ㄴ. 원자가 전자 중 ①보다 $n-l$ 가 큰 전자가 존재한다.
 ㄷ. $2p$ 오비탈에 ①과 m_s 가 서로 다른 전자가 들어 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0082]

04 다음은 ①, ②에 대한 설명과 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 Ne, Na, Al을 순서 없이 나타낸 것이고, m_s 는 스핀 자기 양자수이다.

○ ① : $m_s = +\frac{1}{2}$ 인 전자 수, ② : $m_s = -\frac{1}{2}$ 인 전자 수
 ○ p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $X > Y$ 이다.
 ○ $|\text{①} - \text{②}|$ 은 $Y > Z$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. X는 Al이다.
 ㄴ. Z의 홀전자 수는 0이다.
 ㄷ. $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 $Y > Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0083]

05 다음은 바닥상태 붕소(B), 탄소(C), 질소(N) 원자의 전자 배치에 대한 자료이다. n 은 주 양자수, m_l 은 자기 양자수이다.

- 전자가 들어 있는 오비탈의 m_l 합은 B, C, N가 모두 a 로 같다.
- C에서 $n + m_l = 2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 b 이다.

$a + b$ 는?

- ① 1 ② 2 ③ 3
- ④ 4 ⑤ 5

[26024-0084]

06 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 Be, O, Ne를 순서 없이 나타낸 것이다.

- $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ 는 X와 Y가 같다.
- $\frac{Z \text{의 양성자수}}{X \text{의 양성자수}} = 2$ 이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 원자 번호는 Y가 가장 크다.
- ㄴ. X에서 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 4이다.
- ㄷ. Z의 홀전자 수는 0이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0085]

07 다음은 3주기 바닥상태 원자 X에 대한 자료이다. n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.

- 전자가 들어 있는 오비탈 수는 a 이다.
- $\frac{n+l}{n-l} > 1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 8이다.

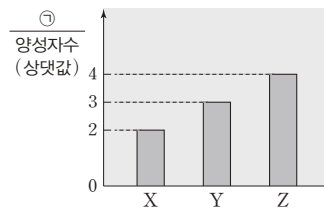
$\frac{a}{X \text{의 양성자수}}$ 는? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

- ① $\frac{1}{2}$ ② $\frac{7}{13}$ ③ $\frac{9}{16}$ ④ $\frac{4}{7}$ ⑤ $\frac{3}{5}$

[26024-0086]

08 다음은 ㉠에 대한 설명과 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 O, Ne, Mg, Si, P 중 하나이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.

- ㉠ : $n - l = 2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수
- X~Z의 $\frac{\text{㉠}}{\text{양성자수}}$



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 모두 같다.
- ㄴ. 원자가 전자 수는 Y가 가장 크다.
- ㄷ. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 $X > Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0087]

09 다음은 2주기 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 B, C, N, O, Ne 중 하나이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수, m_l 은 스핀 자기 양자수이다.

- p 오비탈에 들어 있는 전자 수
 s 오비탈에 들어 있는 전자 수의 비는 X : Y : Z = 1 : 2 : 3이다.
- 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 $Z > X$ 이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. Z는 모든 전자의 m_s 의 합이 0이다.
- ㄴ. 홀전자 수는 X와 Y가 같다.
- ㄷ. $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수 비는 Y : Z = 2 : 3이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0088]

10 다음은 바닥상태 알루미늄(Al) 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수, m_l 은 자기 양자수이고, (가)~(다)는 모두 $n > 1$ 이다.

- m_l 는 (가) > (나) > (다)이다.
- $n-l$ 는 (나) = (다) > (가)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 에너지 준위는 (가) > (나)이다.
- ㄴ. $l+m_l$ 는 (나)와 (다)가 같다.
- ㄷ. (다)에 들어 있는 전자 수는 2이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0089]

11 표는 3주기 바닥상태 원자 X와 Y의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈에 대한 자료이다.

원자	X	Y
$n+l=4$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수	x	3
$n-l=2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수	3	y

$\frac{y}{x}$ 는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

[26024-0090]

12 다음은 ①, ㉠에 대한 설명과 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 N, O, F, Na, Mg, Al 중 하나이고, l 은 방위(부) 양자수이다.

- ① : $l=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수
- ㉠ : 바닥상태 Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 전자 배치에서 $l=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수
- X~Z에 대한 자료

원자	X	Y	Z
홀전자 수	x	0	
①-㉠	1	y	-2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $x+y=2$ 이다.
- ㄴ. X와 Y는 같은 주기 원소이다.
- ㄷ. $l=0$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X와 Z가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

훈트 규칙에 따르면 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 경우에는 쌍을 이루지 않고 홀전자 수가 최대가 되도록 전자가 채워진다.

01 다음은 탄소(C) 원자의 전자 배치에 대한 교사와 학생의 대화이다.

○ 교사 : 여기 C 원자의 전자 배치가 있어요.

(가)

이 전자 배치는 바닥상태인가요?

○ 학생 : 아니요. 쌍을 원리와 파울리 배타 원리는 만족하지만 훈트 규칙을 만족하지 않으니 바닥상태가 아닙니다.

○ 교사 : 정확히 맞았어요. 잘 했습니다.

다음 중 (가)로 가장 적절한 것은?

- ① $1s \uparrow\downarrow \quad 2s \uparrow\downarrow \quad 2p \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad 3s \square$
- ② $1s \uparrow\downarrow \quad 2s \uparrow\downarrow \quad 2p \uparrow \quad \uparrow \quad \square \quad 3s \square$
- ③ $1s \uparrow\downarrow \quad 2s \uparrow\downarrow \quad 2p \uparrow\downarrow \quad \square \quad \square \quad 3s \square$
- ④ $1s \uparrow\downarrow \quad 2s \uparrow\downarrow \quad 2p \uparrow \quad \square \quad \square \quad 3s \uparrow$
- ⑤ $1s \uparrow\downarrow \quad 2s \uparrow \quad 2p \uparrow \quad \uparrow \quad \square \quad 3s \uparrow$

바닥상태 인(P) 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이다.

02 표는 바닥상태 인(P) 원자의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(라)에 대한 자료이다. n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수, m_l 은 자기 양자수이다. 에너지 준위는 (가) > (나)이다.

오비탈	(가)	(나)	(다)	(라)
$n + l + m_l$	3	3	3	5
오비탈에 들어 있는 전자 수	a	a	b	b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $a > b$ 이다.
 ㄴ. n 은 (나)와 (라)가 같다.
 ㄷ. m_l 은 (가) > (다)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0093]

03 다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z는 B, F, Na, Al을 순서 없이 나타낸 것이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.

- $\frac{\text{전자가 1개 들어 있는 오비탈 수}}{\text{전자가 2개 들어 있는 오비탈 수}}$ 는 $W > X > Z$ 이다.
- 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $\frac{l}{n}$ 는 $W > Y > Z$ 이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 홀전자 수는 모두 같다.
- ㄴ. W는 3주기 원소이다.
- ㄷ. $n + l = 3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X가 W의 7배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

전자가 1개 들어 있는 오비탈 수
전자가 2개 들어 있는 오비탈 수
는 B, F, Na, Al이 각각 $\frac{1}{2}$,
 $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ 이다.

[26024-0094]

04 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 Li, Be, B, C 중 하나이다.

- X~Z의 $\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$

원자	X	Y	Z
$\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ (상댓값)	1	2	2

- 홀전자 수는 $X = Y > Z$ 이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 원자 번호는 Y가 가장 크다.
- ㄴ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 X와 Z가 같다.
- ㄷ. p 오비탈에 전자가 들어 있는 것은 1가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

원자가 전자 수
전자가 들어 있는 오비탈 수
는 Li, Be, B, C가 각각 $\frac{1}{2}$, 1, 1,
1이다.

바닥상태 원자의 전자 배치에서 홀전자 수는 B, O, F, Mg 이 각각 1, 2, 1, 0이다.

05 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 B, O, F, Mg 중 하나이고, n 은 주양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.

- $\frac{X \text{의 홀전자 수}}{Y \text{의 홀전자 수}} = 2$ 이다.
- $\frac{Z \text{에서 } n-l=a \text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{Y \text{에서 } n-l=a \text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}} = \frac{8}{3}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

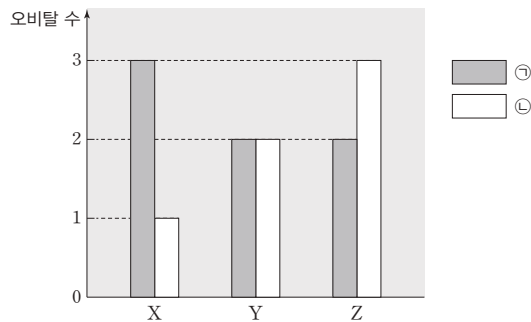
◀ 보기 ▶

- ㄱ. $a=1$ 이다.
- ㄴ. X에서 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 3이다.
- ㄷ. Z는 $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 8이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

바닥상태 원자의 전자 배치에서 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수는 N, O, Al이 각각 2, 2, 3이고, 전자가 1개 들어 있는 p 오비탈 수는 N, O, Al이 각각 3, 2, 1이다.

06 그림은 바닥상태 원자 X~Z의 오비탈 수를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수와 전자가 1개 들어 있는 p 오비탈 수를 순서 없이 나타낸 것이고, X~Z는 N, O, Al을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수이다.
- ㄴ. X는 O이다.
- ㄷ. 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수는 $Z > Y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0097]

07 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 Li, Be, C, Mg 중 하나이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.

- $\frac{\text{원자가 전자 수}}{n-l > 1 \text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 의 비는 X : Y : Z = 1 : 2 : 4이다.
- 홀전자 수는 Y > X이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X와 Y는 같은 주기 원소이다.
- ㄴ. Y에서 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $n-l > 1$ 이다.
- ㄷ. Z의 $\frac{l=1 \text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{l=0 \text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}} = 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

제시된 원자들의 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n-l > 1$ 인 것은 2s, 3s이다.

[26024-0098]

08 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 Al, Si, S를 순서 없이 나타낸 것이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수, m_l 은 자기 양자수이다.

- 원자 번호는 X > Y이다.
- $l + m_l = 1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Z > Y > X이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. Z는 S이다.
- ㄴ. Y에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 7이다.
- ㄷ. $n + m_l = 1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Y와 Z가 같다.

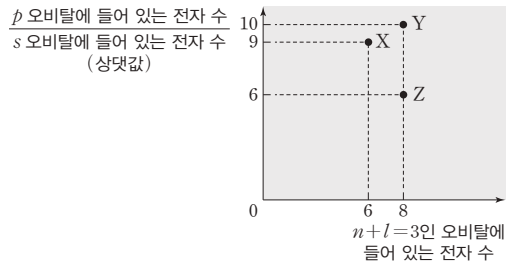
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Al, Si, S의 전자 배치에서 전자가 들어 갈 수 있는 오비탈 중 $l + m_l = 1$ 인 오비탈은 $m_l = 0$ 인 2p와 $m_l = 0$ 인 3p이다.

$n+l=3$ 인 오비탈은 $2p, 3s$ 이다.

[26024-0099]

09 그림은 바닥상태 원자 $X \sim Z$ 의 p 오비탈에 들어 있는 전자 수와 $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수를 나타낸 것이다. $X \sim Z$ 의 원자 번호는 각각 $9 \sim 18$ 중 하나이고, 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. s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X 와 Z 가 같다.
- ㄴ. 홀전자 수는 $Y > X$ 이다.
- ㄷ. $X \sim Z$ 중 $n+l=4$ 인 오비탈에 전자가 들어 있는 것은 1가지이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

제시된 원자 번호의 원자들의 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈은 $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s$ 이므로 가능한 $n+l$ 는 1, 2, 3, 4이다.

[26024-0100]

10 표는 바닥상태 원자 $X \sim Z$ 에서 전자가 들어 있는 오비탈에 대한 자료이다. $X \sim Z$ 의 원자 번호는 각각 $10 \sim 20$ 중 하나이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수이다.

원자	X	Y	Z
$n+l=a-1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수	x		
$n+l=a$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수	$3x$		z
$n+l=a+1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수		$3x$	z

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X 와 Y 는 같은 족 원소이다.
- ㄴ. $a \times \frac{z}{x} = 8$ 이다.
- ㄷ. $\frac{X}{Z}$ 에서 전자가 들어 있는 오비탈 수 = $\frac{1}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0101]

11 다음은 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 $2s$, $2p$, $3p$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, n 은 주 양자수, l 은 방위(부) 양자수, m_l 은 자기 양자수이다.

- $n + m_l$ 는 (가)=(나) $>$ (다)이다.
- $l + m_l$ 는 (나) $>$ (가)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. m_l 는 (나) $>$ (다)이다.
- ㄴ. 규소(Si) 원자에서 에너지 준위는 (나) $>$ (가)이다.
- ㄷ. (나)의 $\frac{n+l}{n+m_l} = 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

$n + m_l$ 는 $2s$ 가 2이고, $2p$ 가 각각 1, 2, 3이며, $3p$ 가 각각 2, 3, 4이다. $l + m_l$ 는 $2s$ 가 0 이고, $2p$ 가 각각 0, 1, 2이며, $3p$ 가 각각 0, 1, 2이다.

[26024-0102]

12 다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z는 Mg, Si, P, S을 순서 없이 나타낸 것이고, n 은 주 양자수, m_l 은 자기 양자수이다.

- $n + m_l = 2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $W > X = Y > Z$ 이다.
- $n + m_l = 3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $X > Y$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. W는 S이다.
- ㄴ. Y는 $m_l = 0$ 인 $3p$ 오비탈에 전자가 들어 있다.
- ㄷ. $n + m_l = 3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $W > Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$n + m_l = 2$ 인 오비탈은 $2s$, $m_l = 0$ 인 $2p$, $m_l = -1$ 인 $3p$ 이고, $n + m_l = 3$ 인 오비탈은 $m_l = +1$ 인 $2p$, $3s$, $m_l = 0$ 인 $3p$ 이다.

개념 체크

➔ 주기율

원소를 원자 번호 순서대로 배열할 때 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타나는 것이다.

※ ○ 또는 ×

1. 주기율은 원자 번호에 따라 원자가 전자 수가 주기적으로 변하기 때문에 나타난다. ()

2. 멘델레예프는 원소를 원자 번호 순서대로 배열하여 주기율표를 만들었다. ()

3. 모즐리는 X선 연구를 통해 원자의 양성자수 순서대로 원소를 배열하여 주기율표를 완성하였다. ()



















정답

- 1. ○
- 2. ×
- 3. ○

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 되베라이너(1829년) : 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.
- 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.

2 주기율표

(1) 주기율표

원소들을 원자 번호 순으로 배열하여 화학적 성질이 비슷한 원소가 같은 세로줄에 오도록 배열한 표이다.

① 주기

- 주기율표의 가로줄로, 1~7주기가 있다.
- 같은 주기 원소는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다. 이때 주기는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수와 같다.

주기	원소	원소의 가짓수	전자 껍질	전자 껍질 수
1	H ~ He	2	K	1
2	Li ~ Ne	8	K L	2
3	Na ~ Ar	8	K L M	3
4	K ~ Kr	18	K L M N	4
5	Rb ~ Xe	18	K L M N O	5
6	Cs ~ Rn	32	K L M N O P	6
7	Fr ~ Og	32	K L M N O P Q	7

② 족

- 주기율표의 세로줄로, 1~18족이 있다.
- 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다(단, 수소는 1족에 위치하고 있지만 비금속 원소로, 1족에 속해 있는 나머지 금속 원소들과는 화학적 성질이 다르다).
- 1~2족, 13~17족의 경우 원자가 전자 수는 족의 끝자리 수와 같다.

족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
원자가 전자 수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	0

(2) 주기율표에서 원소의 분류

주기 \ 족	1	2	3~12	13	14	15	16	17	18
1	H								He
2	Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca		Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra		Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

□ 금속 □ 준금속 □ 비금속

※ 1 atm, 25°C에서 원소의 상태 : H₂, N₂, O₂, F₂, Cl₂ 및 18족 원소는 기체이며, Br₂, Hg은 액체이고, 나머지는 고체로 존재한다.

① 금속 원소

- 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다. $M \longrightarrow M^{n+} + ne^{-}$
- 열전도성, 전기 전도성이 크다.

개념 체크

➔ 주기

주기율표의 가로줄로 1~7주기가 있고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수를 뜻한다.

➔ 족

주기율표의 세로줄로 1~18족이 있고, 같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

1. 주기율표에서 원소들은 원자 번호 순으로 배열되어 있고, 화학적 성질이 비슷한 원소가 같은 (가로줄 / 세로줄)에 오도록 되어 있다.

2. 주기는 주기율표의 가로줄로 ()~()주기가 있고, 같은 주기 원소는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

※ ○ 또는 ×

3. 같은 주기 원소는 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다. ()

정답

1. 세로줄
2. 1, 7
3. ×

개념 체크

➔ 주기율표에서 원소는 금속 원소, 비금속 원소, 준금속 원소로 분류할 수 있다.

➔ 유효 핵전하

전자에 작용하는 실질적인 핵전하이다.

※ ○ 또는 ×

1. 금속 원소는 주기율표에서 왼쪽에 주로 위치하고, 비금속 원소는 주기율표에서 오른쪽에 주로 위치한다. ()
2. 금속 원소는 양이온이 되기 쉽다. ()
3. 18족 원소를 제외한 비금속 원소는 음이온이 되기 쉽다. ()

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.

과학 돋보기

가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치와 주기율

족 \ 주기	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 바닥상태 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. ○
2. ○
3. ○

- 전자가 2개 이상인 다전자 원자에서 전자에 작용하는 실질적인 핵전하를 따지려면 원자핵과 전자 사이의 인력뿐만 아니라 전자 사이의 반발력도 고려해야 한다. 한 전자에 작용하는 유효 핵전하는 다른 전자와의 반발력 때문에 양성자수에 의한 핵전하보다 작아진다.

예 원자 번호가 6인 탄소(C) 원자의 경우 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하는 양성자수에 의한 핵전하인 6+보다 작다.

② 가려막기 효과(가림 효과)

- 다전자 원자에서 전자에 작용하는 유효 핵전하가 양성자수에 의한 핵전하보다 작아지는 것은 다른 전자에 의해 핵이 가려지기 때문이다. 이러한 현상은 자신보다 안쪽 전자 껍질에 있는 전자뿐만 아니라 자신과 같은 전자 껍질에 있는 다른 전자에 의해서도 나타나며, 이를 가려막기 효과라고 한다.
- 가려막기 효과는 전자 사이의 반발력 때문에 원자핵과 전자 사이의 실질적인 인력이 약해지는 현상을 의미한다.
- 같은 전자 껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자에 의한 가려막기 효과보다 작다.

개념 체크

➔ 가려막기 효과

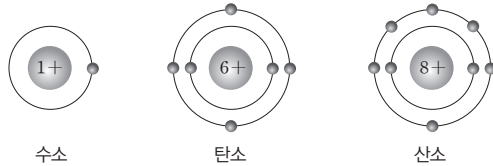
다전자 원자에서 전자에 작용하는 유효 핵전하는 다른 전자에 의하여 핵전하가 가려지므로 양성자수에 의한 핵전하보다 작다.

※ ○ 또는 ×

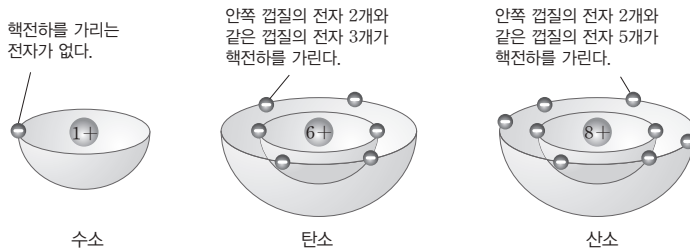
1. 가려막기 효과는 자신보다 안쪽 전자 껍질의 전자뿐만 아니라 자신과 같은 전자 껍질에 있는 다른 전자에 의해서도 나타난다. ()
2. 원자 번호가 6인 탄소(C)의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 6+이다. ()
3. 산소(O) 원자에서 안쪽 전자 껍질에 있는 전자와 바깥쪽 전자 껍질에 있는 전자의 유효 핵전하는 같다. ()

탐구자료 살펴보기 가려막기 효과

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



자료 해석



1. 수소 원자는 전자가 1개이므로 수소의 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하는 1+ 그대로이다.
2. 탄소의 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전하는 K 전자 껍질의 전자와 L 전자 껍질의 다른 전자의 가려막기 효과 때문에 6+보다 작다. 마찬가지로 산소의 원자가 전자에 작용하는 유효 핵전해도 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

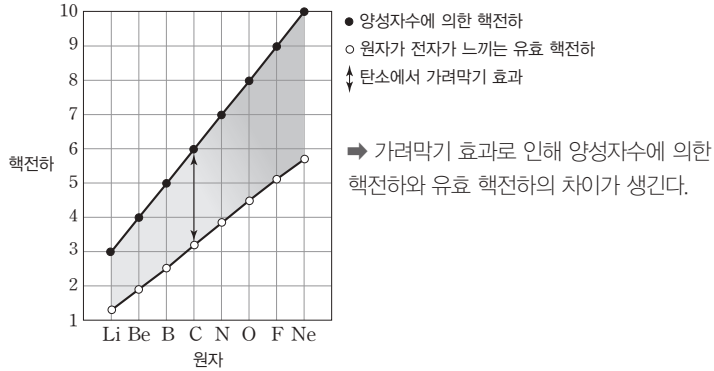
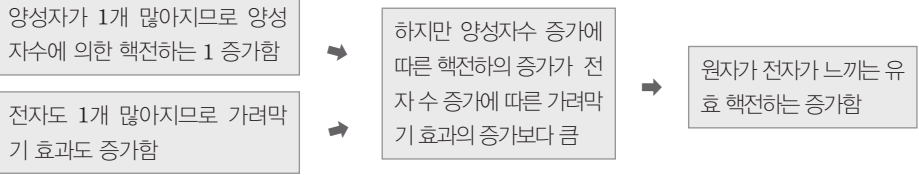
1. ○
2. ×
3. ×

개념 체크

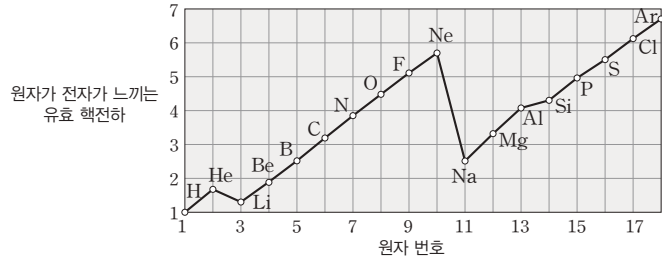
- 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커진다.
- 원자가 음이온이 되면 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 감소한다.

- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 질소(N)가 탄소(C)보다 (크 / 작)다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 네온(Ne)이 나트륨(Na)보다 (크 / 작)다.
- 같은 주기에서 양성자수 증가에 따른 핵전하의 증가가 전자 수 증가에 따른 가려막기 효과의 증가보다 유효 핵전하에 미치는 영향이 (크 / 작)다.

• 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 전자 껍질이 바뀌므로 안쪽 전자 껍질 수가 증가한다. 그러므로 안쪽 전자 껍질의 전자 수 증가로 인한 가려막기 효과가 크게 증가하므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 감소한다.



④ 전자 수 증가와 감소에 따른 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하

전자 수 증가	전자 수 감소
<p>전자들 사이의 반발력이 커짐 ⇨ 유효 핵전하 감소</p> <p>예) F이 F⁻이 되면 전자 수가 증가하여 전자 사이의 반발력이 커지므로 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 감소한다.</p>	<p>전자들 사이의 반발력이 작아짐 ⇨ 유효 핵전하 증가</p> <p>예) Na이 Na⁺이 되면 전자 수가 감소하여 전자들 사이의 반발력이 작아지므로 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다.</p>
<p>F > F⁻</p>	<p>Na < Na⁺</p>

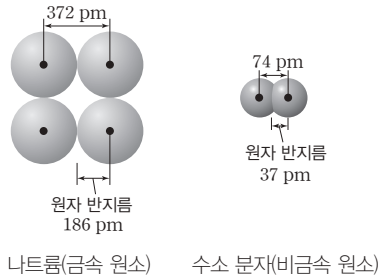
정답

- 크
- 크
- 크

(2) 원자 반지름

① 원자 반지름의 측정

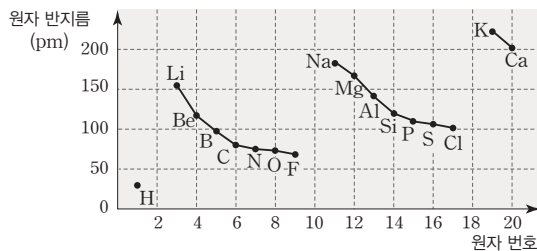
- 현대적 원자 모형인 오비탈 모형에서는 핵으로부터 거리가 아무리 멀어지더라도 전자가 발견될 확률이 0이 되지 않기 때문에 원자의 크기를 정확하게 정의하기 어렵다. 따라서 같은 종류의 두 원자가 결합했을 때 그 두 원자의 원자핵 사이의 거리를 측정하고, 그 거리의 절반을 원자 반지름으로 정의한다.
- 나트륨(Na)과 같은 금속의 경우, 원자 반지름은 나트륨 결정에서 가장 가까운 원자핵 사이 거리의 절반으로 정의한다. 수소(H₂), 염소(Cl₂)와 같이 동일한 원자로 구성된 이원자 분자의 형태로 존재하는 비금속 원소의 원자 반지름은 원자핵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

개념 체크

☞ 원자 반지름

같은 종류의 원자가 결합하였을 때 두 원자의 원자핵 사이의 거리를 측정하고, 그 거리의 절반을 원자 반지름으로 정의한다.

☞ 원자 반지름의 주기성

같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 유효 핵전하가 증가하여 원자 반지름이 작아지고, 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 전자 껍질 수가 증가하여 원자 반지름이 증가한다.

1. 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 ()가 증가하여 원자 반지름이 감소한다.
2. 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 () 수가 증가하여 원자 반지름이 증가한다.

※ ○ 또는 ×

3. 원자 반지름은 B > C이다. ()
4. 원자 반지름은 K > Mg이다. ()

정답

1. 유효 핵전하
2. 전자 껍질
3. ○
4. ○

개념 체크

☞ 양이온의 반지름

금속 원소의 원자가 전자를 잃으면 전자 껍질 수가 감소하므로 반지름이 감소한다.

☞ 음이온의 반지름

비금속 원소의 원자가 전자를 얻으면 가려막기 효과가 증가하여 유효 핵전하가 감소하므로 반지름이 증가한다.

☞ 전자 수가 같은 이온의 이온 반지름

원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 크므로 이온 반지름이 작아진다.

※ ○ 또는 ×

1. 반지름은 $\text{Na} > \text{Na}^+$ 이다. ()
2. 반지름은 $\text{Cl} > \text{Cl}^-$ 이다. ()
3. 반지름은 $\text{O}^{2-} > \text{Mg}^{2+}$ 이다. ()
4. 반지름은 $\text{O}^{2-} > \text{S}^{2-}$ 이다. ()

(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. ☞ Na 이 Na^+ 이 될 때, M 전자 껍질의 원자가 전자 1개를 잃으며 전자 껍질 수가 감소하므로 반지름이 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. ☞ Cl 가 Cl^- 이 될 때, M 전자 껍질의 전자 수가 7에서 8로 증가하여 전자 사이의 반발력이 증가하고, 가려막기 효과가 커져서 유효 핵전하가 감소하므로 반지름이 증가한다.

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. ☞ $\text{Li}^+ < \text{Na}^+$, $\text{F}^- < \text{Cl}^-$	양이온은 같은 주기 원소의 음이온보다 전자 껍질이 1개 적기 때문에 반지름이 작다. ☞ $\text{Na}^+ < \text{Cl}^-$

● 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

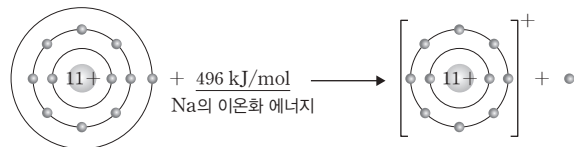
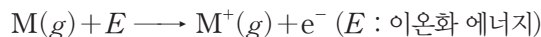
② 전자 수가 같은 이온(등전자 이온)의 이온 반지름

- 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.

☞ $\text{O}^{2-} > \text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ → 네온(Ne)의 전자 배치($1s^2 2s^2 2p^6$)와 같다.
 2주기 음이온 3주기 양이온

$\text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$ → 아르곤(Ar)의 전자 배치($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$)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.

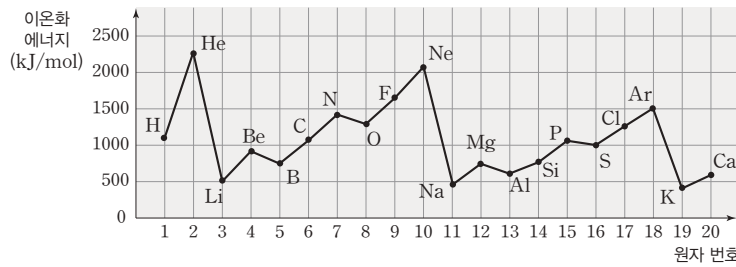
정답

1. ○
2. ×
3. ○
4. ×

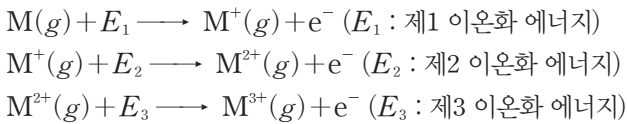
① 이온화 에너지의 주기적 변화

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.

→ $E_1 < E_2 < E_3 < E_4 < \dots$

- 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 위해 필요한 최소 에너지는 Al의 원자가 전자를 모두 떼어 내는 데 필요한 순차 이온화 에너지의 합($E_1 + E_2 + E_3$)이다.

개념 체크

➡ 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 쉬워 양이온이 되기 쉽다.

➡ 순차 이온화 에너지

기체 상태의 원자 1 mol에서 전자를 차례로 떼어 내는 데 필요한 단계별 에너지이다.

1. 3주기 원소 중 제1 이온화 에너지가 가장 작은 원소는 ()이다.

2. 제1 이온화 에너지는 Be (>/<) B이다.

3. 제1 이온화 에너지는 N (>/<) O이다.

※ ○ 또는 ×

4. 2주기 원자 X의 제2 이온화 에너지가 제1 이온화 에너지에 비해 매우 큰 경우 X는 2족 원소이다. ()

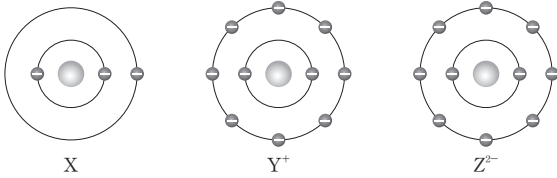
정답

1. Na
2. >
3. >
4. ×

수능 2점 테스트

[26024-0103]

01 그림은 바닥상태 원자 또는 이온 X, Y⁺, Z²⁻을 모형으로 나타낸 것이다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 3주기 원소는 2가지이다.
- ㄴ. X와 Y는 같은 족 원소이다.
- ㄷ. 홀전자 수는 Z가 Y의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0104]

02 다음은 서로 다른 2주기 바닥상태 원자 X와 Y에 대한 자료이다.

- 홀전자 수는 X와 Y가 같다.
- X에서 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수는 1이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 원자 번호는 X > Y이다.
- ㄴ. Y의 $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}} = 1$ 이다.
- ㄷ. 원자 반지름은 Y > X이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0105]

03 다음은 바닥상태 원자 W~Z의 전자 배치를 나타낸 것이다.

- W : $1s^2 2s^1$ ○ X : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
- Y : $1s^2 2s^2 2p^5$ ○ Z : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 W > Y이다.
- ㄴ. W~Z 중 원자 반지름이 가장 큰 것은 X이다.
- ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 Z > W이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0106]

04 다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다.

○ 주기율표의 일부

족	1	15	16
주기			
2			
3			

- W~Z는 위의 주기율표에서 빗금 친 부분에 해당하는 원자를 순서 없이 나타낸 것이다.
- W~Z 중 원자 반지름이 가장 큰 것은 Z이고, 홀전자 수가 가장 큰 것은 Y이다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 W > Z이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X와 Z는 같은 족 원소이다.
- ㄴ. 제1 이온화 에너지는 Y > W이다.
- ㄷ. 제2 이온화 에너지는 Z > Y이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0107]

05 다음은 바닥상태 원자 V~Z에 대한 자료이다.

○ 주기율표의 일부

주기 \ 족	1	2	15	16
2	㉠		㉡	㉢
3	㉣	㉤		

- ㉠~㉤은 V~Z를 순서 없이 나타낸 것이다.
- 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수는 $V=W>0$ 이다.
- 원자 반지름은 $X>Z$ 이다.
- 제2 이온화 에너지는 $Y>W>X$ 이다.

X는? (단, V~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢
④ ㉣ ⑤ ㉤

[26024-0108]

06 표는 2, 3주기 1, 2, 13족 원자 X~Z의 제n 이온화 에너지(E_n)에 대한 자료이다.

원자	$E_n (\times 10^3 \text{ kJ/mol})$			
	E_1	E_2	E_3	E_4
X	0.50	4.56	6.91	9.54
Y	0.74	1.45	7.73	10.54
Z	0.80	2.42	3.65	24.98

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 1족 원소이다.
- ㄴ. Y는 Be이다.
- ㄷ. 원자 반지름은 $X>Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0109]

07 표는 2, 3주기 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z는 O, F, Mg, Al을 순서 없이 나타낸 것이고, W~Z의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

원자	W	X	Y	Z
이온 반지름				
원자 반지름	0.41	0.35	1.92	1.92
s 오비탈의 전자 수	a	b	c	a
p 오비탈의 전자 수				

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $a>b$ 이다.
- ㄴ. 제2 이온화 에너지는 $W>X$ 이다.
- ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y>Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[26024-0110]

08 다음은 원자 N, O, Na, Mg의 ㉠과 ㉡을 비교한 자료이다. 4가지 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

- ㉠ : $N>O>Mg>Na$
- ㉡ : $Na>Mg>N>O$

㉠과 ㉡으로 가장 적절한 것은?

- | | | |
|--------------|---|------------|
| | ㉠ | ㉡ |
| ① 원자 반지름 | | 제1 이온화 에너지 |
| ② 제1 이온화 에너지 | | 원자 반지름 |
| ③ 제1 이온화 에너지 | | 이온 반지름 |
| ④ 이온 반지름 | | 원자 반지름 |
| ⑤ 원자가 전자 수 | | 이온 반지름 |

[26024-0111]

09 다음은 18족 원자를 제외한 원자 번호가 연속인 2주기 원자 X~Z에 대한 자료이다.

- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > Y > X$ 이다.
- 제2 이온화 에너지는 $X > Z > Y$ 이다.

X~Z의 제1 이온화 에너지를 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 $Z > X > Y$

[26024-0112]

10 표는 2, 3주기 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 s와 p를 순서 없이 나타낸 것이고, X와 Z는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 같다.

원자	X	Y	Z
㉠ 오비탈의 전자 수	$\frac{3}{4}$	1	1
㉡ 오비탈의 전자 수	$\frac{3}{4}$		

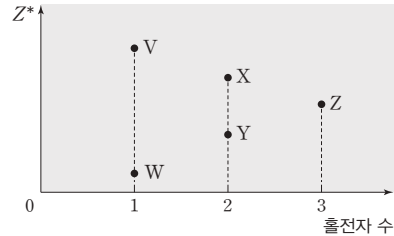
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. ㉠은 p이다.
 - ㄴ. 원자 반지름은 $X > Y$ 이다.
 - ㄷ. 제1 이온화 에너지는 $X > Z$ 이다.

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

[26024-0113]

11 그림은 바닥상태 2주기 원자 V~Z의 출전자 수와 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하(Z^*)를 나타낸 것이다. V와 W의 원자가 전자 수 합은 X와 Y의 원자가 전자 수 합보다 작다.



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

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. 원자 반지름은 $Y > V$ 이다.
 - ㄴ. 제1 이온화 에너지는 $Z > X$ 이다.
 - ㄷ. 제2 이온화 에너지는 $W > V$ 이다.

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

[26024-0114]

12 표는 원자 W~Z에 대한 자료이다. E_n 은 제n 이온화 에너지이고, W~Z의 원자 번호는 각각 7~13 중 하나이다.

원자	W	X	Y	Z
원자 번호	a	a+1	a+4	a+5
$E_1 (\times 10^3 \text{ kJ/mol})$	1.31	1.68	0.74	0.58

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

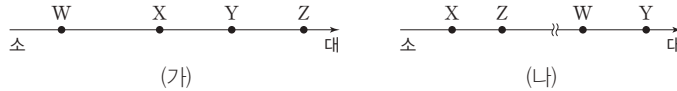
- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. $a=8$ 이다.
 - ㄴ. W~Z 중 원자 반지름이 가장 큰 것은 W이다.
 - ㄷ. $\frac{E_2}{E_1}$ 는 $Y > Z$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

수능 3점 테스트

[26024-0115]

01 그림 (가)와 (나)는 바닥상태 원자 W~Z의 원자 반지름과 이온 반지름을 순서 없이 나타낸 것이다. W~Z는 O, F, Na, Al을 순서 없이 나타낸 것이고, W~Z의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 가지며, 원자 반지름은 O가 F의 2배보다 작고, 이온 반지름은 O^{2-} 이 F^- 의 2배보다 작다.



원자 반지름은 $Na > Al > O > F$ 이고, 이온 반지름은 $O > F > Na > Al$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$ 이다.
- ㄴ. 제2 이온화 에너지는 $W > Y$ 이다.
- ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > X$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0116]

02 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 O, Na, Mg을 순서 없이 나타낸 것이고, X~Z의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

제1 이온화 에너지는 $O > Mg > Na$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Na > O > Mg$ 이다.

- $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$ 은 $X > Y$ 이다.
- 제1 이온화 에너지는 $X > Z$ 이다.
- 제2 이온화 에너지는 $Z > Y$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 Mg이다.
- ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > X$ 이다.
- ㄷ. 이온 반지름은 $Y > Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

제1 이온화 에너지는 $Ne > F > N > O > Mg > Al > Na$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Na > Ne > O > F > N > Al > Mg$ 이다.

03 표는 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z의 원자 번호는 각각 7~13 중 하나이고, 제2 이온화 에너지는 $X > Z > W$ 이며, a 와 b 는 서로 다른 정수이다.

원자	W	X	Y	Z
홀전자 수	a	b	b	$2b+1$
제1 이온화 에너지 ($\times 10^3$ kJ/mol)	0.74	0.50	1.68	1.40

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

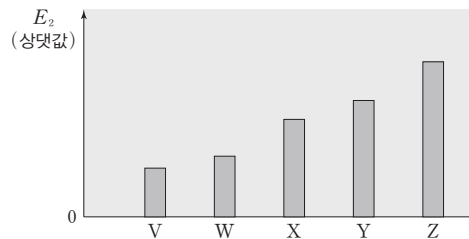
◀ 보기 ▶

- ㄱ. $b=1$ 이다.
- ㄴ. 원자 반지름은 $X > W$ 이다.
- ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y > Z$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

제2 이온화 에너지는 1족 원자가 1족 원자보다 주기가 1만큼 작은 18족 원자보다 크다. 따라서 N, O, Na, Mg, Al 중 제2 이온화 에너지가 가장 큰 것은 Na이다.

04 그림은 원자 V~Z의 제2 이온화 에너지(E_2)를 나타낸 것이다. V~Z는 N, O, Na, Mg, Al을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. V~Z 중 제1 이온화 에너지가 가장 큰 것은 X이다.
- ㄴ. 원자 반지름은 $Y > Z$ 이다.
- ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $W > V$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0119]

05 표는 2, 3주기 원자 W~Z에 대한 자료이다. E_n 은 제 n 이온화 에너지이고, n 은 7 이하의 자연수이다.

원자	W	X	Y	Z
$E_1 (\times 10^3 \text{ kJ/mol})$	0.74	0.80	1.01	1.31
$\frac{E_{n+1}}{E_n}$ 가 최대인 n	2	3	5	6

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. W의 원자가 전자 수는 2이다.
 ㄴ. 원자 반지름은 $Y > Z$ 이다.
 ㄷ. E_2 는 $W > X$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\frac{E_{n+1}}{E_n}$ 가 최대인 n 은 원자가 전자 수와 같고, 원자가 전자 수를 알면 족을 알 수 있다.

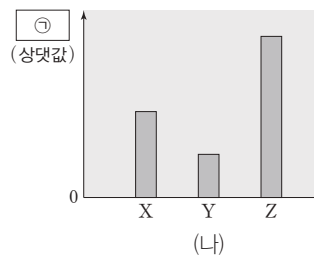
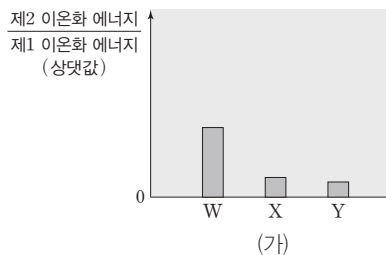
[26024-0120]

06 그림 (가)는 원자 W~Y의 제2 이온화 에너지를, (나)는 원자 X~Z의 ㉠을 나타낸 것이다.

W~Z는 O, F, Na, Mg을 순서 없이 나타낸 것이고, X~Z의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

㉠은 $\frac{\text{원자 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$ 과 $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$ 중 하나이고, 바닥상태에서 출전자 수는 $X > Y$ 이며, 원자 반지름

은 O가 F의 2배보다 작고, 이온 반지름은 O^{2-} 이 F^- 의 2배보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. W는 Na이다.
 ㄴ. ㉠은 $\frac{\text{이온 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$ 이다.
 ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > X$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Na의 제2 이온화 에너지가 제1 이온화 에너지가 가장 크고, 원자 반지름은 $Na > Mg > O > F$ 이며, 이온 반지름은 $O > F > Na > Mg$ 이다.

X의 원자가 전자 수와 Z의 홀전자 수가 같고, X와 Z는 금속과 비금속 중 하나이므로 각각 Mg과 O이거나 각각 Al과 N이다.

07 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 N, O, Na, Mg, Al 중 하나이고, X~Z의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

- X의 원자가 전자 수와 Z의 홀전자 수는 같다.
- 제2 이온화 에너지는 $Z > Y > X$ 이다.
- ㉠은 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$ 과 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 중 하나이다.

원자	X	Y	Z
㉠	0.41	0.35	1.92

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 이다.
- ㄴ. Z는 N이다.
- ㄷ. 제1 이온화 에너지는 $X > Y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크다.

08 표는 18족 원자를 제외한 바닥상태 2, 3주기 원자 W~Z에 대한 자료이다. 홀전자 수는 $Y > Z > X$ 이다.

원자	W	X	Y	Z
원자 반지름(pm)	112	143	75	103
원자가 전자 수	$a-2$	$a-1$	$a+1$	$a+2$

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

◀ 보기 ▶

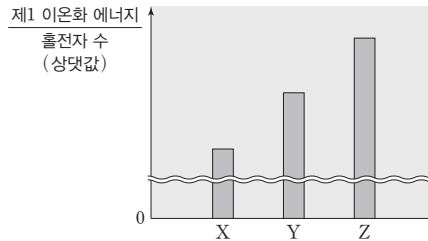
- ㄱ. W와 Y는 같은 주기 원소이다.
- ㄴ. 제1 이온화 에너지는 $W > X$ 이다.
- ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > X$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0123]

09 다음은 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 N, O, F, Na, Al 중 하나이고, X~Z의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

- Z의 홀전자 수는 X와 Y의 홀전자 수 합과 같다.
- X~Z 중 원자 반지름이 가장 작은 것은 Z이다.
- X~Z의 $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{홀전자 수}}$ (상댓값)



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. Z는 N이다.
- ㄴ. 제2 이온화 에너지는 $X > Z$ 이다.
- ㄷ. $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$ 은 $Z > Y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

Z가 N이면 X와 Y 중 하나가 O이고, 원자 반지름은 $N > O$ 이다.

[26024-0124]

10 표는 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z는 C, O, Mg, P을 순서 없이 나타낸 것이다.

원자	W	X	Y	Z
$\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ (상댓값)	1	2	2	3
전자가 들어 있는 오비탈 수	a		b	a+b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

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

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

$\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 같은 X와 Y는 각각 O와 Mg 중 하나이다.

수능 3점 테스트

[26024-0125]

원자가 전자 수가 1인 1족은 제2 이온화 에너지가 다른 족 원소보다 상대적으로 크다.

11 다음은 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z는 Be, B, Na, Mg를 순서 없이 나타낸 것이다.

○ W~Z의 $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$ 와 $\frac{\text{제3 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$

원자	W	X	Y	Z
제1 이온화 에너지	0.1	0.3	0.5	0.5
제2 이온화 에너지	1.5	1.5	5.3	8.4

○ 제1 이온화 에너지는 $X > Y$ 이다.

W~Z의 원자 반지름을 비교한 것으로 옳은 것은?

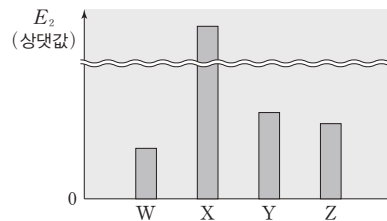
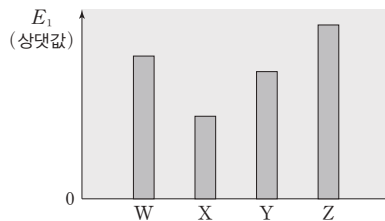
- ① $W > X > Y > Z$
- ② $W > Y > X > Z$
- ③ $W > Y > Z > X$
- ④ $X > W > Y > Z$
- ⑤ $X > Z > Y > W$

홀전자 수 합이 4이므로 W~Z 중 Be이 포함되고, Be은 2주기 원소 중 제2 이온화 에너지가 가장 작다.

[26024-0126]

12 다음은 18족 원자를 제외한 2주기 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다.

○ W~Z의 홀전자 수 합은 4이다.
○ W~Z의 제1 이온화 에너지(E_1) 및 제2 이온화 에너지(E_2)



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. W는 Be이다.
- ㄴ. 홀전자 수는 $Y > X$ 이다.
- ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > Y$ 이다.

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

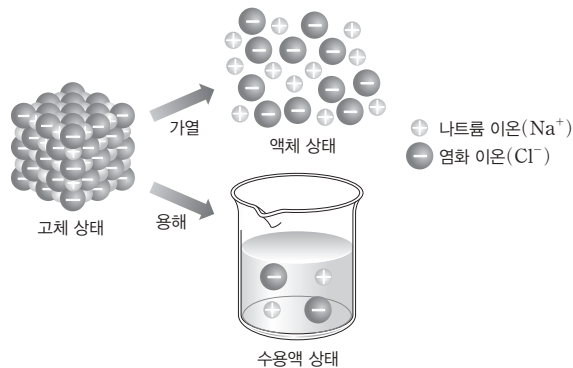
07 이온 결합

1 화학 결합의 전기적 성질

(1) 이온 결합의 전기적 성질

- ① 이온 결합 물질 : 염화 나트륨(NaCl), 플루오린화 칼륨(KF)과 같이 이온으로 구성된 물질은 서로 다른 전하를 띤 이온들이 정전기적 인력에 의해 단단히 결합을 하고 있어 상온에서 대부분 고체 상태이다.
- ② 전기 전도성 : 이온 결합 물질은 고체 상태에서 이온들이 단단히 결합하고 있어서 자유롭게 이동하지 못하므로 전류가 흐르지 않지만, 액체 상태나 수용액 상태에서는 이온들이 자유롭게 움직일 수 있으므로 전압을 걸어 주면 양이온은 (-)극으로, 음이온은 (+)극으로 이동하여 전류가 흐른다.

예 염화 나트륨(NaCl)



- ③ 이온 결합과 전자 : 이온 결합 물질의 용융액에 전류를 흘려주었을 때 성분 원소로 분해되는 것으로 보아 이온 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

개념 체크

① 이온 결합 물질

서로 다른 전하를 띤 이온들이 정전기적 인력에 의해 결합하여 생성된다.

② 이온 결합과 전자

이온 결합에는 전자가 관여한다.

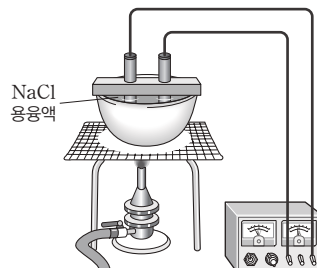
1. 염화 나트륨(NaCl) 용융액에 전류를 흘려주면 ()은 (+)극 쪽으로 이동하고, ()은 (-)극 쪽으로 이동한다.

※ ○ 또는 ×

2. 이온 결합 물질은 수용액 상태와 액체(용융액) 상태에서 전기 전도성이 있다. ()
3. 용융 상태의 이온 결합 물질이 전기 분해되는 것으로 보아 이온 결합의 형성 과정에서는 전자가 관여한다. ()

과학 돋보기

염화 나트륨(NaCl) 용융액의 전기 분해



- 1 atm에서 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.

정답

1. Cl⁻, Na⁺
2. ○
3. ○

개념 체크

➔ 공유 결합
비금속 원소들이 전자를 공유하면서 생성된다.

➔ 공유 결합과 전자
공유 결합이 형성될 때 전자가 관여한다.

1. 공유 결합 물질인 물을 전기 분해하면 ()극에서는 수소 기체가, ()극에서는 산소 기체가 발생한다.

※ ○ 또는 ×

2. 공유 결합 물질을 전기 분해할 수 있으므로 공유 결합에는 전자가 관여한다. ()

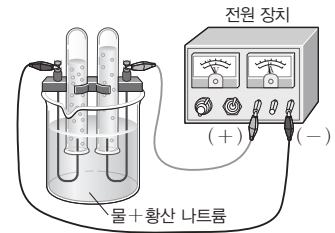
3. 설탕은 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만, 수용액 상태에서는 전류가 흐른다. ()

(2) 공유 결합의 전기적 성질

- 공유 결합 물질 : 물(H₂O), 이산화 탄소(CO₂), 설탕(C₁₂H₂₂O₁₁)과 같이 2가지 이상의 비금속 원소로 구성된 화합물이나 흑연(C), 다이아몬드(C)와 같이 1가지 비금속 원소로 이루어진 순물질은 원자 사이에 전자쌍을 공유하는 공유 결합으로 형성된다.
- 전기 전도성 : 공유 결합 물질에는 자유롭게 이동할 수 있는 이온이나 전자가 없으므로 고체 상태나 액체 상태에서 전기 전도성이 없다(단, 흑연(C)은 예외).
- 물의 전기 분해 : 물에 황산 나트륨(Na₂SO₄)과 같은 전해질을 소량 넣고 전기 분해하면 (-)극에서는 수소 기체, (+)극에서는 산소 기체가 발생한다.
- 공유 결합과 전자 : 공유 결합 물질인 물에 전류를 흘려주면 성분 원소로 분해되는 것으로 보아 공유 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 알 수 있다.

탐구자료 살펴보기 물(H₂O)의 전기 분해

실험 과정 (가) 비커에 물을 넣고, 황산 나트륨(Na₂SO₄)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(H₂) 기체가 발생한다.
- (+)극 : 물이 전자를 잃어 산소(O₂) 기체가 발생한다.
- 전체 반응 : $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$

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(C₁₂H₂₂O₁₁)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(C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	×	×

(○ : 전류가 흐름, × : 전류가 흐르지 않는다)

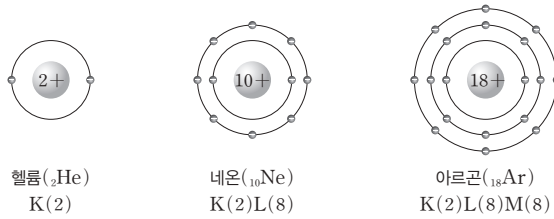
분석 point 1. 염화 나트륨은 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만 액체 상태에서는 전류가 흐른다. 고체 상태에서는 양이온과 음이온이 강하게 결합하고 있어서 이동할 수 없지만, 액체 상태에서는 양이온과 음이온이 자유롭게 이동하여 전하를 운반할 수 있기 때문이다.
2. 설탕에는 자유롭게 이동할 수 있는 이온이나 전자가 없기 때문에 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르지 않는다.

정답

- (-), (+)
-
- ×

(3) 화학 결합과 옥텟 규칙

① 비활성 기체의 전자 배치 : 18족 원소인 비활성 기체는 바닥상태에서 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자가 배치되어 있다(단, He은 2개).

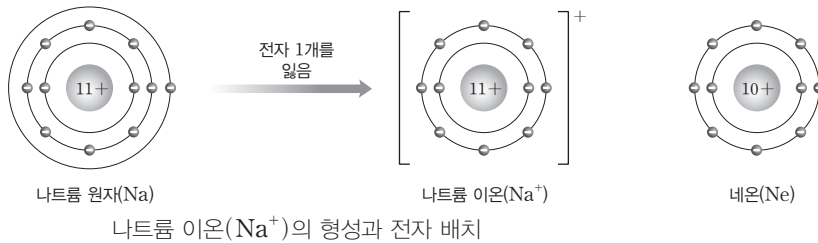


- ② 옥텟 규칙 : 18족 원소 이외의 원자들이 전자를 잃거나 얻어서 또는 전자를 공유함으로써 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려는 경향을 뜻한다.
- ③ 18족 원소 이외의 원자들은 화학 결합을 통해 18족 원소와 같은 전자 배치를 이루려고 한다. 따라서 옥텟 규칙은 이온의 형성이나 공유 결합의 형성을 이해하는 데 매우 유용하다.

2 이온 결합

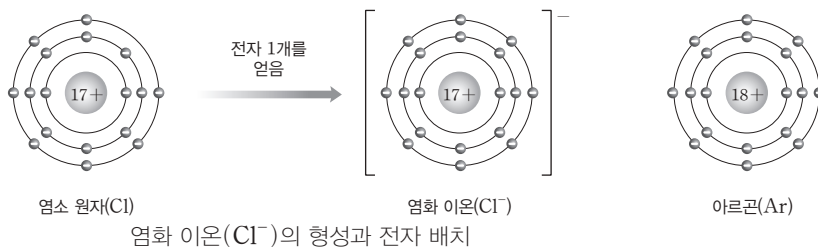
(1) 양이온의 형성 : 원자가 전자를 잃어 양이온이 된다.

예 나트륨 이온(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.



(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.



개념 체크

➡ 비활성 기체
주기율표의 18족에 위치한 원소로 반응성이 작아 다른 원소들과 거의 반응하지 않는다.

➡ 옥텟 규칙
원자들이 화학 결합을 통해 18족 원소와 같은 전자 배치를 하여 안정한 전자 배치를 가지려는 경향이다.

➡ 이온의 형성
원자가 전자를 잃으면 양이온이 되고, 원자가 전자를 얻으면 음이온이 된다.

1. 원자들이 화학 결합을 통해 ()족 원소와 같은 전자 배치를 하여 안정한 전자 배치를 가지려는 경향을 옥텟 규칙이라고 한다.

2. 나트륨(Na) 원자는 전자 ()개를 잃으면 나트륨 이온(Na^+)이 된다.

3. 염소(Cl) 원자가 전자 1개를 얻으면 ()이 된다.

정답

1. 18
2. 1
3. 염화 이온(Cl^-)

개념 체크

이온 결합

양이온과 음이온의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이다.

이온 결합의 형성과 에너지

이온 결합이 형성되면 양이온과 음이온 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 이온 결합이 형성된다.

1. 양이온과 음이온 사이에 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합을 () 이라고 한다.

2. (금속 / 비금속) 원소는 전자를 잃어 양이온이 되고, (금속 / 비금속) 원소는 전자를 얻어 음이온이 되어 이온 결합을 형성한다.

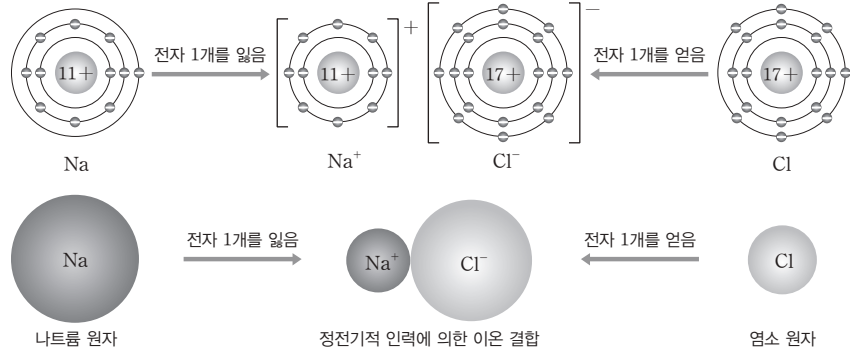
3. 염화 나트륨(NaCl)은 ()과 염화 이온(Cl^-)이 정전기적 인력으로 결합되어 있다.

(3) 이온 결합의 형성

① 이온 결합 : 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이다.

② 이온 결합의 형성 : 이온 결합은 주로 양이온이 되기 쉬운 금속 원소와 음이온이 되기 쉬운 비금속 원소 사이에 형성된다.

예 염화 나트륨의 생성 : 나트륨과 염소가 반응할 때 형성되는 나트륨 이온과 염화 이온이 정전기적 인력에 의해 결합하여 생성된다.

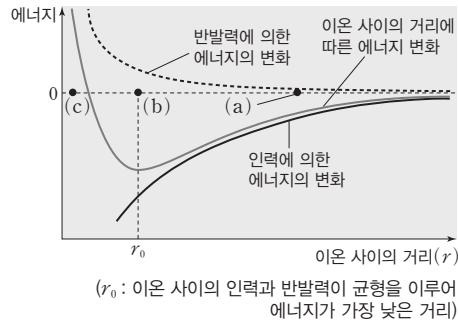


(4) 이온 사이의 거리에 따른 에너지 : 양이온과 음이온 사이의 거리가 가까워질수록 두 이온 사이에 작용하는 정전기적 인력은 증가하고 에너지가 낮아져 안정한 상태가 되지만, 두 이온이 계속 접근하여 거리가 너무 가까워지면 이온 사이의 반발력이 커지므로 에너지가 높아져 불안정한 상태가 된다. 따라서 양이온과 음이온은 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 이온 결합을 형성한다.

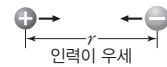
탐구자료 살펴보기

이온 사이의 거리에 따른 에너지

탐구 자료



(a) 이온 사이의 거리(r) > r_0



(b) 이온 사이의 거리(r) = r_0



(c) 이온 사이의 거리(r) < r_0



⊕ 양이온
⊖ 음이온

분석 point

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

정답

- 이온 결합
- 금속, 비금속
- 나트륨 이온(Na^+)

(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 수 비로 양이온과 음이온이 결합한다.

$$\text{양이온의 총 전하} + \text{음이온의 총 전하} = 0$$

A^{n+} 과 B^{m-} 에 의해 형성되는 화합물의 화학식은 $\text{A}_x\text{B}_y(x : y = m : n)$ 이다. 일반적으로 양이온의 원소 기호를 앞에 쓰고, 음이온의 원소 기호를 뒤에 쓴다.

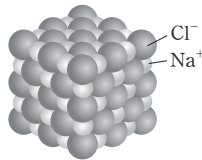
예 • 나트륨 이온(Na^+)과 염화 이온(Cl^-)이 결합하여 생성되는 염화 나트륨은 양이온과 음이온이 1 : 1의 개수비로 결합하므로 화학식은 NaCl 이다.

• 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
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	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.

개념 체크

이온 결합의 화학식

화합물이 전기적으로 중성이 되는 이온 수 비로 양이온과 음이온을 나타낸다.

1. 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 전기적으로 ()이 되는 이온 수 비로 결합되어 있다.

2. 나트륨 이온(Na^+)과 황산 이온(SO_4^{2-})이 결합한 화합물의 화학식은 ()이다.

3. 칼슘 이온(Ca^{2+})과 염화 이온(Cl^-)이 결합한 화합물의 화학식은 ()이다.

정답

1. 중성
2. Na_2SO_4
3. CaCl_2

개념 체크

이온 결합 물질의 부서짐

이온 결합 물질에 힘을 가하면 쉽게 부서진다.

이온 결합 물질의 전기 전도성

고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만, 액체 상태나 수용액 상태에서는 전류가 흐른다.

이온 결합 물질의 녹는점과 끓는점

이온 사이의 거리가 가까고, 이온의 전하량이 클수록 녹는점과 끓는점이 높다.

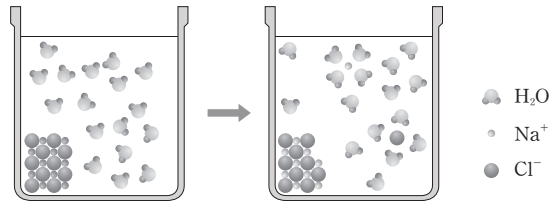
1. 이온 결합 물질에 힘을 가하면 이온의 층이 밀리면서 같은 전하를 띠는 이온들 사이에 (인력 / 반발력)이 작용하게 되어 쉽게 부서진다.

※ ○ 또는 ×

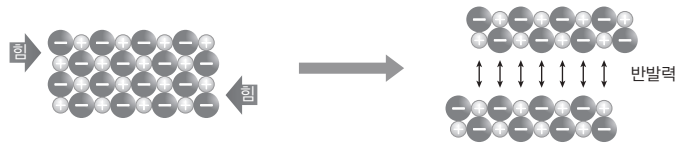
2. 이온 결합 물질은 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다. ()

3. 녹는점은 NaF이 MgO 보다 (높다 / 낮다).

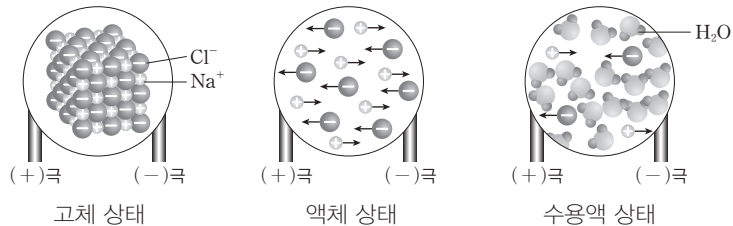
4. 녹는점은 NaCl이 NaI 보다 (높다 / 낮다).



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

정답

- 반발력
-
- 낮다
- 높다

분석 point

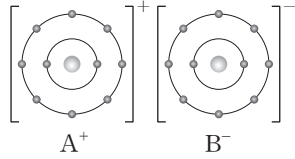
1. 양이온과 음이온의 전하량의 크기가 같은 경우 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점은 높아진다.

예 녹는점 : NaF > NaCl > NaBr > NaI

2. 이온 사이의 거리가 비슷한 경우 이온의 전하량이 클수록 녹는점은 높아진다. 예 녹는점 : BaO > NaCl

수능 2점 테스트

01 그림은 화합물 AB를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다. [26024-0127]

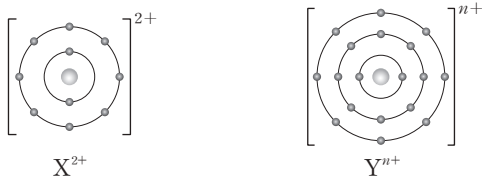


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. A와 B는 같은 주기 원소이다.
 - ㄴ. A의 원자가 전자 수는 1이다.
 - ㄷ. AB는 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 X_aO 와 Y_2O 에서 X^{2+} 과 Y^{n+} 의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다. [26024-0128]



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

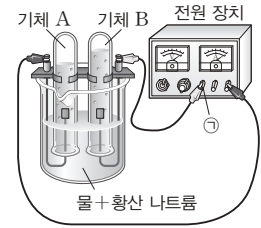
- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. $a=1$ 이다.
 - ㄴ. $n=1$ 이다.
 - ㄷ. 원자 반지름은 $X > Y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 물(H_2O)의 전기 분해 실험이다. [26024-0129]

[실험 과정]

- 그림과 같이 황산 나트륨(Na_2SO_4)을 소량 녹인 물을 가득 채운 시험관에 전류를 흘려준다.



[실험 결과]

- 발생한 기체의 부피는 A가 B의 2배이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. A는 수소(H_2)이다.
 - ㄴ. ㉠은 (+)극이다.
 - ㄷ. 이 실험으로부터 물 분자를 이루는 화학 결합에는 전자가 관여함을 알 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 이온 결합 화합물 (가)~(다)에 대한 자료이다. (다)에서 Y의 이온은 Ne의 전자 배치를 갖는다. [26024-0130]

화합물	(가)	(나)	(다)
구성 원소	Na, Cl	X, Cl	Na, Y
화합물 1 mol에 들어 있는 양이온의 양(mol)	n	n	$2n$
음이온의 전자 수 (상댓값) 양이온의 전자 수	1	5	

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

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. X는 2주기 원소이다.
 - ㄴ. Y는 16족 원소이다.
 - ㄷ. X와 Y는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0131]

05 표는 화합물 (가)와 (나)에 대한 자료이다. X와 Y는 F과 Cl를 순서 없이 나타낸 것이다.

화합물	(가)	(나)
구성 원소	Na, X	Na, Y
화합물 1 mol에 들어 있는 전자의 양(mol)	$5n$	$7n$
이온 사이의 거리(pm)	231	㉠
녹는점(°C)	㉡	801

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

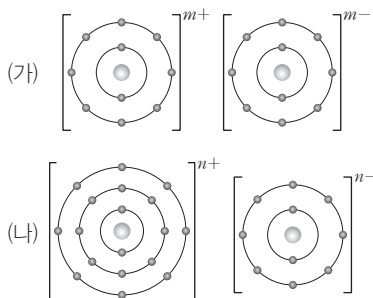
- ㄱ. X는 F이다.
- ㄴ. ㉠ > 231이다.
- ㄷ. ㉡ < 801이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0132]

06 표는 이온 결합 화합물 WX와 YZ에 대한 자료이고, 그림 (가)와 (나)는 WX와 YZ의 화학 결합 모형을 순서 없이 나타낸 것이다. $n > m$ 이다.

화합물	WX	YZ
이온 사이의 거리(pm)	240	231
녹는점(°C)	2572	996



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력은 $WX > YZ$ 이다.
- ㄴ. (가)는 WX의 결합 모형이다.
- ㄷ. X와 Y는 같은 주기 원소이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0133]

07 다음은 이온 결합에 대한 세 학생의 대화이다.

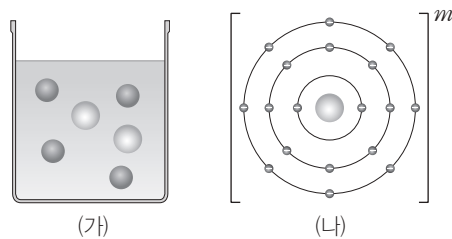


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ C
 ④ A, C ⑤ B, C

[26024-0134]

08 그림 (가)는 X의 양이온과 Y의 음이온으로 구성된 이온 결합 화합물 $X_m Y_n$ 의 수용액에 들어 있는 이온을, (나)는 X의 양이온과 Y의 음이온 중 하나의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다. m 은 +1 또는 -1이다.



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

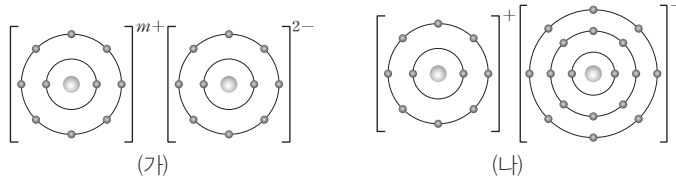
◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 3주기 원소이다.
- ㄴ. ●는 X의 양이온이다.
- ㄷ. 바닥상태 원자 X의 홀전자 수는 1이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0135]

01 그림은 이온 결합 화합물 (가)와 (나)를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



이온 결합 화합물은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

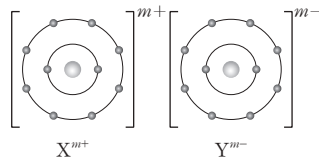
- ㄱ. $m=2$ 이다.
- ㄴ. (가)는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
- ㄷ. (가)와 (나)는 모두 3주기 원소로 이루어져 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0136]

02 다음은 원소 X~Z에 대한 자료와 이온 결합 화합물 XY를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.

- X(s) 1 mol이 충분한 양의 HCl(aq)과 반응할 때 1 mol의 H₂(g)가 생성된다.
- 바닥상태 원자에서 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 Z가 Y보다 5만큼 크다.



3주기 금속 원소는 안정한 이온이 될 때 Ne의 전자 배치를 갖는다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $m=1$ 이다.
- ㄴ. X와 Y는 같은 주기 원소이다.
- ㄷ. X와 Z는 1 : 2로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0137]

이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 이온 결합 화합물의 녹는점이 높다.

03 다음은 학생 A가 수행한 이온 결합 화합물의 녹는점에 관한 탐구 활동이다.

[가설]

○ 이온 결합 화합물에서 이온 사이의 거리가 비슷할 때 녹는점이 높다.

[탐구 과정]

○ 4가지 이온 결합 화합물의 이온 사이의 거리와 녹는점을 조사한다.

[탐구 결과]

화합물	NaF	NaCl	CaO	BaO
이온 사이의 거리(pm)	231	276	240	275
녹는점(°C)	996	801	2572	1972

[결론]

○ 가설은 옳다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. '이온의 전하량이 클수록'은 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. $\frac{\text{CaO 1 mol에 들어 있는 음이온 수}}{\text{NaCl 1 mol에 들어 있는 양이온 수}} = 1$ 이다.
- ㄷ. NaF, NaCl, CaO, BaO 중 이온 사이의 정전기적 인력은 CaO이 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이온 결합 화합물의 녹는점은 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 높다.

[26024-0138]

04 표는 이온 결합 화합물 X~Z에 대한 자료이다. $b > a$ 이다.

화합물	녹는점(°C)	양이온의 전하	음이온의 전하	이온 사이의 거리(pm)
X	996	+n	-n	a
Y	1972	+m	-m	b
Z	2825	+m	-m	c

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 이온 사이의 정전기적 인력은 $Y > X$ 이다.
- ㄴ. $m > n$ 이다.
- ㄷ. $b > c$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0139]

05 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							
2	B						C	
3		D					E	

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A와 C로 구성된 화합물은 이온 결합 화합물이다.
- ㄴ. 녹는점은 BC가 BE보다 높다.
- ㄷ. C와 D는 1 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

수소는 비금속과 공유 결합을 형성한다.

[26024-0140]

06 다음은 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료이다. A~D는 O, Mg, Cl, K을 순서 없이 나타낸 것이고, O와 Mg의 이온은 Ne의 전자 배치를, Cl와 K의 이온은 Ar의 전자 배치를 갖는다.

- B는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이다.
- 홀전자 수는 A=C이다.
- C와 D는 2 : 1로 결합하여 안정한 이온 결합 화합물을 형성한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A는 2주기 원소이다.
- ㄴ. A와 B는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
- ㄷ. D는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

금속은 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이다.

수능 3점 테스트

[26024-0141]

이온 사이의 거리가 비슷한 이온 결합 화합물에서 두 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 높다.

07 표는 4가지 이온 결합 화합물에 대한 자료이다. A~E는 O, F, Mg, Cl, Ca을 순서 없이 나타낸 것이다.

이온 결합 화합물	NaA	NaB	CE	DE
이온 사이의 거리(pm)		231	210	240
녹는점(°C)	801	996	㉠	2572

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A와 D는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
- ㄴ. ㉠ > 2572이다.
- ㄷ. 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 B > A이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

같은 전자 배치를 가지는 이온에서 핵의 전하량이 클수록 이온 반지름은 작다.

[26024-0142]

08 표는 원소 A~D의 이온의 바닥상태 전자 배치와 이온 반지름을 나타낸 자료이다. m과 n은 각각 2 이하의 자연수이다.

이온	전자 배치	이온 반지름(pm)
A ^{m+}	1s ² 2s ² 2p ⁶	65
B ⁿ⁺	1s ² 2s ² 2p ⁶	95
C ⁿ⁻	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶	181
D ^{m-}		140

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. m = 2이다.
- ㄴ. A와 D의 화합물은 B와 C의 화합물보다 녹는점이 높다.
- ㄷ. A와 D의 화합물은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 공유 결합과 결합의 극성

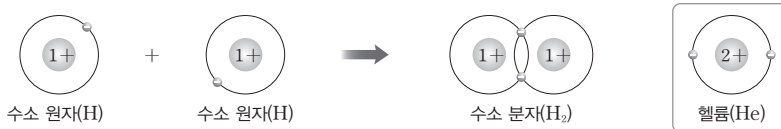
1 공유 결합

(1) 공유 결합

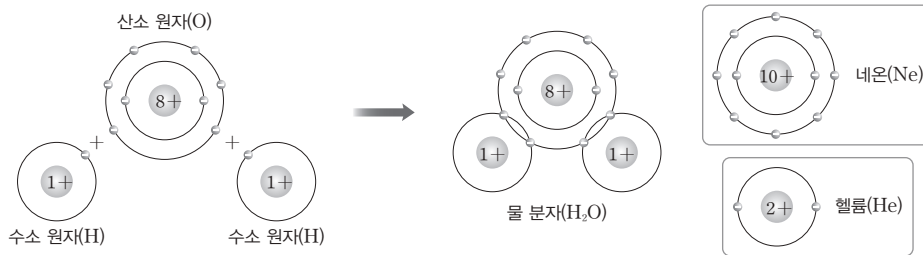
비금속 원소의 원자들이 전자쌍을 서로 공유하면서 형성되는 결합이다.

(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.



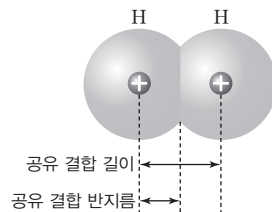
- ② 물 분자의 형성 : 산소 원자 1개가 수소 원자 2개와 각각 전자쌍을 1개씩 공유하여 형성되며, 산소 원자는 네온과 같은 전자 배치를, 수소 원자는 헬륨과 같은 전자 배치를 갖는다.



(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 결합을 할 때 공유 결합 길이의 $\frac{1}{2}$ 이다.



(4) 단일 결합과 다중 결합

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

개념 체크

공유 결합

비금속 원소의 원자들이 전자쌍을 서로 공유하면서 형성되는 결합이다.

- 수소 원자 2개가 각각 전자를 1개씩 내놓고 공유 결합할 때 각각의 수소 원자는 ()과 같은 전자 배치를 갖는다.
- 물(H₂O) 분자에서 산소 원자는 ()과 같은 전자 배치를 갖는다.

정답

- 헬륨(He)
- 네온(Ne)

개념 체크

다중 결합

2중 결합, 3중 결합과 같이 두 원자 사이에 둘 이상의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

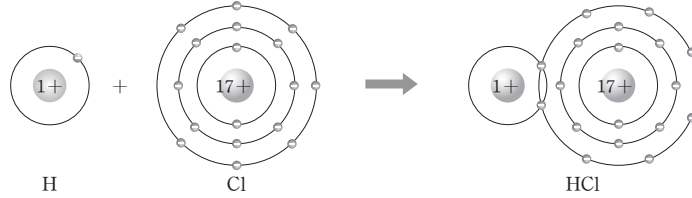
1. 산소 원자 2개가 ()개의 전자쌍을 공유하여 산소(O₂) 분자를 형성한다.

※ ○ 또는 ×

2. 질소(N₂) 분자에는 다중 결합이 있다. ()

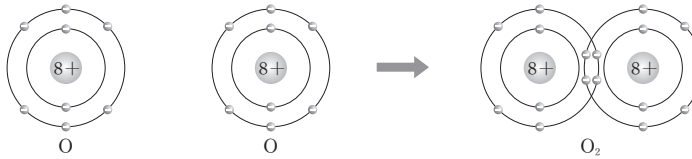
① 단일 결합 : 두 원자가 1개의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

예 수소(H) 원자와 염소(Cl) 원자는 각각 1개의 전자를 내놓아 1개의 전자쌍을 공유하여 염화 수소(HCl) 분자를 형성한다.



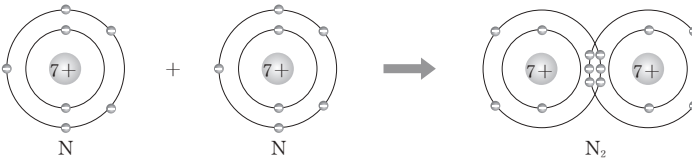
② 2중 결합 : 두 원자가 2개의 전자쌍을 공유하는 결합이다.

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	-161.5
O ₂	-218.8	-182.9	HCl	-114.2	-85.1
Cl ₂	-101.5	-34.0	NH ₃	-77.7	-33.3

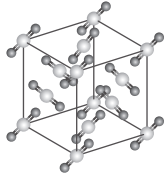
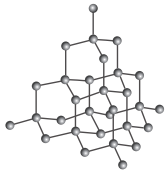
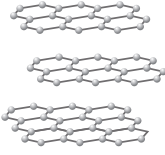
③ 전기 전도성 : 대부분의 공유 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다. 단, 흑연(C)은 전기 전도성을 갖는다.

정답

- 1. 2
- 2. ○

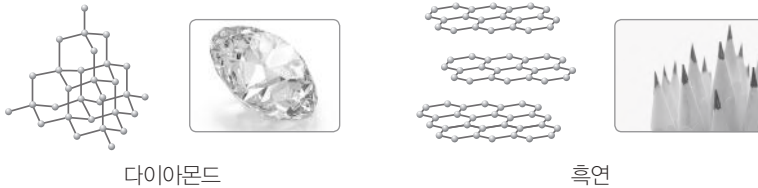
과학 돋보기 분자 결정과 공유 결정

공유 결합 물질에는 분자 결정과 공유 결정이 있다. 분자 결정은 분자 사이에 작용하는 인력에 의해 분자가 규칙적으로 배열하여 생성된 결정이며, 분자 간의 약한 인력에 의해 녹는점과 끓는점이 낮고, 승화성이 있는 물질도 있다. 반면 공유 결정은 원자들이 공유 결합으로 그물처럼 연결되어 생성된 결정이며, 공유 결정의 원자 사이의 인력이 분자 결정의 분자 사이의 인력보다 훨씬 크므로 공유 결정은 분자 결정보다 녹는점과 끓는점이 매우 높고 단단하다. 분자 결정 물질로는 드라이아이스(CO₂), 아이오딘(I₂), 나프탈렌(C₁₀H₈) 등이 있고, 공유 결정 물질로는 다이아몬드(C), 흑연(C), 석영(SiO₂) 등이 있다.

물질	드라이아이스(CO ₂)	다이아몬드(C)	흑연(C)
구조 모형			
결정의 종류	분자 결정	공유 결정	공유 결정

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 없다. 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 1가지 원소로 이루어져 있고 화학식도 C로 같지만 구조가 달라 성질이 다르다. 다이아몬드는 보석과 공업용 절단기 등에 이용되고, 흑연은 연필심, 윤활유 등에 이용된다.



2 결합의 극성

(1) 공유 결합과 전기 음성도

- ① 전기 음성도 : 공유 결합한 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도를 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.

개념 체크

➔ **분자 결정**
분자 사이에 작용하는 인력에 의해 분자가 규칙적으로 배열하여 생성된 결정이다.

➔ **공유 결정**
원자들이 공유 결합으로 그물처럼 연결되어 생성된 결정이다.

1. 2개 이상의 원자로 이루어진 분자는 () 결합으로 이루어져 있다.

※ ○ 또는 ×

2. 대부분의 공유 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. ()

정답

1. 공유
2. ×

개념 체크

➔ 전기 음성도

공유 결합한 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도를 상대적인 수치로 나타낸 것이다.

➔ 극성 공유 결합

전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이다.

➔ 무극성 공유 결합

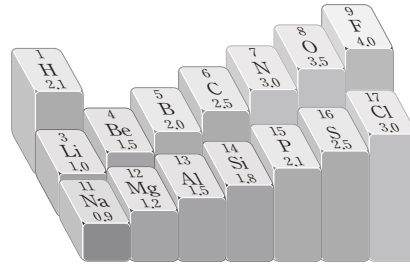
같은 원소의 원자 사이의 공유 결합이다.

1. 같은 주기에서 원자 번호가 ()할수록, 같은 족에서 원자 번호가 ()할수록 전기 음성도는 증가하는 경향이 있다.

2. 전기 음성도가 () 원자일수록 공유 결합에서 공유 전자쌍을 더 세계 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.



1~3주기 원소의 전기 음성도

② 전기 음성도의 주기적 변화

- 같은 주기에서 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.
- 같은 족에서 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.

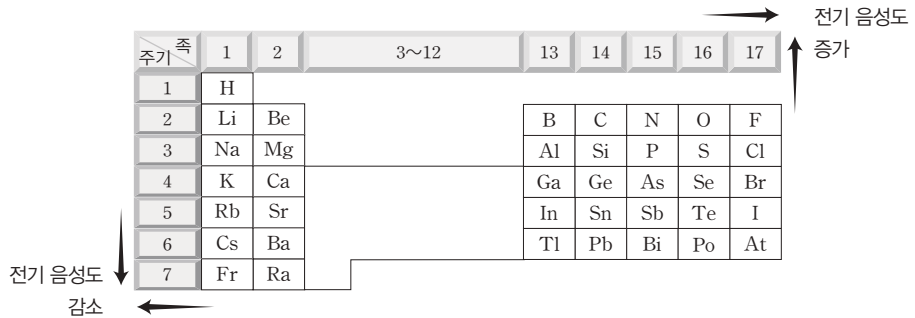
③ 전기 음성도가 큰 원자일수록 공유 결합에서 공유 전자쌍을 더 세계 끌어당긴다.

④ 공유 결합을 이룬 두 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 더 많이 치우친다.

과학 돋보기

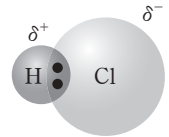
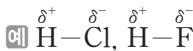
전기 음성도의 주기성

• 주기율표 오른쪽 위로 갈수록 전기 음성도는 증가하는 경향이 있다(단, 18족 제외).



(2) 결합의 극성

① 극성 공유 결합 : 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이며, 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 강하게 당겨서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.



극성 공유 결합

② 무극성 공유 결합 : 같은 원소의 원자 사이의 공유 결합이며, 결합한 두 원자의 전기 음성도가 서로 같으므로 부분적인 전하가 생기지 않는다.

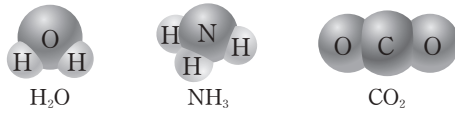


무극성 공유 결합

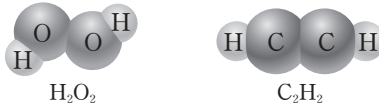
정답

1. 증가, 감소
2. 큰
3. 극성
4. 큰

③ 물(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 분자에는 극성 공유 결합과 무극성 공유 결합이 있다.



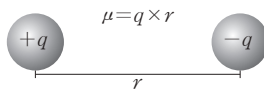
과학 돋보기

전기 음성도 차와 화학 결합

결합의 종류	공유 결합		이온 결합
	무극성 공유 결합	극성 공유 결합	
	 H_2 0.0	 HCl 0.9	 NaCl 2.1
전기 음성도 차	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.		

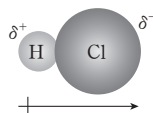
(3) 쌍극자와 쌍극자 모멘트

- 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)의 곱을 쌍극자 모멘트(μ)라고 한다.



• 쌍극자 모멘트(μ)의 표시: 전기 음성도가 작은 원자에서 전기 음성도가 큰 원자를 향하도록 십자 화살표(\rightarrow)를 이용하여 표시한다.

예 염화 수소(HCl) 분자의 쌍극자 모멘트



개념 체크

➔ 쌍극자

크기가 같고 부호가 반대인 전하가 일정한 거리를 두고 분리된 것이다.

➔ 쌍극자 모멘트(μ)

크기는 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)의 곱이고, 방향은 양전하에서 음전하를 향한다.

1. CO₂에서 C 원자와 O 원자 사이의 결합은 () 공유 결합이다.
2. 쌍극자 모멘트는 전기 음성도가 () 원자에서 전기 음성도가 () 원자를 향하도록 십자 화살표(\rightarrow)를 이용하여 표시한다.

정답

1. 극성
2. 작은, 큰

개념 체크

➤ 루이스 전자점식

원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 표시하여 나타낸 식이다.

➤ 공유 전자쌍

공유 결합하는 두 원자가 공유하고 있는 전자쌍이다.

➤ 비공유 전자쌍

원자가 전자 중 공유 결합하는 두 원자가 공유하지 않은 전자쌍이다.

1. 루이스 전자점식은 원소 기호 주위에 ()를 점으로 표시하여 나타낸 식이다.

2. H₂O에는 ()개의 공유 전자쌍과 ()개의 비공유 전자쌍이 존재한다.

3. 산소(O₂)에서 공유 전자쌍 수는 ()이고, 비공유 전자쌍 수는 ()이다.

3 결합의 표현

(1) 루이스 전자점식 : 원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 표시한 식이다.

(2) 원자의 루이스 전자점식

- ① 원자의 원자가 전자 수를 구한다.
- ② 원소 기호의 주위에 원자가 전자를 점으로 표시한다.
- ③ 원자가 전자 1개당 점 1개씩 원소 기호의 네 방향(위, 아래, 좌, 우)에 돌아가면서 표시하고, 5개째 전자부터 쌍을 이루도록 표시한다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17
2	Li·	·Be·	·B·	·C·	·N·	·O·	·F·
3	Na·	·Mg·	·Al·	·Si·	·P·	·S·	·Cl·

2, 3주기 원자의 루이스 전자점식

(3) 분자의 루이스 전자점식

① 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍

- 공유 전자쌍 : 공유 결합하는 두 원자가 공유하고 있는 전자쌍이다.
- 비공유 전자쌍 : 원자가 전자 중 공유 결합하는 두 원자가 공유하지 않은 전자쌍이다.

② 원소인 분자의 루이스 전자점식

분자식	루이스 전자점식
Cl ₂	$\cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot + \cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot \rightarrow \begin{array}{c} \text{공유 전자쌍(단일 결합)} \\ \text{공유 전자쌍 수 : 1} \\ \text{비공유 전자쌍 수 : 6} \\ \text{비공유 전자쌍} \end{array}$
O ₂	$\cdot\ddot{\text{O}}\cdot + \cdot\ddot{\text{O}}\cdot \rightarrow \begin{array}{c} \text{공유 전자쌍(2중 결합)} \\ \text{공유 전자쌍 수 : 2} \\ \text{비공유 전자쌍 수 : 4} \end{array}$
N ₂	$\cdot\ddot{\text{N}}\cdot + \cdot\ddot{\text{N}}\cdot \rightarrow \begin{array}{c} \text{공유 전자쌍(3중 결합)} \\ \text{공유 전자쌍 수 : 3} \\ \text{비공유 전자쌍 수 : 2} \end{array}$

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

정답

1. 원자가 전자
2. 2, 2
3. 2, 4

과학 돋보기

화합물의 루이스 전자점식 그리기

1. 분자, 이온, 화합물을 구성하는 모든 원자의 원자가 전자 수의 합을 구한다.
2. 중심 원자를 정하고 중심 원자와 주변 원자 사이에 공유 전자쌍을 1개씩 그린다.
3. 옥텟 규칙에 따라 주변 원자에 전자를 배치한다.
4. 중심 원자에 남은 전자를 배치하고, 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하는지 확인한다.
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.



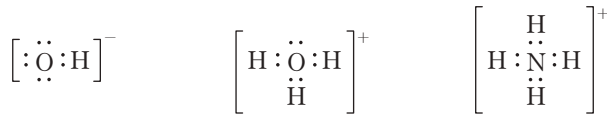
- ② 양이온과 음이온이 결합하여 이온 결합 물질이 형성된다.

예 염화 나트륨(NaCl)의 루이스 전자점식



과학 돋보기

다원자 이온의 루이스 전자점식



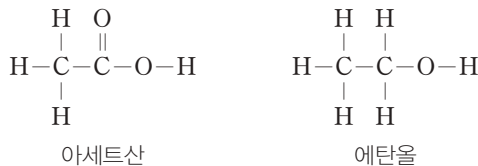
수산화 이온(OH⁻) 하이드로늄 이온(H₃O⁺) 암모늄 이온(NH₄⁺)

양이온은 양전하 1개당 전자점을 1개 제거하고, 음이온은 음전하 1개당 전자점을 1개 더해야 한다. 예를 들어 OH⁻의 경우 산소(O)의 원자가 전자 수가 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



개념 체크

구조식

공유 전자쌍을 결합선으로 나타낸 식이다.

1. MgO의 루이스 전자점식을 그리시오.

※ ○ 또는 ×

2. N₂에는 3중 결합이 있다. ()

정답

1. $[\text{Mg}]^{2+} [\ddot{\text{O}}:]^{2-}$
2. ○

개념 체크

➔ 금속 결합

금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된 결합이다.

➔ 금속 결정

금속 원자가 규칙적으로 배열된 고체이다.

1. 금속 결합에서 ()는 금속 양이온 사이를 자유롭게 움직인다.

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. ()

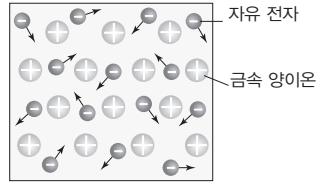
4. 금속을 가열하면 열에너지를 잘 전달하므로 금속은 열전도성이 크다. ()

정답

1. 자유 전자
2. 뽀힘성(연성), 퍼짐성(전성)
3. ○
4. ○

4 금속 결합의 형성

(1) 금속 결합 : 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된다.



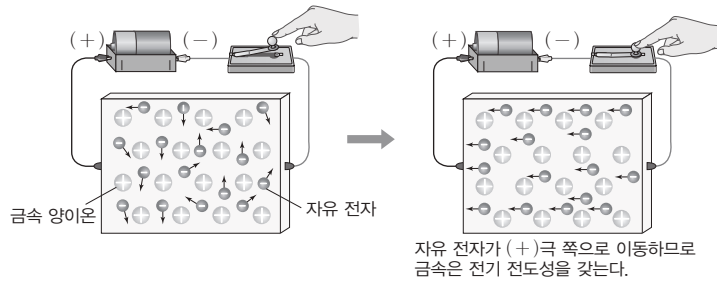
금속 결합 모형

① 자유 전자 : 금속 원자가 내놓은 원자가 전자로, 금속 양이온 사이를 자유롭게 움직이면서 금속 양이온을 결합시키는 역할을 하는 전자이다.

② 금속 결정 : 금속 결합을 하여 금속 원자가 규칙적으로 배열된 고체이다.

(2) 금속의 특성 : 금속 결합을 이루는 금속의 특성이 나타나는 것은 자유 전자 때문이다.

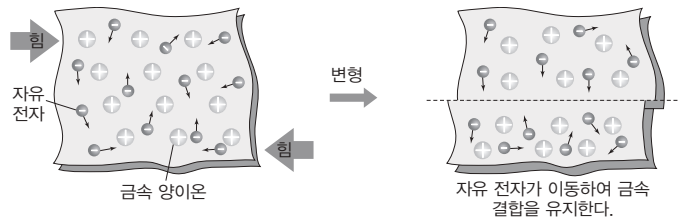
① 전기 전도성 : 금속은 자유 전자가 자유롭게 움직일 수 있으므로 고체와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 금속에 전압을 걸어 주면 자유 전자는 (-)극에서 (+)극 쪽으로 이동한다.



자유 전자가 (+)극 쪽으로 이동하므로 금속은 전기 전도성을 갖는다.

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 퍼짐성(전성) : 외부의 힘에 의해 금속이 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합을 유지할 수 있으므로 금속은 뽀힘성(연성)과 퍼짐성(전성)이 크다.



④ 녹는점과 끓는점 : 금속은 자유 전자와 금속 양이온 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 녹는점과 끓는점이 높다. 따라서 대부분의 금속은 상온에서 고체 상태로 존재하고 단단하다.

금속	녹는점(°C)	금속	녹는점(°C)
Fe	1538	Li	180.5
Cu	1085	Na	98
Ca	842	K	63.5
Al	660	Hg	-39

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 물질을 이루고 있는 화학 결합의 세기가 강할수록 그 물질의 녹는점이 높다.

(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 금속 양이온과 자유 전자 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 녹는점과 끓는점이 높다.

예 Cu의 녹는점 : 1085°C, Fe의 녹는점 : 1538°C

(3) 공유 결합 물질

대부분의 공유 결합 물질은 분자를 구성하는 원자 사이의 공유 결합은 강하지만 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 : 3000°C 이상

개념 체크

☞ 화학 결합의 세기

일반적으로 물질을 이루고 있는 화학 결합의 세기가 강할수록 그 물질의 녹는점이 높다.

※ ○ 또는 ×

1. 이온 결합 물질은 양이온과 음이온 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 결합되어 있다. ()
2. 대부분의 공유 결합 물질에서 원자 사이의 공유 결합은 (강 / 약)하지만 분자 사이의 인력은 (강 / 약)하다.

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	1538
끓는점(°C)		1465	1502	-253	-162	100	2562	2861
전기 전도성	고체	없음	없음	없음	없음	없음	있음	있음
	액체	있음	있음	없음	없음	없음	있음	있음

분석 point

1. 이온 결합 물질(NaCl, KF)은 양이온과 음이온 사이의 강한 정전기적 인력에 의해 결합되어 있으므로 녹는점과 끓는점이 높아서 상온에서 고체 상태로 존재하고, 금속 결합 물질(Cu, Fe) 역시 금속 결합이 강하므로 상온에서 고체 상태로 존재한다. 공유 결합 물질(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.
2. 이온 결합 물질은 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만 액체 상태에서는 이온이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다. 흑연과 같은 예외를 제외하고 공유 결합 물질은 고체와 액체 상태에서 자유롭게 이동할 수 있는 이온이나 전자가 없으므로 전기 전도성이 없다. 한편 금속 결합 물질은 고체 상태에서 자유롭게 이동할 수 있는 자유 전자가 존재하므로 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

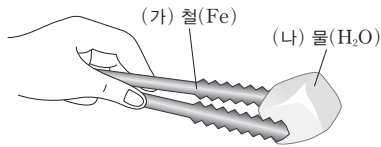
정답

1. ○
2. 강, 약

수능 2점 테스트

[26024-0143]

01 그림은 얼음 집게와 얼음을 각각 구성하는 물질 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

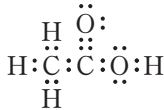
◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에는 자유 전자가 있다.
- ㄴ. (나)에는 무극성 공유 결합이 있다.
- ㄷ. 고체 상태에서 전기 전도성은 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0144]

02 그림은 아세트산(CH_3COOH) 분자의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. 전기 음성도는 $\text{C} > \text{H}$ 이다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수의 2배이다.
- ㄴ. O 원자가 참여한 결합은 모두 극성 공유 결합이다.
- ㄷ. C 원자는 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0145]

03 다음은 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 분자식은 각각 X_2 , YX_2 , Y_2Z_4 이다.
- (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.
- (가)~(다)에는 모두 2중 결합이 있다.

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

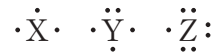
◀ 보기 ▶

- ㄱ. 전기 음성도는 $\text{Z} > \text{X} > \text{Y}$ 이다.
- ㄴ. 비공유 전자쌍 수 비는 (나) : (다) = 1 : 3이다.
- ㄷ. (가)~(다) 중 무극성 공유 결합이 있는 분자는 2가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0146]

04 그림은 2주기 원자 X~Z의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



분자 XZ_3 , YZ_3 , Y_2Z_2 에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 분자를 구성하는 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 분자는 2가지이다.
- ㄴ. 극성 공유 결합만으로 이루어진 분자는 2가지이다.
- ㄷ. 3중 결합이 있는 분자는 1가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0147]

05 표는 2주기 원소 X와 Y로 구성된 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)
구성 원소	X	X, Y
구성 원자 수	2	3
비공유 전자쌍 수	4	8

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. Y는 C이다.
 ㄴ. (나)에서 X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
 ㄷ. (가)와 (나)에는 모두 2중 결합이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0148]

06 표는 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 Na, H₂O, Na₂O를 순서 없이 나타낸 것이다.

물질		(가)	(나)	(다)
전기 전도성	고체	×		⊖
	액체	⊖	⊖	×
전성(띠짐성)	고체		○	

(○ : 있음, × : 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (다)에는 공유 결합이 있다.
 ㄴ. ⊖~⊖은 모두 '○'이다.
 ㄷ. (나)에는 자유 전자가 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0149]

07 표는 원소 V~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. V~Z는 B, C, N, O, F를 순서 없이 나타낸 것이고, 구조식은 단일 결합과 다중 결합의 구분 없이 나타낸 것이며, (가)~(다) 중 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 것은 2가지이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구조식	$\begin{array}{c} W \\ \\ W - V - W \end{array}$	$\begin{array}{c} Y \\ \\ W - X - W \end{array}$	$\begin{array}{c} W \\ \\ W - Z - W \end{array}$
비공유 전자쌍 수	a	a-1	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 원자 번호는 $Z > X > V$ 이다.
 ㄴ. $x = a + 1$ 이다.
 ㄷ. (나)에는 2중 결합이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0150]

08 그림은 원소 W~Z로 구성된 분자 (가)와 (나)의 구조식을 단일 결합과 다중 결합의 구분 없이 나타낸 것이다. W~Z는 C, N, O, F를 순서 없이 나타낸 것이고, 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

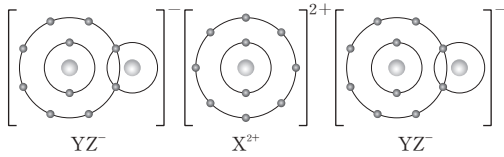
◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 N이다.
 ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다.
 ㄷ. (가)와 (나)에서 Y는 모두 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0151]

09 그림은 물질 $X(YZ)_2$ 을 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다. 원자가 전자 수는 $X > Z$ 이다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X~Z 중 2주기 원소는 2가지이다.
- ㄴ. Y_2 에는 2중 결합이 있다.
- ㄷ. $XY(I)$ 는 전기 전도성이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0152]

10 표는 서로 다른 2주기 원소 W~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	W, X	X, Y, Z	W, Y, Z
구성 원자 수	3	3	3
공유 전자쌍 수	x	y	z
비공유 전자쌍 수	4	6	4

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. Y는 O이다.
- ㄴ. (나)와 (다)에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자는 서로 다른 원소이다.
- ㄷ. $x + y + z = 11$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0153]

11 다음은 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)와 (나)의 분자식은 각각 O_aF_b , N_cF_d 이다.
- (가)와 (나)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.
- a 와 c 는 각각 1 또는 2이다.
- 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다.
- 구성 원자 수는 (나) > (가)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $a = 2$ 이다.
- ㄴ. (나)에는 무극성 공유 결합이 있다.
- ㄷ. (가)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 4$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0154]

12 다음은 어떤 음료에 들어 있는 분자 H_2XY_3 과 이에 대한 자료이다.



- H_2XY_3 의 구조식

$$\begin{array}{c} Y \\ || \\ H-Y-X-Y-H \end{array}$$
- 2주기 원자 X와 Y는 H_2XY_3 에서 옥텟 규칙을 만족한다.

H_2XY_3 에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

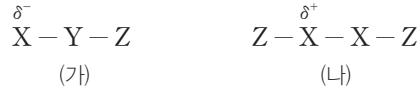
◀ 보기 ▶

- ㄱ. 무극성 공유 결합이 있다.
- ㄴ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 1$ 이다.
- ㄷ. X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0155]

01 그림은 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)와 (나)의 구조식과 분자에 나타나는 부분적인 전하의 일부를 단일 결합과 다중 결합의 구분 없이 나타낸 것이다. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이고, 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 O이다.
- ㄴ. (가)에서 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
- ㄷ. (가)와 (나)에는 모두 다중 결합이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소는 C, N, O, F이고, 전기 음성도는 $F > O > N > C$ 이다.

[26024-0156]

02 다음은 원소 W~Z와 분자 W_2 , Z_2 에 대한 자료이다. W~Z는 C, N, O, F을 순서 없이 나타낸 것이고, 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

- 전기 음성도는 $W > X > Y$ 이다.
- 원자가 전자 수는 $Z > X$ 이다.
- 공유 전자쌍 수는 $Z_2 > W_2$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. WYX에는 3중 결합이 있다.
- ㄴ. YZ_2 에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 1$ 이다.
- ㄷ. X_2W_2 에서 무극성 공유 결합은 단일 결합이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

C, N, O, F에 대한 전기 음성도의 크기 순서와 원자가 전자 수의 크기 순서는 같다.

[26024-0157]

X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소이므로 각각 C, N, O, F 중 하나이고, X와 Y의 원자가 전자 수는 각각 a , $a+2$ 이므로 X와 Y는 각각 C와 O이거나 N과 F이다.

03 다음은 수소(H)와 2주기 원소 X, Y로 구성된 분자(가)에 대한 자료이다.

- (가)에서 X와 Y는 옥텟 규칙을 만족한다.
- 구성 원자 수는 4이고, X와 Y의 원자 수는 같다.
- X와 Y의 원자가 전자 수는 각각 a , $a+2$ 이다.
- 공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수보다 크다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
- ㄴ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. 무극성 공유 결합이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

X가 O이면 O 원자 2개가 포함된 F의 화합물은 O_2F_2 뿐이므로 (가)와 (나) 2가지가 있을 수 없다.

[26024-0158]

04 다음은 플루오린(F)을 포함하는 분자(가)~(다)에 대한 자료이다.

○ 분자식

(가)	(나)	(다)
X_2F_a	X_2F_{a+2}	Y_2F_{a+2}

- X와 Y는 각각 C, N, O 중 하나이고, (가)~(다)에서 옥텟 규칙을 만족한다.
- 공유 전자쌍 수는 (다) > (나)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 원자가 전자 수는 $X > Y$ 이다.
- ㄴ. (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 것은 2가지이다.
- ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (다)가 (가)보다 4만큼 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0159]

05 표는 원소 W~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. W~Z는 C, N, O, F을 순서 없이 나타낸 것이고, W는 (가)에서 부분적인 양전하(δ^+)를, (나)와 (다)에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠며, 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	W, X	W, Y	W, X, Z
구성 원자 수	4	3	3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. W는 N이다.
 ㄴ. (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 것은 2가지이다.
 ㄷ. (다)에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)에서 W는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기 음성도는 $X > W$ 이고, (나)에서 W는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $W > Y$ 이다.

[26024-0160]

06 표는 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
분자식	XY_2	X_2Y_2	Z_2Y_2
공유 전자쌍 수	2	a	$a+2$

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 O이다.
 ㄴ. $a=3$ 이다.
 ㄷ. 비공유 전자쌍 수 비는 (나) : (다) = 5 : 3이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

X~Z는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소이므로 각각 C, N, O, F 중 하나이고, (가) XY_2 는 공유 전자쌍 수가 2이므로 OF_2 이다.

(가)에서 준비된 공은 C 2개, O 1개, F 3개이므로 이 중 4개의 공으로 만들 수 있는 분자 모형 중 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하고 2중 결합이 있는 분자의 모형은 COF₂의 분자 모형이다.

07 다음은 분자 모형을 만드는 탐구 과정이다.

(가) 그림과 같이 원소 기호가 쓰여 있는 공을 준비한다.



(나) (가)에서 공 4개를 골라 모두 사용하여 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하고, 2중 결합이 있는 분자 X의 모형을 만든다.

X에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 구성 원소의 가짓수는 2이다.
- ㄴ. 무극성 공유 결합이 있다.
- ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

구성 원자가 C, N, O, F 중 3가지이고, 옥텟 규칙을 만족하는 삼원자 분자는 FCN과 FNO이다.

08 표는 원소 W~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. W~Z는 C, N, O, F를 순서 없이 나타낸 것이고, 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
분자식	WXY	WZX	ZYW ₂
단일 결합 수	x	x	$x+1$
2중 결합 수	x		x
3중 결합 수		x	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 N이다.
- ㄴ. (가)~(다) 중 무극성 공유 결합이 있는 분자는 1가지이다.
- ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (다)가 (나)의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0163]

09 표는 서로 다른 2주기 원소 X와 Y로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	X, Y	X, Y	X, Y
구성 원자 수	4	5	6
2중 결합 수	0	0	1
무극성 공유 결합	있음	없음	있음

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X와 Y의 원자가 전자 수 합은 11이다.
 ㄴ. (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 2가지이다.
 ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 (다)의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

분자 내에 무극성 공유 결합이 없으면 같은 원소 간 결합이 없다.

[26024-0164]

10 표는 2, 3주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 전기 음성도는 $X > Y > Z$ 이고, 원자가 전자 수는 $Z > Y$ 이며, 분자에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)
구성 원소	X, Y	Y, Z
구성 원자 수	3	3
공유 전자쌍 수	a	2

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. Y는 O이다.
 ㄴ. $a > 2$ 이다.
 ㄷ. (나)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 4$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

전기 음성도는 $Y > Z$ 인데 원자가 전자 수는 $Z > Y$ 이므로 Y와 Z는 같은 주기 원소일 수 없다.

수능 3점 테스트

[26024-0165]

(다)는 구성 원자 수가 3이고 비공유 전자쌍 수가 8이므로 구성 원자당 비공유 전자쌍 수의 가능한 조합은 (2, 3, 3) 뿐이다.

11 다음은 원소 W~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. W~Z는 C, N, O, F을 순서 없이 나타낸 것이며, 원자가 전자 수는 $Y > X$ 이고 $Z > W$ 이다.

- 구성 원소는 (가)가 W, X, Y이고, (나)가 Y, Z이며, (다)가 X, Y이다.
- 구성 원자 수는 (가)=(나) $>$ (다)이고, 모두 4 이하이다.
- (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.
- (가)~(다) 모두 비공유 전자쌍 수는 8이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (나)는 COF_2 이다.
- ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 (다)의 2배이다.
- ㄷ. 무극성 공유 결합이 있는 분자는 1가지이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하고, C 원자 수가 1 또는 2이면서 C와 F으로 구성된 분자는 CF_4 , C_2F_2 , C_2F_4 , C_2F_6 이 있다.

[26024-0166]

12 다음은 탄소(C)와 플루오린(F)으로 구성된 분자 (가)~(라)에 대한 자료이다.

- (가)~(라)를 구성하는 C 원자 수는 각각 1 또는 2이다.
- (가)~(라)에서 C와 F은 옥텟 규칙을 만족한다.
- 공유 전자쌍 수는 (가) $>$ (나)이다.
- 비공유 전자쌍 수는 (다) $>$ (나) $>$ (라)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (나)에는 무극성 공유 결합이 있다.
- ㄴ. (다)에는 다중 결합이 없다.
- ㄷ. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 (라)의 $\frac{5}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

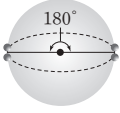
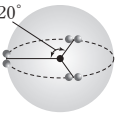
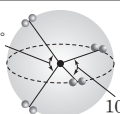
09

분자의 구조와 성질

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 직선형으로 배열될 때 전자쌍 사이의 반발력이 최소가 된다.
3		3개의 전자쌍이 중심 원자를 기준으로 평면 삼각형으로 배열될 때 전자쌍 사이의 반발력이 최소가 된다.
4		4개의 전자쌍이 중심 원자를 기준으로 정사면체형으로 배열될 때 전자쌍 사이의 반발력이 최소가 된다.

개념 체크

④ 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.

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.
- 전자쌍 수가 2일 경우에는 2개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 180° 의 각을 이루면서 직선형으로 배열된다. 전자쌍 수가 3일 경우에는 3개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 120° 의 각을 이루며 평면 삼각형으로 배열되고, 전자쌍 수가 4일 경우에는 4개의 전자쌍이 중심 원자를 중심으로 109.5° 의 각을 이루며 정사면체형으로 배열된다.

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. ()

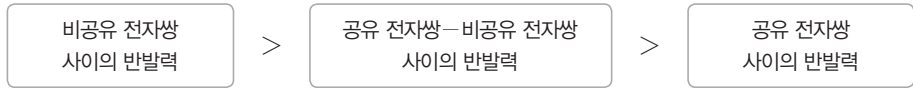
2. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 중심 원자에 결합된 원자 수가 3인 분자의 모양은 ()이다.

※ ○ 또는 ×

3. 결합각은 BCl₃가 BeF₂보다 크다. ()

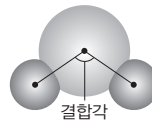
4. CH₂O의 중심 원자에는 3개의 전자쌍이 있다. ()

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

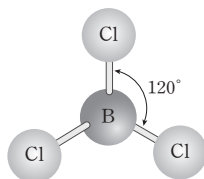
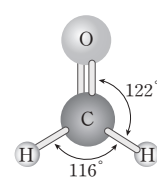
분자식	BCl ₃	CH ₂ O
루이스 전자점식	:Cl: :Cl:B:Cl:	:O: :C: H:C:H
분자 모형		
분자 모양	평면 삼각형	평면 삼각형

정답

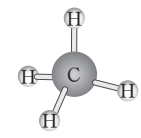
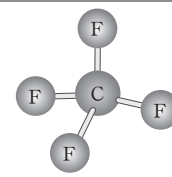
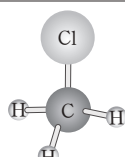
-
- 평면 삼각형
- ×
- ×

과학 돋보기

삼염화 붕소(BCl₃)와 폼알데하이드(CH₂O)의 분자 모양과 결합각

BCl ₃	CH ₂ O
	
<p>BCl₃에서 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>CH₂O에서 C 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 결합된 원자가 3개인데 C=O 2중 결합은 C-H 단일 결합보다 공유 전자쌍 수가 많다. 따라서 C=O 결합과 C-H 결합 사이의 반발력은 C-H 결합과 C-H 결합 사이의 반발력과 같지 않다.</p>

• 중심 원자에 4개의 원자가 결합된 경우 : 정사면체형 또는 사면체형

분자식	결합한 원자가 모두 같은 경우		결합한 원자가 다른 경우
	CH ₄	CF ₄	CH ₃ Cl
루이스 전자점식	<pre> H H : C : H H </pre>	<pre> :F: :F : C : F: :F: </pre>	<pre> :Cl: H : C : H H </pre>
분자 모형			
분자 모양	정사면체형	정사면체형	사면체형

- CH₄, CF₄ 등과 같이 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 중심 원자와 결합한 4개의 원자가 모두 같은 경우 분자의 모양은 정사면체형이다.
- CH₃Cl과 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 중심 원자의 비공유 전자쌍 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

② 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, BF₃, CH₄을 결합각이 큰 순서대로 나열하시오.

※ ○ 또는 ×

3. CCl₄에서 결합각은 109.5°이다. ()

4. CO₂와 BCl₃의 중심 원자에는 모두 비공유 전자쌍이 없다. ()

정답

1. 정사면체형
2. HCN, BF₃, CH₄
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 굽은형이다. ()

5. BCl₃와 NCl₃의 분자 모양은 같다. ()

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 돌보기

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	$\left[\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{O}} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^+$	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} : \text{N} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^+$
공유 전자쌍 수	3	4
비공유 전자쌍 수	1	0
모양	삼각뿔형	정사면체형

(4) 분자 모양의 예측

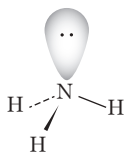
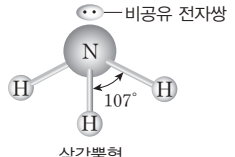
- 분자의 루이스 전자점식을 그린다.
- 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍 수를 세어 본다.
- 전자쌍 반발 이론을 이용하여 중심 원자의 전자쌍 배열을 결정한다.
- 원자의 위치와 결합각을 고려하여 분자 모양을 예측한다.

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

- 삼각뿔형
- 굽은 형
- ×
-
- ×

예 암모니아(NH₃)의 분자 모양 예측

① 루이스 전자점식 그리기	② 중심 원자에 결합된 원자 수와 비공유 전자쌍 수 세기
$\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	결합된 원자 수 : 3 비공유 전자쌍 수 : 1
③ 전자쌍 배열 결정	④ 분자 모양 예측
	 <p>삼각뿔형</p>

개념 체크

➔ 중심 원자에 결합된 원자 수와 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 고려하여 분자 모양을 예측한다.

➔ 2주기 원소의 수소 화합물에서 중심 원자에 4개의 전자쌍이 있는 경우 비공유 전자쌍의 수가 많을수록 결합각은 작다.

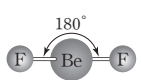
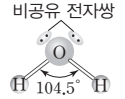
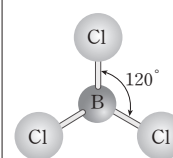

※ ○ 또는 ×

1. 결합각은 NH₄⁺이 NH₃보다 크다. ()

2. 중심 원자에 결합된 원자 수가 같아도 중심 원자에 존재하는 () 전자쌍 수에 따라 분자 모양이 달라진다.

과학 돌보기 비공유 전자쌍 수와 분자 모양

• 중심 원자에 결합된 원자 수가 같아도 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수에 따라 분자의 모양이 달라진다.

	중심 원자에 2개의 원자가 결합된 경우		중심 원자에 3개의 원자가 결합된 경우	
중심 원자의 비공유 전자쌍 수	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 : 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자이다.

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

-
- 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.

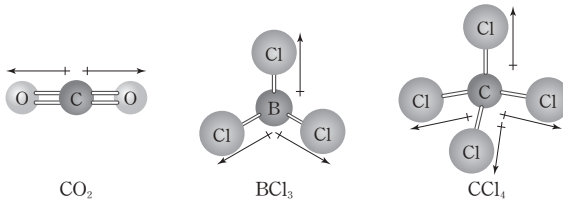
※ ○ 또는 ×

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. ()

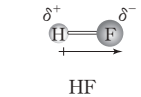
예



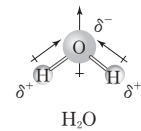
무극성 분자(분자의 쌍극자 모멘트=0)

(2) 극성 분자 : 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자로, 극성 공유 결합이 있는 분자 중에서 각 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 분자 모양이면 극성 분자이다.

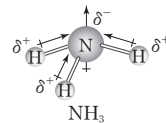
예



HF 분자에서 F 원자 쪽은 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H 원자 쪽은 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.



H₂O 분자에서 O 원자 쪽은 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H 원자 쪽은 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.



NH₃ 분자에서 N 원자 쪽은 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H 원자 쪽은 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

극성 분자(분자의 쌍극자 모멘트≠0)

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.

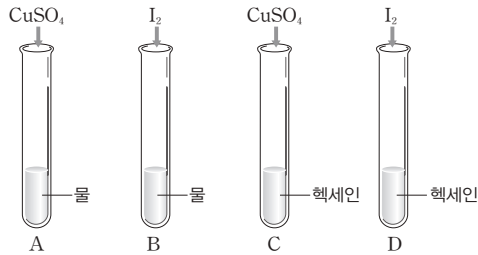
예 무극성 물질인 아이오딘(I_2)은 극성 용매인 물(H_2O)에는 잘 용해되지 않지만, 무극성 용매인 헥세인(C_6H_{14})에는 잘 용해된다.

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 B에 각각 물($H_2O(l)$) 5 mL를, C와 D에 각각 헥세인($C_6H_{14}(l)$) 5 mL를 넣는다.

(나) 시험관 A와 C에 각각 황산 구리($CuSO_4$) 0.3 g을, B와 D에 각각 아이오딘(I_2) 0.3 g을 넣고 잘 흔든 다음 용매에 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 SiH_4 과 H_2S 는 분자량이 비슷하지만 끓는점은 극성 물질인 H_2S 가 무극성 물질인 SiH_4 보다 높다.

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. H_2S 는 분자량이 비슷한 SiH_4 보다 끓는점이 높다. ()

정답

1. 극성, 무극성
2. ○
3. ○

개념 체크

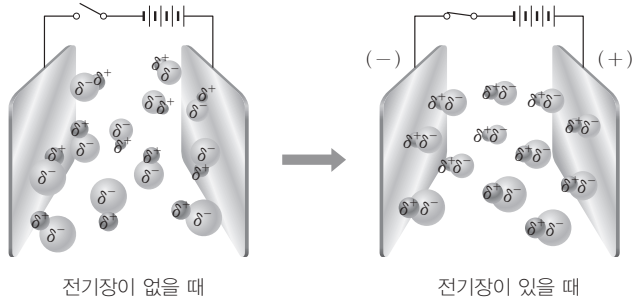
☞ 기체 상태의 극성 분자는 전기장에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분이 전기장의 (+)극 쪽으로, 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 부분이 전기장의 (-)극 쪽으로 향하도록 배열된다.

※ ○ 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.

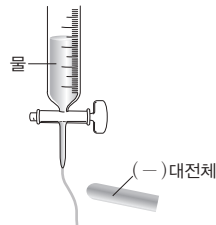
물질	성질	분자량	끓는점(°C)
SiH ₄	무극성	32	-112
H ₂ S	극성	34	-60
O ₂	무극성	32	-183
HCl	극성	36.5	-85

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

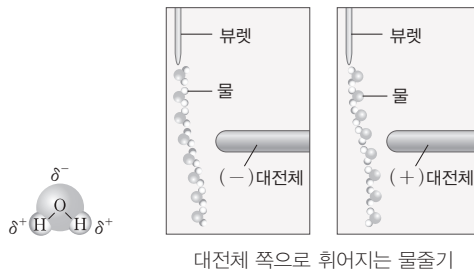
- 실험 과정** (가) 뷰렛에 물을 넣은 후 뷰렛 꼭지를 열어 가는 물줄기가 흐르도록 한다.
 (나) 그림과 같이 (-)전하를 띠는 대전체를 물줄기에 가까이 가져가 본다.



(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)

수능 2점 테스트

[26024-0167]

01 그림은 분자 (가)와 (나)의 구조식을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

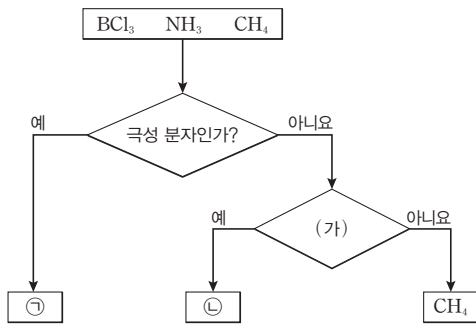
◀ 보기 ▶

ㄱ. 결합각은 (나) > (가)이다.
 ㄴ. (가)에서 F은 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
 ㄷ. (나)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0168]

02 그림은 3가지 분자를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. '평면 구조인가?'는 (가)로 적절하다.
 ㄴ. ㉠에는 비공유 전자쌍이 존재한다.
 ㄷ. ㉡에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0169]

03 다음은 분자 (가)~(다)에 대한 설명이다. (가)~(다)는 H₂O, CH₄, NH₃를 순서 없이 나타낸 것이다.

○ 결합각은 (가) > (나)이다.
 ○ 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 (다) > (나)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

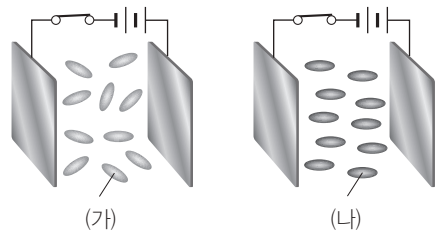
◀ 보기 ▶

ㄱ. (가)는 H₂O이다.
 ㄴ. (나)의 분자 모양은 삼각뿔형이다.
 ㄷ. (다)의 결합각은 109.5°이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0170]

04 그림은 물질 (가)와 (나)를 전기장 속에 넣었을 때, 분자 배열 상태를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 CO₂와 OF₂ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. (가)는 CO₂이다.
 ㄴ. (나)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.
 ㄷ. 분자의 결합각은 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0171]

05 그림은 2주기 원자 X~Z의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



X~Z로 구성된 분자에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 분자에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.)

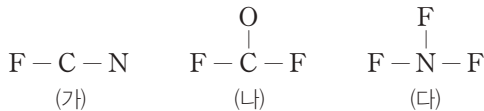
◀ 보기 ▶

- ㄱ. Y₂의 비공유 전자쌍 수는 2이다.
- ㄴ. XY₂의 결합각은 180°이다.
- ㄷ. YZ₂의 분자 모양은 직선형이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0172]

06 그림은 분자 (가)~(다)의 구조식을 단일 결합과 다중 결합의 구분 없이 나타낸 것이다. (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

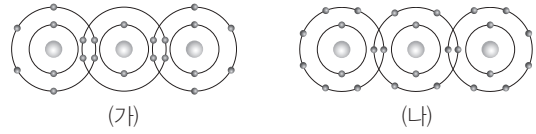
◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)의 공유 전자쌍 수는 4이다.
- ㄴ. (나)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.
- ㄷ. (다)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0173]

07 그림은 분자 (가)와 (나)를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



(가)가 (나)보다 큰 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 공유 전자쌍 수
- ㄴ. 결합각
- ㄷ. 옥텟 규칙을 만족하는 원자 수

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0174]

08 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. X와 Y는 2주기 원소이며, (가)~(다)에서 F, X, Y는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	H, F	H, X	H, Y
구성 원자 수	a	2a	2a+1
분자당 H 원자 수	1	2a-1	2a

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. a는 2이다.
- ㄴ. (나)의 비공유 전자쌍 수는 0이다.
- ㄷ. 전기 음성도는 Y > X이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0175]

09 다음은 NH₃와 CH₄의 결합각에 대한 설명이다.

결합각은 NH₃ (가) CH₄이다. 이는 비공유 전자쌍-공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍-공유 전자쌍 사이의 반발력보다 (나) 때문이다.

(가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

- | | | | | | |
|---|-----|-----|---|-----|-----|
| | (가) | (나) | | (가) | (나) |
| ① | > | 작기 | ② | < | 작기 |
| ③ | > | 크기 | ④ | < | 크기 |
| ⑤ | = | 크기 | | | |

[26024-0176]

10 표는 뷰렛에 액체 X와 Y를 각각 담고 꼭지를 열어 흐르는 액체 줄기에 (-)대전체를 가까이 가져갔을 때의 변화에 대한 자료이다. X와 Y는 물과 헥세인(C₆H₁₄)을 순서 없이 나타낸 것이다.

액체	(-)대전체를 가까이 가져갔을 때의 변화
X	줄기가 거의 휘어지지 않는다.
Y	줄기가 대전체 쪽으로 크게 휘어진다.

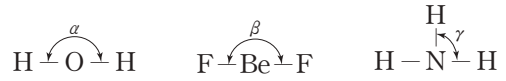
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 무극성 물질이다.
 ㄴ. Y는 물이다.
 ㄷ. Y는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0177]

11 그림은 3가지 분자의 구조식과 결합각 α~γ를 나타낸 것이다.

α~γ의 크기를 비교한 것으로 옳은 것은?

- ① α > β > γ ② α > γ > β ③ β > α > γ
 ④ β > γ > α ⑤ γ > α > β

[26024-0178]

12 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

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

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. XZ₃의 분자 모양은 삼각뿔형이다.
 ㄴ. YW₃에서 Y는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.
 ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 WZ가 YW₃의 3배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0179]

중심 원자에 결합된 원자 수가 2이면서 분자 모양이 직선형인 분자는 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 0이다.

01 표는 2주기 원소로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)의 중심 원자는 1개이고, (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	중심 원자에 결합된 원자 수	분자 모양	중심 원자의 비공유 전자쌍 수
(가)	2	직선형	0
(나)	2	삼각뿔형	1
(다)	3	평면 삼각형	0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 0 + 0 = 3이다.
- ㄴ. 0은 평면 삼각형이다.
- ㄷ. (나)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

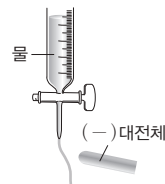
물은 극성 분자로서 O는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

[26024-0180]

02 다음은 물의 극성에 관한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 뷰렛에 물을 넣은 후 꼭지를 열어 가는 물줄기가 흐르도록 한다.
- (나) 그림과 같이 (-)전하로 대전된 대전체를 물줄기에 가까이 가져가 본다.



[실험 결과]

- 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어졌다.

실험 결과가 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 물 분자가 극성을 띠기 때문에 나타나는 현상이다.
- ㄴ. (+)전하로 대전된 대전체를 물줄기에 가져가면 물줄기는 대전체로부터 멀어진다.
- ㄷ. 물 대신 에탄올(C_2H_5OH)을 이용하여 실험하면 에탄올 줄기는 대전체에 끌려간다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[26024-0181]

03 다음은 주기율표의 일부와 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 분자당 원자 수가 5 이하이며, (가)와 (나)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

○ 주기율표의 일부

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

- (가)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 4$ 이다.
- (나)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)의 분자 모양은 직선형이다.
- ㄴ. (나)는 XYZ_2 이다.
- ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다.

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

X~Z로 이루어진 분자 중 분자의 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 경우,
 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 4$ 인 분자는 OF_2 이다.

[26024-0182]

04 표는 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	분자식	공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
(가)	XYZ	x	x
(나)	YX_4	x	㉠
(다)	ZX_3	3	

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

◀ 보기 ▶

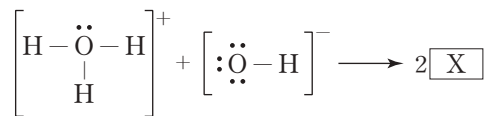
- ㄱ. X의 원자가 전자 수는 7이다.
- ㄴ. ㉠은 $4x$ 이다.
- ㄷ. ZX_3 의 분자 모양은 평면 삼각형이다.

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

FCN은 분자의 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하며 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 4이다.

$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{X}$ 에서
X는 H_2O 이다.

05 그림은 ไฮ드로늄 이온 (H_3O^+)과 수산화 이온(OH^-)이 반응하여 분자 X가 생성되는 반응을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

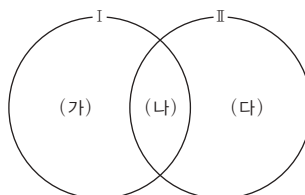
- ㄱ. 공유 전자쌍 수는 X가 OH^- 의 2배이다.
- ㄴ. X의 모양은 직선형이다.
- ㄷ. 결합각은 $\text{X} > \text{H}_3\text{O}^+$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

HCN는 분자 모양이 직선형
인 극성 분자이다.

06 다음은 5가지 분자를 기준 I, II에 따라 분류한 벤 다이어그램이다.

분자	H_2O HCN BeF_2 CO_2 NH_3
분류 기준	I. 극성 분자이다. II. 분자 모양이 직선형이다.



(가)~(다) 영역에 속하는 분자의 가짓수로 옳은 것은?

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

[26024-0185]

07 다음은 수소(H)와 서로 다른 2주기 원소 X, Y로 구성된 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)에서 X와 Y는 옥텟 규칙을 만족한다.

○ (가)와 (나)의 구성 원소와 구성 원자 수

	(가)	(나)
구성 원소	H, X	H, Y
구성 원자 수	4	x

- (가)에는 무극성 공유 결합이 있다.
○ (가)와 (나)에서 비공유 전자쌍 수 > 공유 전자쌍 수이다.

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

◀ 보기 ▶

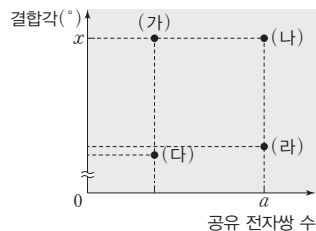
- ㄱ. $x=4$ 이다.
ㄴ. (나)는 극성 분자이다.
ㄷ. 전기 음성도는 $X > Y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

무극성 공유 결합이 있는 (가)로 가능한 분자는 C_2H_2 , N_2H_2 , H_2O_2 이다.

[26024-0186]

08 그림은 분자 (가)~(라)의 공유 전자쌍 수와 결합각을 나타낸 것이다. (가)~(라)는 H_2O , BeF_2 , CH_4 , CO_2 를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (나)는 무극성 분자이다.
ㄴ. $\frac{x}{a}=45$ 이다.
ㄷ. (가)~(라) 중 비공유 전자쌍 수는 (다)가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

H_2O , BeF_2 , CH_4 , CO_2 의 공유 전자쌍 수는 각각 2, 2, 4, 4이다.

㉠과 ㉡은 각각 극성 물질과 무극성 물질이다.

09 다음은 학생 A가 수행한 탐구 활동이다. ㉠과 ㉡은 극성 물질과 무극성 물질을 순서 없이 나타낸 것이다.

[가설]

○ ㉠은 극성 용매에, ㉡은 무극성 용매에 잘 용해된다.

[탐구 과정 및 결과]

(가) 극성 용매인 $H_2O(l)$ 과 무극성 용매인 $C_6H_{14}(l)$ 이 각각 담겨 있는 시험관에 몇 가지 ㉠과 ㉡을 넣고 흔들어 용해되는 정도를 확인한다.
 (나) (가)에서 조사한 내용을 정리한다.

용매		$H_2O(l)$	$C_6H_{14}(l)$
물질	X, I_2	거의 용해되지 않음	용해됨
	HCl, NH_3	용해됨	거의 용해되지 않음

[결론]

○ 가설은 옳다.

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

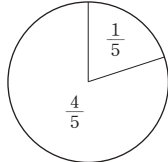
◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 무극성 물질이다.
- ㄴ. CCl_4 는 X로 적절하다.
- ㄷ. HCN는 $H_2O(l)$ 에 잘 용해된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(나)는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 8인 OF_2 이다.

10 표는 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
분자식	XY_2	YZ_2	XZ_a
공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수의 비율	㉠		

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. '㉠'은 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. (나)의 분자 모양은 굽은 형이다.
- ㄷ. $a=3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0189]

11 다음은 수소(H)와 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 H_aX , YH_b , H_cZ 이고, (가)~(다)에서 X~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.

- (가)를 구성하는 원자 수는 2이다.
- 분자의 공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 3배이다.
- 결합각은 (나) > (다)이다.

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. Y의 원자가 전자 수는 4이다.
- ㄴ. $b+c=5$ 이다.
- ㄷ. (다)의 비공유 전자쌍 수는 1이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

수소(H)와 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)~(다)로 가능한 분자는 HF, H₂O, NH₃, CH₄이다.

[26024-0190]

12 표는 분자 (가)~(라)에 대한 자료이다. (가)~(라)는 BeF₂, BCl₃, CO₂, CF₄을 순서 없이 나타낸 것이다.

분자	(가)	(나)	(다)	(라)
$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$	x	x		y
결합각(°)	α	$\frac{3}{2}\alpha$	β	$\frac{3}{2}\alpha$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\frac{y}{x}=3$ 이다.
- ㄴ. (가)의 분자 모양은 직선형이다.
- ㄷ. $\alpha > \beta$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

BeF₂, BCl₃, CO₂, CF₄의 비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수 는 각각 3, 3, 1, 3이다.

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.

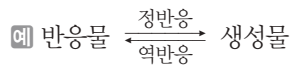
1 가역 반응과 비가역 반응

(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.



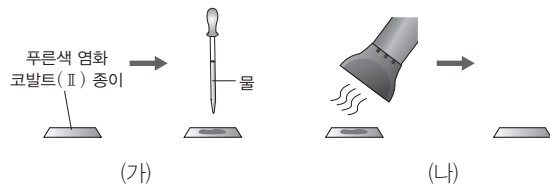
② 가역 반응의 예

- 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)**

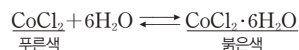
푸른색의 염화 코발트(II)(CoCl_2)는 수분을 흡수하면 붉은색으로 변하는 성질이 있으므로 화학 반응에서 물이 생성되었는지 확인하는 데 자주 이용된다. 간편한 실험을 위해 염화 코발트(II) 종이와 주로 사용된다.

- 실험 과정**
- 푸른색 염화 코발트(II) 종이에 스포이트를 이용해 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

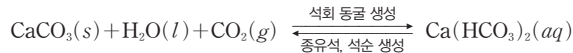
- 가역 반응
- 오른
- \rightleftharpoons
- 가역

과학 돋보기

석회 동굴과 중유석, 석순



석회 동굴은 탄산 칼슘(CaCO₃)이 주성분인 석회암 지대에서 주로 생성된다. 그 이유는 탄산 칼슘이 지하수, 이산화탄소와 함께 반응하여 물에 잘 녹는 탄산수소 칼슘(Ca(HCO₃)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. ()
2. 냄비에 물을 끓이면 물이 수증기로 변하고, 수증기가 냄비 뚜껑 안쪽에 물방울로 맺히는 것은 가역 반응의 예이다. ()

과학 돋보기

우리 주변의 가역 반응의 예

■ 물의 상태 변화

- 추운 겨울이 지나고 봄이 시작되면 산행 시 낙석에 특히 주의해야 한다. 그 이유는 산속 바위 틈 사이에서 물이 얼어 돌 틈 속에 있다가 다시 얼음이 녹아 물이 되면서 바위가 떨어져 내리는 일이 발생하기 때문이다.
- 냄비에서 물을 끓이면 물이 수증기로 변해 날아간다. 이때 냄비 뚜껑 안쪽 면에 물이 많이 맺혀 있는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 수증기가 상대적으로 차가운 온도의 뚜껑을 만나 다시 물이 되기 때문이다.
- 실내에 빨래를 널어 두면 물이 수증기가 되어 날아가므로 빨래가 마르게 된다. 그러나 말랐던 빨래를 비오는 날에 걸지 않으면 공기 중 수증기가 물이 되어 빨래가 다시 눅눅해진다.

■ 용해

- 염전에서는 바닷물을 저장하고 물을 증발시켜 소금을 석출시킨다. 이렇게 얻은 소금은 다시 가정의 주방에서 음식을 만들 때 물에 녹여 사용된다.
- 가정에서 어항에 물고기를 키울 때 여름철 수온이 상승하면 물에 녹아 있던 산소가 공기 중으로 배출되어 용존 산소량이 감소함에 따라 물고기의 호흡이 어려워질 수 있다. 이때 어항용 산소 발생기를 통해 물속에 산소를 공급해 주기도 한다.

■ 생명체 내 반응

- 인체 내 각 조직에서 발생하는 이산화탄소는 혈액 속에 용해되고 다시 이산화탄소가 혈액에서 빠져나와 폐를 통해 날숨에 섞여 몸 밖으로 배출된다.

정답

1. ×
2. ○

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.



2 동적 평형

(1) 동적 평형

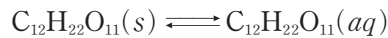
① 동적 평형 : 가역 반응에서 반응물과 생성물의 농도가 변하지 않는 경우 겉으로 보기에 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있는 동적 평형 상태이다. 동적 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 양이 일정하게 유지된다.

② 동적 평형의 예

- 밀폐된 용기 안에 충분한 시간 동안 물을 담아 두면 물이 증발하는 속도와 수증기가 응축하는 속도가 같은 동적 평형 상태에 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 평형 상태에 도달하게 되고, 설탕 수용액의 농도는 일정하게 유지된다.



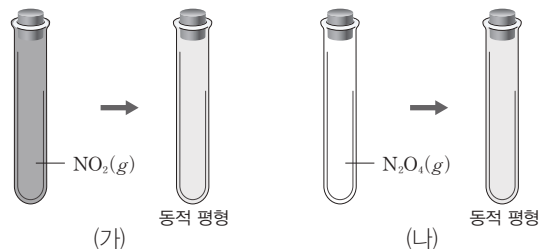
탐구자료 살펴보기

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.

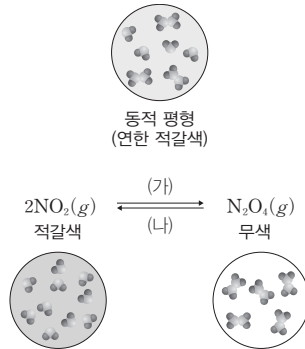


정답

1. ×
2. ○

실험 결과

- (가)에서 점점 적갈색이 옅어지다가 연한 적갈색을 띠게 되고 더 이상 옅어지지 않는 상태에 도달했다.
- (나)에서 무색에서 점점 적갈색이 진해지다가 연한 적갈색을 띠게 되고 더 이상 진해지지 않는 상태에 도달했다.

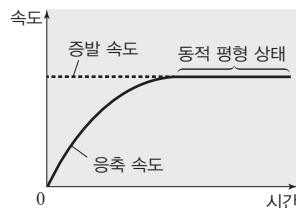
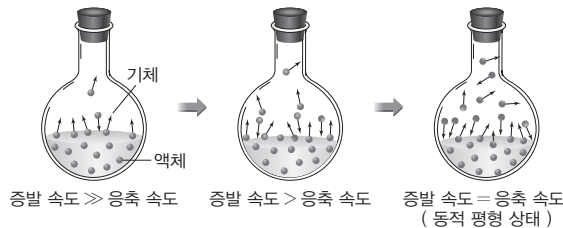


분석 point

- (가)에서 처음에는 적갈색의 NO_2 가 무색의 N_2O_4 로 되는 반응이 주로 일어나지만 점점 N_2O_4 가 NO_2 로 되는 반응도 많이 일어나 정반응과 역반응의 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달하게 된다. 동적 평형 상태에 도달한 후에는 NO_2 와 N_2O_4 의 농도가 일정하게 유지되어, 혼합 기체의 색깔이 더 이상 변하지 않고 일정하게 유지된다.
- (나)에서 처음에는 무색의 N_2O_4 가 적갈색의 NO_2 로 되는 반응이 주로 일어나지만 점점 NO_2 가 N_2O_4 로 되는 반응도 많이 일어나 정반응과 역반응의 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달하게 된다. 동적 평형 상태에 도달한 후에는 NO_2 와 N_2O_4 의 농도가 일정하게 유지되어, 혼합 기체의 색깔이 더 이상 변하지 않고 일정하게 유지된다.

(2) 상평형

- 2가지 이상의 상태가 공존할 때 서로 상태가 변하는 속도가 같아서 겉보기에 상태 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태에 도달하게 되는데, 이를 상평형이라고 한다.
- 액체와 기체 사이의 상평형은 일정한 온도에서 밀폐된 용기에 들어 있는 액체가 액체 표면에서 기체로 되는 증발 속도와 기체가 액체로 되는 응축 속도가 같아져서 변화가 없는 것처럼 보이는 상태이다. 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.

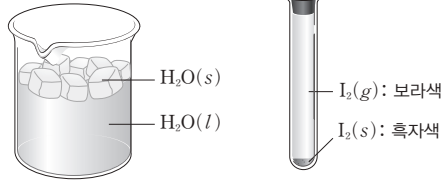
※ ○ 또는 ×

1. 포화 용액에서 용질의 용해 속도와 석출 속도는 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 물의 상평형: 얼음물에서 $H_2O(s)$ 의 용해 속도와 $H_2O(l)$ 의 응고 속도가 같아 $H_2O(s)$ 과 $H_2O(l)$ 의 양이 일정하게 유지되는 상태이다.
- 승화성이 있는 아이오딘 고체와 기체 사이의 상평형: $I_2(s)$ 에서 $I_2(g)$ 으로의 승화 속도와 $I_2(g)$ 에서 $I_2(s)$ 으로의 승화 속도가 같아 $I_2(s)$ 과 $I_2(g)$ 의 양이 일정하게 유지되는 상태이다.

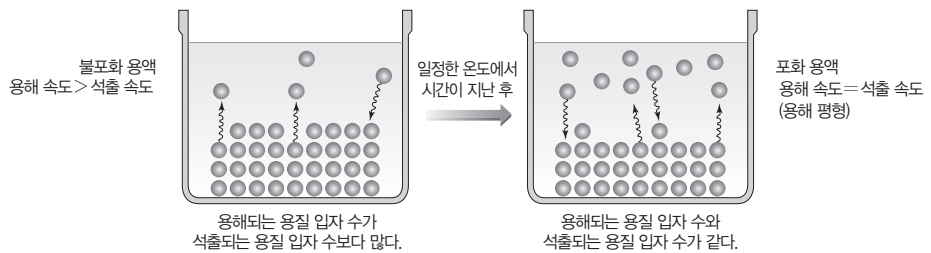


(3) 용해 평형

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.

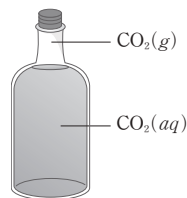
② 고체 용질과 액체 용매 사이의 용해 평형은 일정한 온도에서 고체 용질이 액체 용매에 녹을 때 용질이 용매에 녹는 용해 속도와 용매에 녹아 있던 용질이 다시 고체 용질로 되돌아가는 석출 속도가 같아져서 변화가 없는 것처럼 보이는 상태이다. 초기에는 용해 속도가 석출 속도보다 크지만 시간이 지나면서 석출 속도가 점점 커져 용해 속도와 같아지는 동적 평형 상태에 도달한다. 동적 평형 상태에서는 고체 용질의 양과 용액의 농도가 일정하게 유지된다.

- 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.



정답

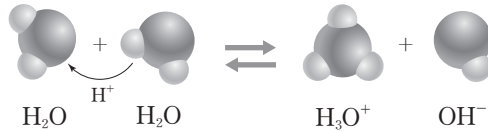
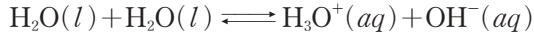
1. ○
2. ×

3 물의 자동 이온화

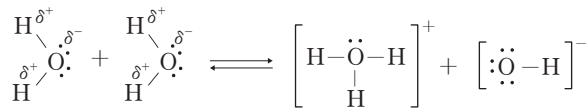
(1) 물의 자동 이온화

① 물은 대부분 분자로 존재하지만 매우 적은 양의 물이 이온화하여 동적 평형 상태를 이룬다.

② 물의 자동 이온화 반응식

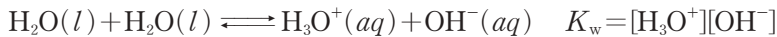


③ 물 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 산소와 이웃한 물 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 수소가 서로 접근하여 H^+ 의 이동이 생기고 결과적으로 H_3O^+ 과 OH^- 이 생성된다.



(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 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

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, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 인 수용액의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이다.

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 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 5.0$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 3.0$

• $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 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 $[\text{H}_3\text{O}^+] = () \text{ M}$ 이다.

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.

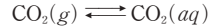
④ 25°C에서 $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $pH + pOH = 14.0$ 이다.

예 25°C에서 $pH = 6.0$ 인 수용액의 $pOH = 8.0$ 이다.

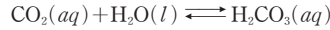
과학 돋보기

깨끗한 빗물의 pH와 산성비의 pH

건조한 공기에는 기본적으로 이산화 탄소가 약 0.03% 포함되어 있다. 공기와 접하고 있는 물은 이산화 탄소가 용해되기도 하고 다시 공기 중으로 배출되기도 하며 이산화 탄소의 용해 평형에 도달하게 된다.



용해된 이산화 탄소는 물과 반응하여 탄산을 생성하게 되므로 깨끗한 물도 약한 산성을 띠게 된다.



이산화 탄소의 용해 평형에서 물속 이산화 탄소의 평형 농도는 약 $1.2 \times 10^{-5} M$ 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 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 를 곱한 값이 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 수용액보다 $[H_3O^+]$ 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 수용액보다 $[OH^-]$ 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.

산성	중성	염기성
$[H_3O^+] > [OH^-]$	$[H_3O^+] = [OH^-]$	$[H_3O^+] < [OH^-]$

일정한 온도에서 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 의 관계

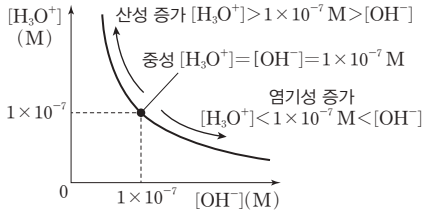
수용액의 액성	농도(25°C)	pH 및 pOH(25°C)
산성	$[H_3O^+] > 1 \times 10^{-7} M > [OH^-]$	$pH < 7.0, pOH > 7.0$
중성	$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} M = [OH^-]$	$pH = 7.0, pOH = 7.0$
염기성	$[H_3O^+] < 1 \times 10^{-7} M < [OH^-]$	$pH > 7.0, pOH < 7.0$

정답

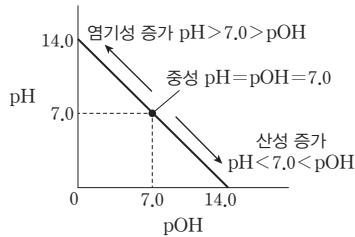
1. (1) 산성 (2) 5.0 (3) 9.0
2. 1.0

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(25°C)



(나) pH와 pOH의 관계(25°C)

- 분석 point**
- $pH < 7.0$ 인 산성 용액에도 OH^- 이 존재하고, $pH > 7.0$ 인 염기성 용액에도 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 ()하고, pH는 ()한다.
 2. 수용액에서 염기성이 증가하면 $[OH^-]$ 는 ()하고, 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 $0(=-\log 1)$, pOH는 14.0이고, 1 M $NaOH(aq)$ 은 $[OH^-]=1 M$ 이므로 pOH는 $0(=-\log 1)$ 이고, pH는 14.0이다.

③ 25°C에서 우리 몸속의 위액, 우리가 즐겨 먹는 레몬, 토마토, 커피, 우유는 pH가 7.0보다 작아 산성이고, 우리 몸속의 혈액, 생활용품으로 많이 사용하는 베이킹 소다, 비누, 하수구 세척액은 pH가 7.0보다 커서 염기성이다.

	1 M $HCl(aq)$	위액	레몬	토마토	커피	우유	중류수	혈액	베이킹 소다	비누	하수구 세척액	1 M $NaOH(aq)$			
$[H_3O^+](M)$	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
pH	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
수용액의 액성(25°C)	← 산성 ————— 중성 ————— 염기성 →														
pOH	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0
$[OH^-](M)$	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1

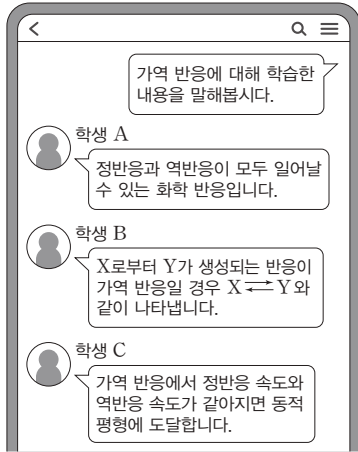
정답

1. 증가, 감소
2. 증가, 감소

수능 2점 테스트

[26024-0191]

01 다음은 가역 반응에 대한 원격 수업 장면의 일부이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

[26024-0192]

02 표는 밀폐된 진공 용기에 $I_2(s)$ 을 넣은 후 시간에 따른 $I_2(s)$ 과 $I_2(g)$ 의 양을 나타낸 것이다. 시간이 $2t$ 일 때 $I_2(s)$ 과 $I_2(g)$ 은 동적 평형에 도달하였다.

시간	0	t	$2t$
$I_2(s)$ 의 양(mol)	a	b	x
$I_2(g)$ 의 양(mol)	0	b	y

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

◀ 보기 ▶

- ㉠. $\frac{y}{x} > 1$ 이다.
- ㉡. $I_2(g)$ 이 $I_2(s)$ 으로 승화되는 속도는 t 일 때가 $2t$ 일 때보다 크다.
- ㉢. $3t$ 에서 $I_2(g)$ 의 양은 y mol보다 많다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[26024-0193]

03 다음은 탄산수($CO_2(aq)$)에 대한 설명이다.

㉠ 물에 $CO_2(g)$ 를 녹여 만든 탄산수($CO_2(aq)$)가 들어 있는 병의 뚜껑을 열어 두면 ㉡ $CO_2(aq)$ 에서 $CO_2(g)$ 가 공기 중으로 빠져나가 탄산수의 톡 쏘는 맛이 약해진다.



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

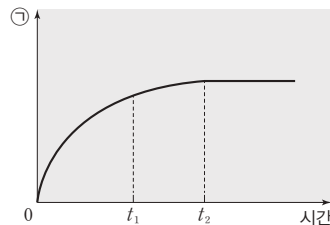
◀ 보기 ▶

- ㉠. 물에 $CO_2(g)$ 를 녹이는 반응은 가역 반응이다.
- ㉡. ㉠의 뚜껑을 닫고 충분한 시간이 지나면 병 내부에서 $CO_2(g)$ 의 양은 일정하게 유지된다.
- ㉢. ㉡은 $CO_2(g)$ 가 물에 녹는 반응의 역반응이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[26024-0194]

04 그림은 밀폐된 진공 용기에 $H_2O(l)$ 을 넣은 후 시간에 따른 ㉠을 나타낸 것이다. ㉠은 $H_2O(l)$ 의 증발 속도와 $H_2O(g)$ 의 응축 속도 중 하나이다.



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

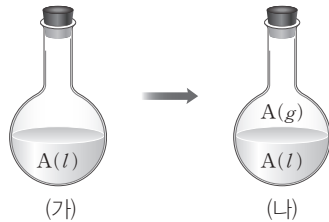
◀ 보기 ▶

- ㉠. ㉠은 $H_2O(l)$ 의 증발 속도이다.
- ㉡. $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 많다.
- ㉢. 동적 평형에 도달한 이후 $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 일정하게 유지된다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[26024-0195]

05 그림 (가)는 밀폐된 진공 용기에 A(l)를 넣은 모습을, (나)는 (가)에서 충분한 시간이 흐른 후 A(l)와 A(g)가 동적 평형에 도달한 모습을 나타낸 것이다.



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

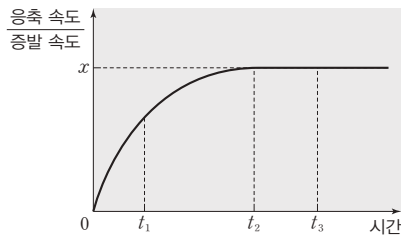
◀ 보기 ▶

- ㄱ. (나)에서 A(g)의 양(mol)은 일정하게 유지된다.
- ㄴ. A(l)의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 많다.
- ㄷ. $\frac{A(g)의 응축 속도}{A(l)의 증발 속도}$ 는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0196]

06 그림은 밀폐된 진공 용기 안에 H₂O(l)을 넣은 후 시간에 따른 H₂O의 $\frac{응축 속도}{증발 속도}$ 를 나타낸 것이다. t₂일 때 H₂O(l)과 H₂O(g)는 동적 평형에 도달하였다.



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

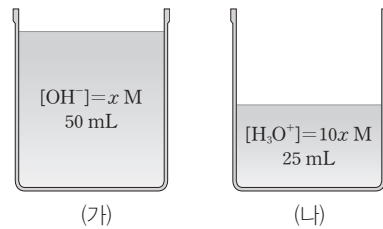
◀ 보기 ▶

- ㄱ. x=1이다.
- ㄴ. 응축 속도는 t₂일 때가 t₃일 때보다 크다.
- ㄷ. $\frac{H_2O(l)의 양(mol)}{H_2O(g)의 양(mol)}$ 은 t₁일 때가 t₂일 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0197]

07 그림 (가)와 (나)는 각각 25°C의 증류수와 HCl(aq)을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10⁻¹⁴이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. x=1×10⁻⁷이다.
- ㄴ. (나)의 pOH=8.0이다.
- ㄷ. H₃O⁺의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 5배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0198]

08 표는 25°C에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
H ₃ O ⁺ 의 양(mol)	x		x
pOH	y	$\frac{y}{2}$	
부피(L)	1		0.5

(가)~(다)의 pH를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10⁻¹⁴이다.)

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

[26024-0199]

09 표는 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 물과 수용액 (가)와 (나)의 농도에 대한 자료이다.

물질	물	(가)	(나)
$[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})$	1×10^{-7}	1×10^{-5}	
$[\text{OH}^-](\text{M})$			1×10^{-4}

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

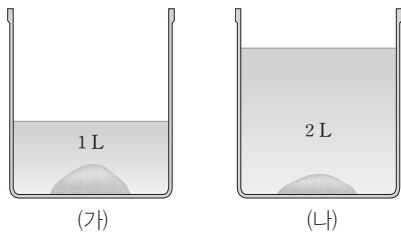
◀ 보기 ▶

- ㄱ. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.
- ㄴ. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 (가) 100 mL에 포함된 OH^- 의 양은 1×10^{-8} mol이다.
- ㄷ. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $\frac{(\text{가})\text{의 pOH}}{(\text{나})\text{의 pH}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0200]

10 그림 (가)와 (나)는 25°C 에서 물이 담긴 두 비커에 각각 w g의 설탕을 넣은 후, 동적 평형에 도달한 모습을 나타낸 것이다.



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

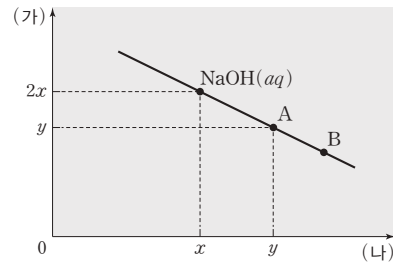
◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 설탕의 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}} = 1$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량은 일정하게 유지된다.
- ㄷ. 물에 용해된 설탕의 질량은 (나) > (가)이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0201]

11 그림은 25°C 에서 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 과 수용액 A와 B의 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 pH와 pOH 중 하나이다.



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 pH이다.
- ㄴ. $x + y = 12.0$ 이다.
- ㄷ. OH^- 의 몰 농도(M)는 $B > A$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0202]

12 다음은 25°C 에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)에서 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1000$ 이다.
- $\frac{(\text{나})\text{의 pH}}{(\text{가})\text{의 pOH}} = 2$ 이다.

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)의 액성은 염기성이다.
- ㄴ. (가)의 $\text{pOH} = 5.0$ 이다.
- ㄷ. $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}$ 는 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0203]

01 다음은 염화 코발트(Ⅱ)와 물의 반응에 대한 자료 및 실험이다.

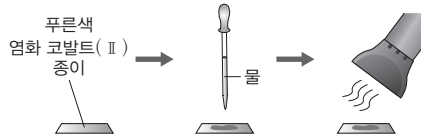
푸른색 CoCl_2 는 물과 반응하여 붉은색을 띤다.

[자료]

- 염화 코발트(Ⅱ)와 물의 화학 반응에서의 반응물과 생성물
 • 반응물 : $\text{CoCl}_2, \text{H}_2\text{O}$ • 생성물 : $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 ㉠

[실험 과정]

- (가) 푸른색 염화 코발트(Ⅱ) 종이에 물방울을 떨어뜨린 후 색깔을 관찰한다.
 (나) 물이 떨어졌던 부분에 따뜻한 바람을 불어 물을 증발시키고 염화 코발트(Ⅱ) 종이의 색깔을 관찰한다.



[실험 결과]

- (가)에서 물에 닿은 부분이 붉은색으로 변하였다.
 ○ (나)에서 물이 증발하면서 붉은색이었던 부분이 다시 푸른색으로 변하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 푸른색이다.
 ㄴ. 염화 코발트(Ⅱ)와 물의 반응은 가역 반응이다.
 ㄷ. 염화 코발트(Ⅱ)와 물의 반응의 화학 반응식은 $\text{CoCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0204]

02 표는 25°C 에서 같은 질량의 물이 담긴 비커 (가)와 (나)에 서로 다른 양의 고체 설탕을 넣은 후, 녹지 않고 남아 있는 고체 설탕의 질량을 시간에 따라 나타낸 것이다. (가)에서는 t_1 일 때, (나)에서는 t_2 일 때 고체 설탕과 용해된 설탕은 동적 평형 상태에 도달하였다. $0 < t_1 < t_2$ 이다.

설탕 수용액에서 동적 평형 상태에 도달하면 설탕의 용해 속도와 설탕의 석출 속도는 같아진다.

시간		0	t_1	t_2
고체 설탕의 질량(g)	(가)	a	c	x
	(나)	b		

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $x = c$ 이다.
 ㄴ. t_1 일 때 (나)에서 설탕의 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}} = 1$ 이다.
 ㄷ. t_2 일 때 (가)에서 설탕이 용해되는 반응은 일어나지 않는다.

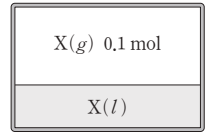
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

동적 평형 상태에서 X(l)의 양(mol)은 일정하게 유지된다.

[26024-0205]

03 표는 25°C에서 밀폐된 진공 용기에 X(l) 1 mol을 넣은 후 시간에 따른 X(l)의 양(mol)에 대한 자료이고, 그림은 시간이 t₂일 때 용기에 들어 있는 물질을 나타낸 것이다. t₂일 때 X(l)와 X(g)는 동적 평형 상태에 도달하였다. 0 < t₁ < t₂ < t₃이다.

시간	t ₁	t ₂	t ₃
X(l)의 양(mol)(상댓값)	19	18	18



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. t₃일 때 X(l)와 X(g)는 동적 평형을 이루고 있다.
- ㄴ. X(g)의 응축 속도는 t₂일 때가 t₁일 때보다 작다.
- ㄷ. $\frac{t_2\text{일 때 X(g)의 양(mol)}}{t_1\text{일 때 X(g)의 양(mol)}} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2t일 때 II의 설탕 수용액은 동적 평형 상태이다.

[26024-0206]

04 다음은 설탕의 용해에 대한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 25°C에서 그림과 같이 2V L, V L의 물이 각각 담긴 비커 I, II에 각각 충분한 양의 설탕을 넣고 유리 막대로 저어 준다.



(나) 시간에 따른 수용액의 농도(%)를 측정한다.

[실험 결과]

시간		t	2t	3t
수용액의 농도(%)	I		a	b
	II	a	b	b

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 2t일 때 II에서 설탕의 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}} < 1$ 이다.
- ㄴ. 3t일 때 I의 비커에 설탕을 더 넣으면 용액의 농도는 증가한다.
- ㄷ. I에서 설탕의 석출 속도는 3t일 때가 2t일 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0207]

05 표는 밀폐된 진공 용기에 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣은 후 시간에 따른 ㉠과 ㉡을 나타낸 것이다. $c > b > a$ 이고, ㉠과 ㉡은 H_2O 의 증발 속도와 H_2O 의 응축 속도를 순서 없이 나타낸 것이다. $0 < t_1 < t_2 < t_3$ 이다.

시간	t_1	t_2	t_3
㉠	a	b	c
㉡	c	c	c

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠은 H_2O 의 응축 속도이다.
- ㄴ. t_3 일 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 는 동적 평형 상태이다.
- ㄷ. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 t_3 일 때가 t_2 일 때보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 같아지면 동적 평형에 도달한다.

[26024-0208]

06 표는 25°C 에서 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{HCl}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$ 을 순서 없이 나타낸 것이다.

물질	(가)	(나)	(다)
pH	k	$2k$	$3k$
부피(L)	V	V	$100V$

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. $k = 3.5$ 이다.
- ㄴ. (다)의 $\text{pOH} = 1.5$ 이다.
- ㄷ. $\frac{\text{(다)에서 } \text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = 10^{-2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

25°C 에서 물의 $\text{pH} = 7.0$, 산성 수용액은 $\text{pH} < 7.0$, 염기성 수용액은 $\text{pH} > 7.0$ 이다.

(나)에 녹아 있는 HCl의 질량은 (가)의 2배이고, (나)의 부피는 (가)의 20배이다. 따라서 (나)의 몰 농도는 (가)의 $\frac{1}{10}$ 배이다.

07 표는 25°C에서 HCl(aq) (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
용질의 질량(g)	w	$2w$	aw
부피(mL)	$5V$	$100V$	V
pH	$4x$	$6x$	1.0

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 ▶

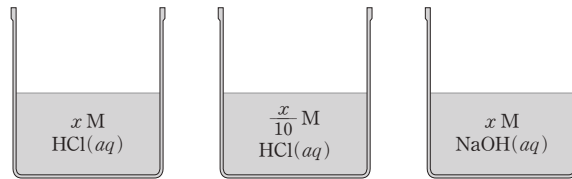
- ㄱ. $x=0.5$ 이다.
- ㄴ. (가)의 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-2}$ M이다.
- ㄷ. $a=2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

25°C에서 물의 이온화 상수 (K_w)가 1×10^{-14} 이고, $pH + pOH = 14.0$ 이므로 (가)는 $pH=12.0$, $pOH=2.0$ 인 수용액이다.

08 다음은 25°C에서 3가지 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

○ (가)~(다)는 x M HCl(aq), $\frac{x}{10}$ M HCl(aq), x M NaOH(aq)을 순서 없이 나타낸 것이다.



- (가)에서 $\frac{pH}{pOH}=6$ 이다.
- $[H_3O^+]$ 는 (나) > (다)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. (가)는 x M NaOH(aq)이다.
- ㄴ. $x=0.01$ 이다.
- ㄷ. (다)의 pOH는 11.0이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0211]

09 표는 25°C에서 NaOH(aq) (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	용질의 질량(g)	몰 농도(M)	부피(L)	$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$
(가)	w	1×10^{-2}	V	a
(나)		x		1×10^{-6}
(다)	y		$100V$	$100a$

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. $x = 1 \times 10^{-4}$ 이다.
 ㄴ. (다)의 pH = 10.0이다.
 ㄷ. $y = 100w$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

25°C에서 물의 이온화 상수 (K_w)가 1×10^{-14} 이고,
 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 이므로
 (나)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-4}$ M
 이다.

[26024-0212]

10 표는 25°C에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. X와 Y는 HCl과 NaOH을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠은 H_3O^+ 또는 OH^- 중 하나이다.

수용액	용질	몰 농도(M)	부피(mL)	㉠의 양(mol)(상댓값)
(가)	X	1×10^{-4}	1000	10^8
(나)	Y	1×10^{-4}	10	1
(다)	NaOH	1×10^{-6}	1000	10^4

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. ㉠은 H_3O^+ 이다.
 ㄴ. (가)의 pOH는 10.0이다.
 ㄷ. (나)에서 $\frac{\text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = 10^8$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(다)의 부피는 1 L,
 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-6}$ M,
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-8}$ M이므로
 OH^- 과 H_3O^+ 의 양은 각각
 1×10^{-6} mol, 1×10^{-8} mol
 이다.

[26024-0213]

수능 3점 테스트

25°C에서 물의 자동 이온화에 의해 생성되는 H_3O^+ 과 OH^- 의 양이 같으므로 중성 수용액에서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}}=1$ 이다.

11 다음은 25°C에서 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

(가) $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = k$ (나) $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 11k$ (다) $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 1$

○ (나) : (다) = 1 : 9의 부피비로 혼합한 수용액에서 $\frac{\text{pOH}}{\text{pH}} = 2.5$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C에서 물의 이온화 상수 (K_w)는 1×10^{-14} 이고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 물질의 부피의 합과 같다.)

◀ 보기 ▶

ㄱ. (나)의 pH = 4.0이다.
 ㄴ. $k = \frac{1}{3}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{\text{(다)의 pH}}{\text{(가)의 pOH}} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 $|\text{pH} - \text{pOH}| = 0$ 이고, $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 $|\text{pH} - \text{pOH}|$ 은 0이 아니므로 (다)는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이고, $b = 0$ 이다.

12 다음은 25°C에서 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{HCl}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$ 을 순서 없이 나타낸 것이다.

○ (가)~(다)의 $|\text{pH} - \text{pOH}|$ 는 각각 a, a, b 이다.
 ○ (가)~(다)의 부피는 각각 1 L, 100 mL, 100 mL이다.
 ○ OH^- 의 양(mol)은 (다)가 (가)의 100배이다.

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. (다)는 산성이다.
 ㄴ. $a = 6.0$ 이다.
 ㄷ. (나)에서 H_3O^+ 의 양은 1×10^{-11} mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 산 염기와 중화 반응

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



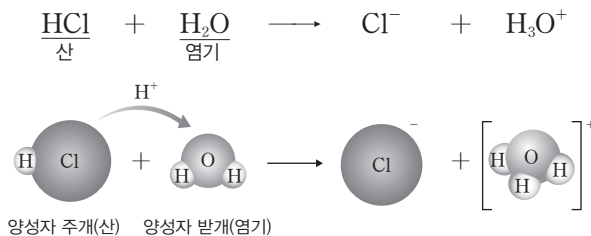
② 아레니우스 산 염기 정의의 한계: H^+ 을 내놓지 않는 산 또는 OH^- 을 내놓지 않는 염기는 설명할 수 없고, 수용액 상태가 아닌 경우에도 적용할 수 없다.

(2) 브뢴스테드·로리 정의

① 브뢴스테드·로리 정의: 아레니우스 정의보다 확장된 개념이다.

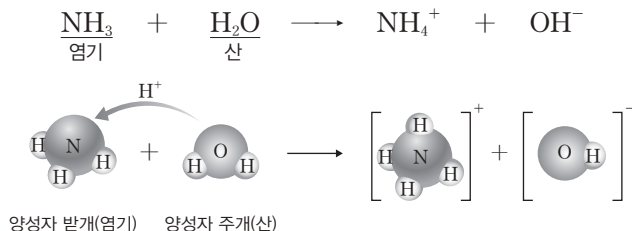
- 산: 양성자(H^+)를 주는 물질 \rightarrow 양성자 주개
- 염기: 양성자(H^+)를 받는 물질 \rightarrow 양성자 받개

② HCl 수용액에서 브뢴스테드·로리 산과 염기



- HCl는 H₂O에게 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이고, H₂O은 HCl로부터 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

③ NH₃ 수용액에서 브뢴스테드·로리 산과 염기



- 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 양성자이다.

1. 브뢴스테드·로리 정의에 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. $CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \longrightarrow CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$ 반응에서
 (1) CH₃COOH은 양성자(H^+)를 H₂O에게 준다. ()
 (2) H₂O은 브뢴스테드·로리 염기이다. ()

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.

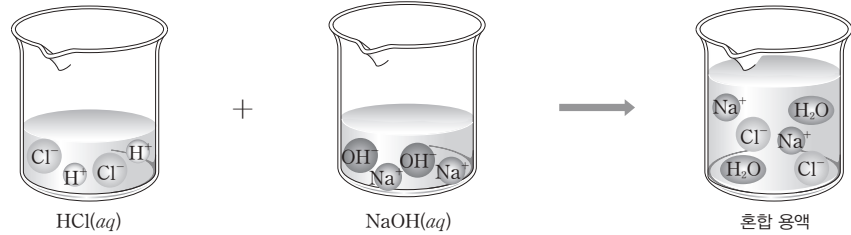
1. 수용액에서 산과 염기가 중화 반응하면 () 이 생성된다.

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

- ① 중화 반응은 수용액에서 산과 염기가 반응하여 물이 생성되는 반응이다.
- ② 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.

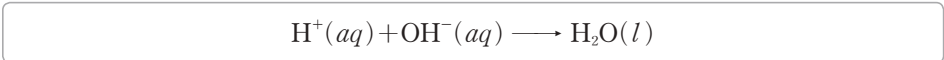


염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응

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

- ① 구경꾼 이온 : 화학 반응에서 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온을 말한다. $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 반응에서 Na^+ 과 Cl^- 의 수는 반응 전과 후에 변화가 없으므로 Na^+ 과 Cl^- 은 구경꾼 이온이다.
- ② 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 수와 혼합 용액의 액성

- ① 산과 염기 수용액을 혼합하면 H^+ 과 OH^- 이 1 : 1의 몰비로 반응하여 물이 된다.

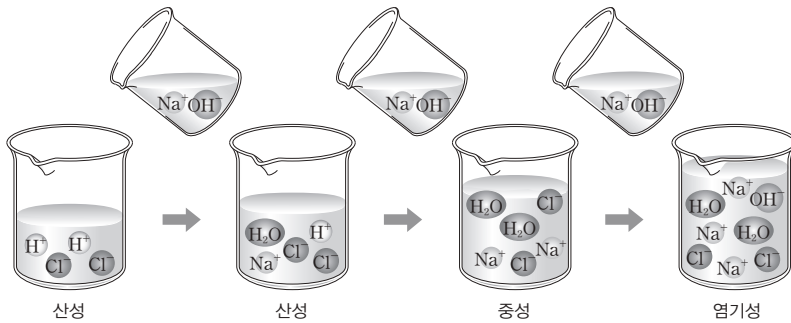
$$\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$$
- ② 일반적으로 중화 반응의 양적 관계를 다룰 때 물의 자동 이온화는 고려하지 않는다. 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 의 양에 비해 물의 자동 이온화에 의한 H^+ 과 OH^- 의 양은 무시할 정도로 적기 때문이다.
- ③ 혼합 전 산과 염기 수용액에 있는 H^+ 과 OH^- 중 중화 반응이 완결된 후 남은 이온의 종류에 의해 혼합 용액의 액성이 결정된다.

정답

- 1. 물(H_2O)
- 2. (1) Na^+ , Cl^-
 (2) $\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$

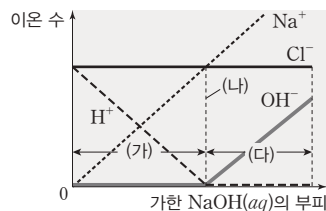
실험 I	실험 II	실험 III
H^+ 140개 + OH^- 100개 \downarrow H^+ 40개 + H_2O 100개 \downarrow 산성 H^+ 수 > OH^- 수	H^+ 100개 + OH^- 100개 \downarrow H_2O 100개 \downarrow 중성 H^+ 수 = OH^- 수	H^+ 100개 + OH^- 140개 \downarrow H_2O 100개 + OH^- 40개 \downarrow 염기성 H^+ 수 < OH^- 수

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 수용액에 염기 수용액을 가하거나 염기 수용액에 산 수용액을 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 들어 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 가해졌으므로 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.

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.

정답

1. 1, 1
2. 산성

개념 체크

중화 반응의 양적 관계

반응한 H^+ 수
 = 반응한 OH^- 수
 = 생성된 물 분자 수
 $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$

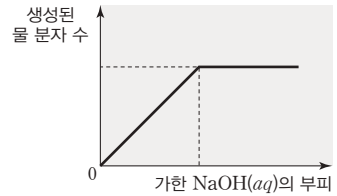
1. 일정량의 $HCl(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 가할 때 완전히 중화될 때까지 H^+ 의 수는 ()하고, Cl^- 의 수는 ()하다.

2. 일정량의 $HCl(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 가할 때, 중화점에 도달하기 전까지 혼합 용액에 가장 많이 존재하는 이온은 ()이다.

※ ○ 또는 ×

3. $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 혼합 용액이 염기성일 때 Na^+ 의 수와 Cl^- 의 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 $NaOH(aq)$ 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 중화점에서 반응한 산과 염기의 가수, 용액의 몰 농도, 부피의 관계

$$nMV = n'M'V'$$

(n, n' : 산, 염기의 가수
 M, M' : 산, 염기 수용액의 몰 농도
 V, V' : 산, 염기 수용액의 부피)

• 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	$Al(OH)_3$

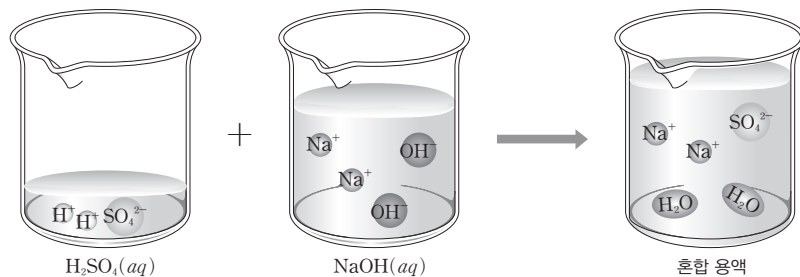
• 반응한 산 또는 염기 수용액의 몰 농도(M)와 부피(L)의 곱은 반응한 산 또는 염기의 양(mol)이다($MV, M'V'$).

• 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. 감소, 일정
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(M)

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 부피에 따른 혼합 용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)에 대한 자료이다. 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.
- Na^+ : 용액의 부피는 $\frac{4}{3}$ 배가 되므로 $\frac{3}{8} (= 0.5 \times \frac{30}{30+10})$ 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.

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 혼합한 용액의 액성은 ()이다.

정답

1. 2. 2
2. 2
3. 산성

개념 체크

중화 적정

중화 반응을 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 알아내는 실험 방법이다.

1. 중화 적정 실험에서 액체의 부피를 정확히 취하여 옮길 때 사용하는 기구는 ()이다.




2. 중화 적정 실험에서 가해지는 표준 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.

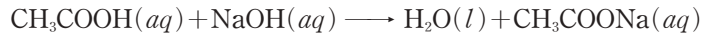
① **중화점** : 중화 적정에서 반응한 산의 H^+ 의 양(mol)과 반응한 염기의 OH^- 의 양(mol)이 같아져 산과 염기가 완전히 중화되는 점을 중화점이라고 한다.

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 알고자 하는 수용액을 담을 때 사용한다.

(2) 중화 적정을 이용한 식초 속 아세트산 함량 구하기 실험 계획

① 중화 반응의 화학 반응식을 작성한다.



② 식초 속 CH_3COOH 함량을 구하기 위해 중화 적정의 양적 관계를 이해한다.

• $nMV = n'M'V'$ 의 관계를 이용한다.

$$nMV = n'M'V'$$

n, n' : CH_3COOH 과 $NaOH$ 의 가수 \rightarrow 각각 1

M, M' : 식초 속 CH_3COOH 과 $NaOH$ 표준 용액의 몰 농도

V, V' : 반응한 식초와 $NaOH$ 표준 용액의 부피

• 식초의 밀도와 계산된 식초의 몰 농도를 이용하여 식초 속 CH_3COOH 의 함량(%)을 계산한다.

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(염기성에서 붉은색)

• 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, 물 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.)

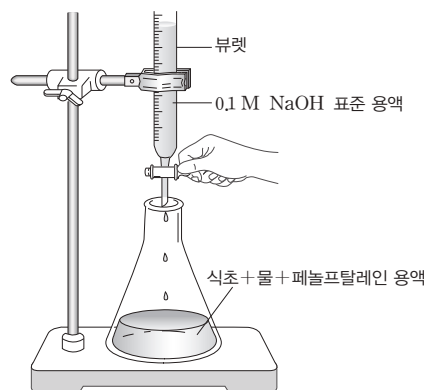
⑤ 자세한 실험 과정을 설계한다.

⑥ 실험 중 유의할 점을 확인한다.

- CH_3COOH 은 휘발성이 있기 때문에 식초의 뚜껑을 잘 닫아두어야 하고, 실험에 걸리는 시간을 가능한 한 짧게 하여 공기 증으로 날아가는 CH_3COOH 의 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.
- 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 물을 넣어 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 흘려주어 뷰렛 꼭지의 아랫부분을 표준 용액으로 채운다.
- 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.

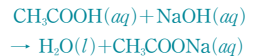


- ⑤ 삼각 플라스크 속 혼합 용액에 붉은색이 나타나면 삼각 플라스크를 흔들어 주면서 표준 용액을 한 방울씩 떨어뜨리고 혼합 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 꼭지를 잠근 후 뷰렛의 눈금을 읽는다.

➡ 식초를 희석시킨 용액 30 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 :

$$nMV = n'M'V'$$

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

⑤ 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.

$$\frac{60a \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 6a(\%)$$

⑥ 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 중화점이다. ()

정답

1. ○
2. ×

⑥ 식초를 희석시킨 용액 속 CH_3COOH 의 몰 농도를 x M라고 하면, CH_3COOH 과 NaOH 이 각각 1가 산과 1가 염기이고, 반응한 CH_3COOH 이 내놓은 H^+ 의 양(mol)과 반응한 NaOH 이 내놓은 OH^- 의 양(mol)이 같으므로 $1 \times x \text{ M} \times 30 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 30 \text{ mL}$ 이며 $x = 0.1$ 이다. 삼각 플라스크 속 용액은 식초를 10배 희석시킨 것이므로 식초 3 mL 속 CH_3COOH 의 몰 농도는 1 M이고, 식초 1 L에는 CH_3COOH 1 mol이 들어 있다.

⑦ 식초의 밀도를 1 g/mL라고 하면, 식초 1 L의 질량은 1000 g이다. CH_3COOH 의 분자량이 60이고 식초 속 CH_3COOH 의 몰 농도가 1 M이므로 식초 1000 g (= 1 L)에는 CH_3COOH 이 60 g (= 1 mol) 들어 있다. 따라서 식초 속 CH_3COOH 의 함량(%)은 $\frac{60 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 6(\%)$ 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 $\text{HNO}_3(aq)$ 100 mL와 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 100 mL 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.

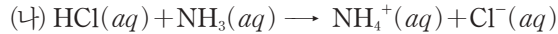
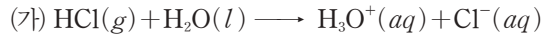
2. 중화 반응 후 혼합 용액의 액성을 확인하는 방법

0.1 M NaOH 표준 용액 150 mL를 $\text{HNO}_3(aq)$ 100 mL와 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 100 mL 각각에 넣어 중화 반응을 완결시킨 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.

[26024-0215]

01 다음은 HCl과 관련된 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

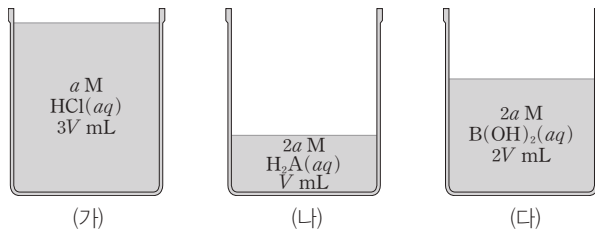
◀ 보기 ▶

- ㄱ. HCl은 아레니우스 산이다.
 ㄴ. (가)에서 HCl은 브뢴스테드·로리 산이다.
 ㄷ. (나)에서 NH_3 는 브뢴스테드·로리 염기이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0216]

02 그림은 3가지 수용액 (가)~(다)를 나타낸 것이다.



(가)~(다)를 모두 혼합한 수용액에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로, $\text{B}(\text{OH})_2$ 는 B^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A^{2-} 과 B^{2+} 은 반응하지 않는다.)

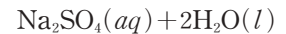
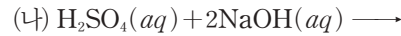
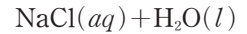
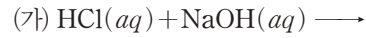
◀ 보기 ▶

- ㄱ. 액성은 염기성이다.
 ㄴ. $[\text{Cl}^-] = \frac{a}{2}$ M이다.
 ㄷ. $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{3}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0217]

03 다음은 산 염기 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

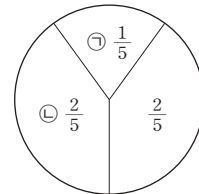
◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)와 (나)에서 알짜 이온 반응식은 모두 $\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.
 ㄴ. Na^+ 은 (가)와 (나)에서 모두 구경꾼 이온이다.
 ㄷ. (나)에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응하는 H_2SO_4 의 양은 2 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0218]

04 그림은 수용액 $\text{H}_m\text{A}(aq)$ 과 $\text{B}(\text{OH})_n(aq)$ 을 혼합한 수용액에 존재하는 이온 수의 비율을 나타낸 것이다. m, n 은 각각 1 또는 2이고, ㉠과 ㉡은 각각 양이온과 음이온이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H_mA 는 H^+ 과 A^{m-} 으로, $\text{B}(\text{OH})_n$ 는 B^{n+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{m-} 과 B^{n+} 은 반응하지 않는다.)

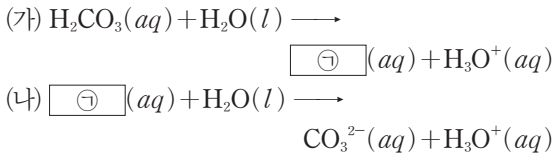
◀ 보기 ▶

- ㄱ. 혼합 수용액의 액성은 산성이다.
 ㄴ. ㉠은 B^{2+} 이다.
 ㄷ. $n = 2m$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0219]

05 다음은 산 염기 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.



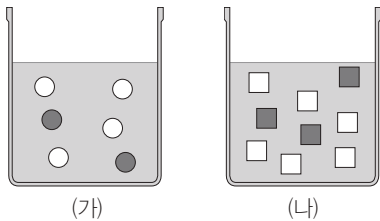
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
 가. \ominus 은 HCO_3^- 이다.
 나. (가)에서 H_2O 은 브뢴스테드·로리 염기이다.
 다. (나)에서 \ominus 은 브뢴스테드·로리 산이다.

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

[26024-0220]

06 그림은 수용액 (가)와 (나)를 이온 모형으로 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 $a \text{ M H}_2\text{A}(aq)$ $V \text{ mL}$ 와 $b \text{ M B(OH)}_2(aq)$ $V \text{ mL}$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액에서 모든 음이온의 수는 모든 양이온의 수보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로, B(OH)_2 는 B^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A^{2-} 과 B^{2+} 은 반응하지 않는다.)

- ◀ 보기 ▶
 가. ■에 해당하는 이온은 B^{2+} 이다.
 나. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액에 존재하는 모든 음이온의 수 = $\frac{5}{3}$ 이다.
 다. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 $[\text{OH}^-] = \frac{b}{3} \text{ M}$ 이다.

- ① 가 ② 나 ③ 가, 다 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

[26024-0221]

07 표는 $\text{HCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{X}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 달리 하여 혼합한 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 수용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 수용액의 부피(mL)	0.1 M $\text{HCl}(aq)$	30	30	0
	0.3 M $\text{H}_2\text{X}(aq)$	0	10	20
	0.2 M $\text{NaOH}(aq)$	10	0	10

(가)~(다)의 pH를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로 모두 이온화된다.)

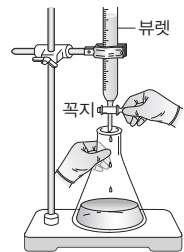
- ① (가) > (나) > (다) ② (가) > (다) > (나)
 ③ (나) > (가) > (다) ④ (나) > (다) > (가)
 ⑤ (다) > (가) > (나)

[26024-0222]

08 다음은 중화 적정 실험 과정과 실험 오차를 줄이기 위한 학생들의 대화이다.

[실험 과정]

- (가) 25°C에서 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 20 mL를 비커로 측정하여 삼각 플라스크에 넣고 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.
 (나) 뷰렛 꼭지를 잠그고 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 을 넣은 후 뷰렛 속 $\text{NaOH}(aq)$ 의 맨 위 눈금을 읽는다.
 (다) 그림과 같이 장치하고 뷰렛의 꼭지를 열어 $\text{NaOH}(aq)$ 을 떨어뜨리다가 혼합 수용액에 붉은색이 나타나자마자 꼭지를 잠그고 뷰렛 속 수용액의 맨 위 눈금을 읽는다.



(가)에서 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 20 mL를 측정할 때 비커 대신 피펫을 이용해야 해.

(나)에서 꼭지를 잠시 열었다 닫아 꼭지의 아래 부분을 $\text{NaOH}(aq)$ 으로 채운 후 눈금을 읽어야 해.

(다)에서 혼합 수용액을 잘 섞어 주면서 혼합 수용액 전체가 붉은색이 되는 순간에 꼭지를 잠가야 해.

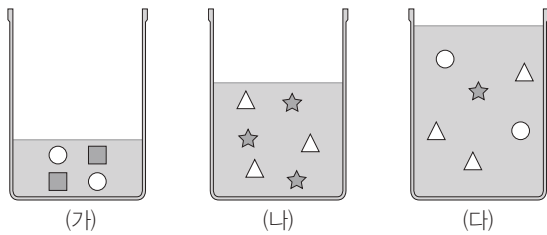


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

[26024-0223]

09 그림은 HCl(aq) 10 mL (가), NaOH(aq) 20 mL (나), (가)와 (나)를 혼합한 수용액 (다)를 이온 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)와 (나)를 혼합할 때 ☆는 구경꾼 이온이다.
- ㄴ. (가)와 (나)를 혼합할 때 생성되는 H₂O 분자 수는 (가)에서 ■의 이온 수와 같다.
- ㄷ. [OH⁻]는 (나)가 (다)의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0224]

10 표는 a M HCl(aq)과 b M A(OH)₂(aq)의 부피를 달리하여 혼합한 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

혼합 수용액		(가)	(나)
혼합 전 수용액의 부피(mL)	a M HCl(aq)	V	V
	b M A(OH) ₂ (aq)	V	3V
단위 부피당 양이온 모형			

(○ : H⁺, ■ : A²⁺)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 A(OH)₂는 A²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A²⁺은 반응하지 않는다.)

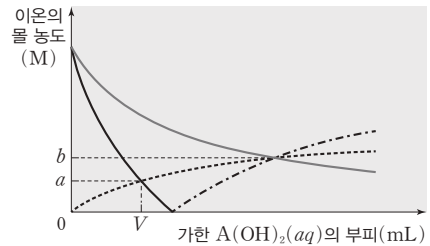
◀ 보기 ▶

- ㄱ. a : b = 3 : 1이다.
- ㄴ. ㉠에 들어갈 ■의 수는 3이다.
- ㄷ. (나)에 존재하는 Cl⁻과 OH⁻의 수는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0225]

11 그림은 0.2 M HCl(aq) 10 mL에 0.1 M A(OH)₂(aq)을 가할 때, 가한 A(OH)₂(aq)의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도를 나타낸 것이다.



$\frac{a}{b} \times V$ 는? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 A(OH)₂는 A²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A²⁺은 반응하지 않는다.)

- ① 4 ② 6 ③ 8 ④ 10 ⑤ 12

[26024-0226]

12 다음은 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 a M HCl(aq) V₁ mL이고, (나)는 (가)와 b M X(OH)₂(aq) V₂ mL를 혼합한 수용액이다.
- 수용액에 존재하는 이온 수

수용액		(가)	(나)
수용액에 존재하는 이온 수	A 이온	h	i
	B 이온	j	k
	C 이온	l	m

- A~C 이온은 각각 H⁺, Cl⁻, X²⁺, OH⁻ 중 하나이다.
- 6(h-i) = 3(k-j) = 4(m-l) > 0이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 X(OH)₂는 X²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X²⁺은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A 이온은 H⁺이다.
- ㄴ. B 이온은 X²⁺이다.
- ㄷ. m > i + j이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0227]

HCl(aq)과 A(OH)₂(aq)의 중화 반응에서 혼합 수용액이 산성일 때

$$1 < \frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} < 2 \text{이고}$$

중성과 염기성일 때

$$\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = 2 \text{이다.}$$

$$I \text{의 몰 농도}(M) \times 50 = x \times 30$$

$$\text{이므로 } I \text{의 몰 농도} = \frac{3}{5}x \text{ M 이}$$

고, A의 몰 농도는 I의 몰 농도의 10배이므로 6x M이다.

01 표는 a M HCl(aq)과 a M A(OH)₂(aq)의 부피를 달리하여 혼합한 3가지 수용액에 대한 자료이다.

혼합 전 수용액의 부피(mL)	a M HCl(aq)	100	200	100	
	a M A(OH) ₂ (aq)	V	xV	4V	
혼합 수용액에 존재하는		모든 음이온의 수	6/5	3/2	y
		모든 양이온의 수			

$\frac{x}{y}$ 는? (단, 수용액에서 A(OH)₂는 A²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A²⁺은 반응하지 않는다.)

- ① $\frac{3}{2}$ ② $\frac{9}{5}$ ③ 2 ④ $\frac{12}{5}$ ⑤ 3

[26024-0228]

02 다음은 식초 속 아세트산(CH₃COOH)의 함량을 알아보기 위한 중화 적정 실험이다.

[자료]

- t°C에서 식초 A, B의 밀도(g/mL)는 각각 d_A, d_B이다.
- CH₃COOH의 분자량은 60이다.

[실험 과정]

- (가) 식초 A, B를 준비한다.
- (나) A 10 mL에 물을 넣어 수용액 I 100 mL를 만든다.
- (다) 50 mL의 I에 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 넣고 x M NaOH(aq)으로 적정하였을 때, 수용액 전체가 붉게 변하는 순간까지 넣어 준 NaOH(aq)의 부피를 측정한다.
- (라) B 10 mL에 물을 넣어 수용액 II 200 mL를 만든다.
- (마) 50 mL의 I 대신 50 mL의 II를 이용하여 (다)를 반복한다.

[실험 결과]

실험 과정	(다)	(마)
각 과정에서 넣어 준 NaOH(aq)의 부피(mL)	30	20

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 t°C로 일정하고, 중화 적정 과정에서 식초 A, B에 포함된 물질 중 CH₃COOH만 NaOH과 반응한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 식초 속 CH₃COOH의 몰 농도(M)는 B가 A의 $\frac{4}{3}$ 배이다.
- ㄴ. A 1 g에 들어 있는 CH₃COOH의 질량은 $\frac{9x}{25d_A}$ g이다.
- ㄷ. CH₃COOH 1 g이 들어 있는 식초의 질량(g)은 B가 A의 $\frac{3d_B}{4d_A}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0229]

03 표는 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 부피를 달리하여 혼합한 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 수용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 수용액의 부피(mL)	HCl(aq)	10	10	10
	NaOH(aq)	10	20	50
단위 부피당 이온 모형				

㉠에 들어갈 ☆의 수는? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 3 ② 9 ③ 12 ④ 18 ⑤ 27

Cl⁻의 수는 (가)~(다)에서 모두 같고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 단위 부피당 Cl⁻의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

[26024-0230]

04 표는 a M HCl(aq) 10 mL에 b M X(OH)₂(aq)을 가할 때, 가한 X(OH)₂(aq)의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)를 나타낸 것이다. A~C 이온은 각각 H⁺, Cl⁻, X²⁺, OH⁻ 중 하나이고, x는 0이 아니다.

가한 X(OH) ₂ (aq)의 부피(mL)		20	30
혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)	A 이온	x	
	B 이온	8k	12k
	C 이온	8k	9k

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 X(OH)₂는 X²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A²⁺은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

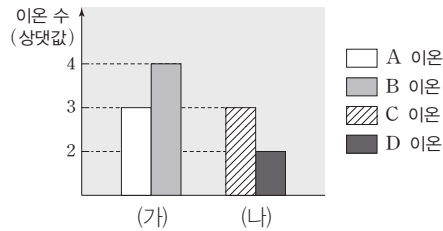
ㄱ. B 이온은 X²⁺이다.
 ㄴ. x=8k이다.
 ㄷ. a=2b이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

HCl(aq)에 X(OH)₂(aq)을 가할 때 몰 농도가 증가하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 X²⁺과 OH⁻ 중 하나이다.

(가)에 존재하는 A 이온과 B 이온, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온은 모두 서로 다른 이온이므로 (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온 중 하나는 H^+ 이고, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온 중 하나는 OH^- 이다.

05 그림은 $a\text{ M HCl}(aq)$ 10 mL에 $b\text{ M X(OH)}_2(aq)$ $V_1\text{ mL}$, $V_2\text{ mL}$ 를 각각 혼합한 수용액 (가)와 (나)에 존재하는 일부 이온의 수를 나타낸 것이다. $V_2 > V_1$ 이고, A~D 이온은 H^+ , Cl^- , X^{2+} , OH^- 을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 $X(OH)_2$ 는 X^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)와 (나)의 액성은 서로 다르다.
- ㄴ. A 이온은 X^{2+} 이다.
- ㄷ. (나)에서 B 이온 수와 D 이온 수의 합은 A 이온 수와 C 이온 수의 합의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$c > d$ 이고, $e > f$ 이므로 $HCl(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 가할 때 물 농도가 감소하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 H^+ 과 Cl^- 중 하나이다.

06 표는 $x\text{ M HCl}(aq)$ $V\text{ mL}$ 에 $y\text{ M NaOH}(aq)$ 을 가할 때, 가한 $NaOH(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)를 나타낸 것이다. A~D 이온은 H^+ , Cl^- , Na^+ , OH^- 을 순서 없이 나타낸 것이고, $b > g > 0$ 이며, $c > d > e > f$ 이다.

가한 $NaOH(aq)$ 의 부피(mL)		100	150	200
혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)	A 이온	$8a$	$9a$	b
	B 이온	c	d	
	C 이온		e	f
	D 이온			g

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. B 이온은 H^+ 이다.
- ㄴ. $V = 50$ 이다.
- ㄷ. $b > f + g$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0233]

07 표는 X(aq) 100 mL에 NaOH(aq)을 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수를, 가한 NaOH(aq)의 부피에 따라 나타낸 것이다. X는 HCl 또는 H₂A이고, $V_4 > V_3 > V_2 > V_1$ 이다.

혼합 수용액	(가)	(나)	(다)	(라)
가한 NaOH(aq)의 부피(mL)	V_1	V_2	V_3	V_4
혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수(상댓값)	9	8	8	9

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H₂A는 H⁺과 A²⁻으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (다)의 액성은 염기성이다.
 ㄴ. (나)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 작은 이온은 Na⁺이다.
 ㄷ. (라)에서 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} < 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)~(라)에서 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수가 감소했다가 증가하므로 X는 HCl일 수 없다.

[26024-0234]

08 표는 H_mA(aq)과 B(OH)_n(aq)을 혼합하는 실험 I, II에 대한 자료이다. m, n은 각각 1 또는 2이고, 화학식량은 H_mA가 B(OH)_n의 2배보다 크다.

실험	수용액 속 용질의 질량(g)		혼합 수용액	
	H _m A(aq)	B(OH) _n (aq)	액성	$\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 이온의 수}}$
I	w	w	(가)	
II	2w	w	산성	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H_mA는 H⁺과 A^{m-}으로, B(OH)_n는 Bⁿ⁺과 OH⁻으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{m-}과 Bⁿ⁺은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$ 이다.
 ㄴ. $x = \frac{2}{3}$ 이다.
 ㄷ. '염기성'은 (가)로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

H_mA와 B(OH)_n의 화학식량을 각각 M₁, M₂라고 하면, II에서 혼합 수용액의 액성이 산성이므로

$$m \times \frac{2w}{M_1} > n \times \frac{w}{M_2} \text{에서}$$

$$2mM_2 > nM_1 \text{이다.}$$

HCl(aq)에 X(OH)₂(aq)을 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 이온의 가짓수는 산성에서 3, 중성에서 2, 염기성에서 3이다.

09 표는 0.1 M HCl(aq) V mL에 0.1 M X(OH)₂(aq)을 가할 때, 가한 X(OH)₂(aq)의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{A \text{ 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$ 를 나타낸 것이다. A 이온은 H⁺, Cl⁻, X²⁺, OH⁻ 중 하나이고, b > a이다.

가한 X(OH) ₂ (aq)의 부피(mL)	10	20	30
혼합 수용액에 존재하는 $\frac{A \text{ 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$	a	b	b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 X(OH)₂는 X²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X²⁺은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

ㄱ. A 이온은 X²⁺이다.
 ㄴ. V = 40이다.
 ㄷ. b = 3a이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

가한 수용액이 Z(OH)₂(aq)이면 중화점까지 모든 이온의 양은 감소하여 중화점에서 0.02 mol이 되고, 중화점 이후에 증가한다.

10 표는 0.1 M H₂X(aq) 100 mL에 0.1 M A(aq) 또는 0.1 M B(aq)을 가할 때, 가한 수용액의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)을 나타낸 것이다. A와 B는 YOH와 Z(OH)₂를 순서 없이 나타낸 것이고, V₄ > V₃ > V₂ > V₁ > 0이다.

가한 수용액의 부피(mL)	0.1 M A(aq)	V ₁	0	V ₃	V ₄
	0.1 M B(aq)	0	V ₂	0	0
혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)		a	a	a	2a

$\frac{V_4}{V_2}$ 는? (단, 수용액에서 H₂X는 H⁺과 X²⁻으로, YOH는 Y⁺과 OH⁻으로, Z(OH)₂는 Z²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X²⁻, Y⁺, Z²⁺은 반응하지 않는다.)

- ① $\frac{15}{8}$ ② $\frac{21}{8}$ ③ 3 ④ $\frac{13}{4}$ ⑤ $\frac{15}{4}$

[26024-0237]

11 표는 a M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL에 b M $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 을 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온을, 가한 $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피에 따라 모형으로 나타낸 것이다.

가한 $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피(mL)	10	20	80	x
혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 모형				

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 $\text{A}(\text{OH})_2$ 는 A^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $x=96$ 이다.
- ㄴ. a M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL와 b M $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 40 mL를 혼합한 수용액의 액성은 산성이다.
- ㄷ. a M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL와 b M $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 60 mL를 혼합한 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온은 Cl^- 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0238]

12 다음은 $\text{A}(aq)\sim\text{D}(aq)$ 의 혼합 실험이다. $\text{A}\sim\text{D}$ 는 HCl , H_2X , NaOH , $\text{Y}(\text{OH})_2$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, $c > b > a$ 이다.

[실험 과정]

- (가) 물 농도가 모두 같은 $\text{A}(aq)\sim\text{D}(aq)$ 각각 10 mL를 준비한다.
- (나) $\text{A}(aq)$ 10 mL에 $\text{B}(aq)$ 10 mL를 가한다.
- (다) (나)의 혼합 수용액에 $\text{C}(aq)$ 10 mL를 가한다.
- (라) (다)의 혼합 수용액에 $\text{D}(aq)$ 10 mL를 가한다.

[실험 결과]

실험 과정	(나)	(다)	(라)
각 과정 후 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$	a	b	c

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로, $\text{Y}(\text{OH})_2$ 는 Y^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2-} 과 Y^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (나)에서 혼합 수용액의 액성은 산성이다.
- ㄴ. C는 NaOH 이다.
- ㄷ. $a \times b \times c = \frac{1}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\text{HCl}(aq)$ 에 $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ V mL를 가할 때가 중화점이라고 하면 이온 수가 가장 큰 이온은 $2V$ mL를 가하기 이전까지 Cl^- 이고, $2V$ mL를 가할 때 Cl^- , A^{2+} , OH^- 이고, 그 이후에는 OH^- 이다.

$\text{HCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{X}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$, $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 에 존재하는 양이온 수 음이온 수는 각각 1, 2, 1, $\frac{1}{2}$ 이다.

수능 3점 테스트

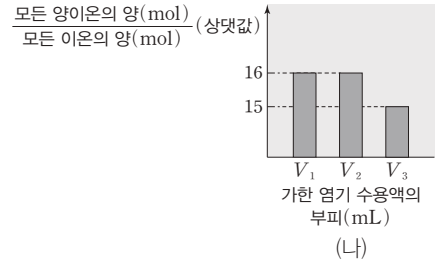
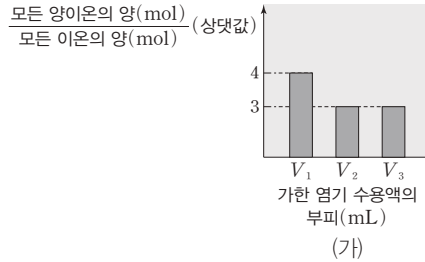
[26024-0239]

(가)는 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$

이 감소하다가 일정하므로 HCl(aq)에 B(OH)₂(aq)을 가하는 것이다.

13 그림 (가)와 (나)는 산과 염기의 종류를 달리하여 산 수용액에 염기 수용액을 가할 때, 가한 염기 수용액의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서

산 수용액은 0.1 M HCl(aq) 100 mL 또는 0.1 M H₂A(aq) 100 mL이고, 염기 수용액은 0.1 M NaOH(aq) 또는 0.1 M B(OH)₂(aq)이며, V₃ > V₂ > V₁이다.



V₃ / V₁는? (단, 수용액에서 H₂A는 H⁺과 A²⁻으로, B(OH)₂는 B²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화되고, 물의

자동 이온화는 무시하며, A²⁻과 B²⁺은 반응하지 않는다.)

- ① 11
- ② $\frac{23}{2}$
- ③ 12
- ④ $\frac{25}{2}$
- ⑤ 13

(가)~(다)에 각각 0.1 M NaOH(aq) 300 mL를 가할 때, 액성이 산성인 혼합 수용액이 2가지이므로 (가)~(다) 중 2가지 수용액 각각에 존재하는 H⁺의 양은 0.03 mol보다 크다.

[26024-0240]

14 다음은 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)는 각각 a M X(aq) 100 mL, 2a M Y(aq) 100 mL, 2a M Z(aq) 100 mL이다.
- X~Z는 각각 HCl 또는 H₂A이다.
- (가)~(다)에 각각 0.1 M NaOH(aq) 300 mL를 가할 때, 액성이 산성인 혼합 수용액은 2가지이다.
- (가)~(다)에 각각 0.2 M NaOH(aq) 200 mL를 가할 때, 액성이 염기성인 혼합 수용액은 2가지이다.
- (나)에 0.2 M NaOH(aq) 300 mL를 가할 때, 혼합 수용액의 액성은 산성이다.

(가)~(다)에 각각 0.2 M NaOH(aq) 250 mL를 가할 때, 혼합 수용액의 액성이 염기성인 것만을 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H₂A는 H⁺과 A²⁻으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

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

개념 체크

➔ 산화

전자를 잃는 반응

➔ 환원

전자를 얻는 반응

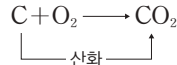
➔ 산화 환원의 동시성

전자를 잃는 반응과 전자를 얻는 반응은 동시에 일어난다.

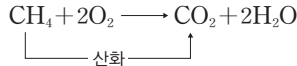
1. 메테인(CH₄)이 연소되는 반응에서 CH₄은 () 된다.

2. 어떤 물질이 전자를 잃는 반응을 (), 전자를 얻는 반응을 ()이라고 한다.

- 숯의 연소 : 숯은 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.



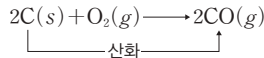
② 철의 제련

- 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.

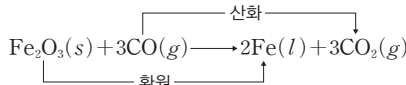
과학 돋보기

용광로에서의 철의 제련

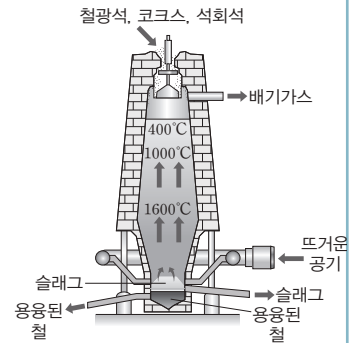
- 용광로에 철광석, 탄소(C)가 주성분인 코크스, 석회석을 넣고 뜨거운 공기를 불어넣는다.
- 탄소(C)가 불완전 연소되어 일산화 탄소(CO)가 된다.



- 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

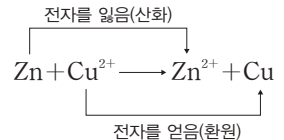
(1) 전자의 이동에 의한 산화 환원

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

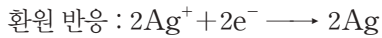
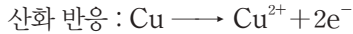
- 한 물질이 전자를 잃고 산화될 때 다른 물질이 그 전자를 얻어서 환원되므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.
- 산화되는 물질이 잃은 전자 수와 환원되는 물질이 얻은 전자 수는 같다.



정답

1. 산화
2. 산화, 환원

예 Cu와 Ag⁺이 반응할 때



→ Cu 1 mol이 Cu²⁺으로 산화될 때 2 mol의 전자를 잃고, Ag⁺ 2 mol이 Ag으로 환원될 때 2 mol의 전자를 얻는다.

개념 체크

➔ 금속과 비금속의 반응

금속은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속은 전자를 얻고 환원되어 음이온이 된다.

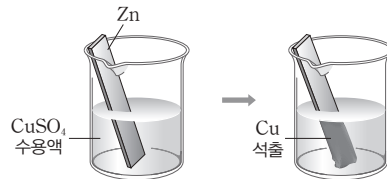
1. Cu²⁺이 포함된 수용액에 아연(Zn)을 넣었더니 구리가 석출되었다. 이때 ()은 산화되고, ()은 환원된다.

2. 나트륨(Na)과 염소(Cl₂)가 반응하여 염화 나트륨(NaCl)이 생성될 때 나트륨은 ()되고, 염소는 ()된다.

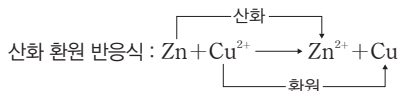
탐구자료 살펴보기 아연과 황산 구리(II) 수용액의 반응

실험 과정 (가) 사포로 문지른 아연(Zn)판을 황산 구리(CuSO₄) 수용액에 넣는다.
(나) 시간이 지남에 따라 수용액의 색과 아연판 표면에서 일어나는 변화를 관찰한다.

실험 결과 수용액의 푸른색이 점점 없어졌고, 아연판 표면에 붉은색 금속이 석출되었다.



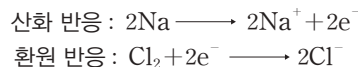
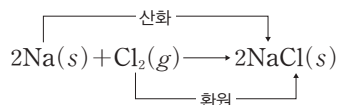
- 분석 point
- 아연은 전자를 잃고 아연 이온으로 산화되어 용액 속에 녹아 들어간다.
 $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ (산화)
 - 구리 이온은 전자를 얻어 구리로 환원되어 석출된다.
 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$ (환원)
Cu²⁺은 수용액에서 푸른색을 띠므로 수용액의 푸른색은 점점 없어지고, 붉은색의 구리 금속이 석출된다.
 - Zn이 전자를 잃고 산화될 때 Cu²⁺이 전자를 얻어서 환원되므로, 산화와 환원은 동시에 일어난다.



4. 황산 이온(SO₄²⁻)은 구경꾼 이온으로 반응에 참여하지 않고 남아 있다.

(2) 전자의 이동에 의한 여러 가지 산화 환원 반응

- 금속과 비금속의 반응 : 금속은 산화되어 양이온이 되고, 비금속은 환원되어 음이온이 된다.
 - 나트륨과 염소의 반응 : 나트륨(Na)을 염소(Cl₂) 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.



정답

- Zn, Cu²⁺
- 산화, 환원

12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

개념 체크

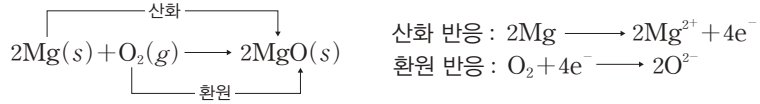
① 금속과 금속 이온의 반응

반응성이 큰 금속은 전자를 잃고 양이온으로 되며, 반응성이 작은 금속의 양이온은 전자를 얻어 금속으로 석출된다.

1. 질산 은(AgNO₃) 수용액에 구리(Cu)를 넣으면 Cu는 전자를 잃어 Cu²⁺으로 녹아 들어가고, Ag⁺은 전자를 얻어 Ag으로 석출된다. 이 반응에서 Cu 1 mol이 산화될 때 석출되는 Ag은()mol이다.

2. Mg 1 mol을 충분한 양의 염산에 넣으면 전자()mol이 이동하여 수소 기체()mol이 생성된다.

- 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.



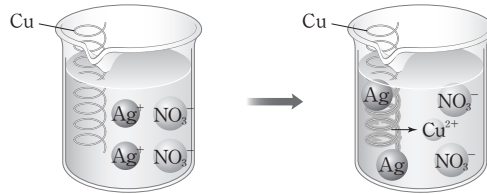
② 금속과 금속 이온의 반응

- 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

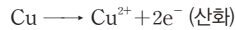
실험과정 및 결과

질산 은(AgNO₃) 수용액에 구리(Cu)선을 넣은 후 변화를 관찰한다. → 구리선에 은(Ag)이 석출되고, 수용액은 점점 푸르게 변한다.



분석 point

1. Cu는 전자를 잃고 Cu²⁺으로 산화되어 용액 속에 녹아 들어가고, Cu²⁺은 수용액에서 푸른색을 띤다.



2. Ag⁺은 전자를 얻고 Ag으로 환원되어 석출된다.

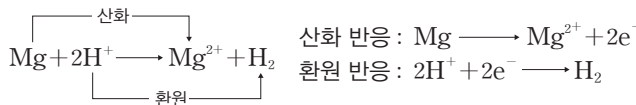


3. Cu가 산화되면서 잃은 전자 수와 Ag⁺이 환원되면서 얻은 전자 수가 같으므로, Cu 1 mol이 산화될 때 Ag⁺ 2 mol이 환원되고 Cu와 Ag⁺의 반응 계수비는 1 : 2이다.



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.



정답

1. 2
2. 2, 1

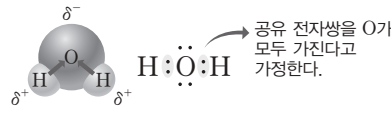
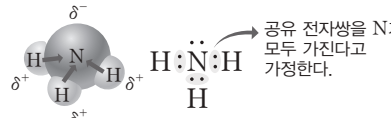
3 산화수와 산화 환원

(1) **산화수** : 산화수는 물질을 구성하는 원자가 산화되거나 환원된 정도를 나타내기 위한 값으로, 산소가 관여하거나 전자의 이동이 분명한 반응에서부터 전자가 원자 사이에 공유되어 공유 결합 물질이 생성되는 반응에 이르기까지 여러 가지 산화 환원 반응을 모두 설명하기 위해 산화수를 사용한다.

① 이온 결합 물질에서의 산화수 : 양이온과 음이온이 결합된 이온 결합 물질에서 양이온은 원자가 전자를 잃고, 음이온은 원자가 전자를 얻어 형성된 것으로, 각 이온의 전하가 그 이온의 산화수이다.

예 NaCl : Na^+ 과 Cl^- 으로 이루어져 있다. \rightarrow Na의 산화수 : +1, Cl의 산화수 : -1
 MgO : Mg^{2+} 과 O^{2-} 으로 이루어져 있다. \rightarrow Mg의 산화수 : +2, O의 산화수 : -2

② 공유 결합 물질에서의 산화수 : 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 가진다고 가정할 때, 각 구성 원자의 전하가 그 원자의 산화수이다.

물(H_2O)	암모니아(NH_3)
	
<ul style="list-style-type: none"> • 전기 음성도 : $\text{O} > \text{H}$ • 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 : $\text{N} > \text{H}$ • 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 잃는 정도를 나타내는 가상적인 전하라고 할 수 있다.

(2) **산화수 규칙** : 원자들의 전기 음성도를 토대로 산화수를 구할 수 있는데, 몇몇 원자들은 여러 화합물 내에서 일정한 산화수를 나타낸다. 이를 이용하여 산화수를 쉽게 구하기 위한 방법이 산화수 규칙이다.

과학 돋보기 산화수 규칙

- ① 원소를 이루는 원자의 산화수는 0이다. \rightarrow Cu, H_2 , O_2 에서 Cu, H, O의 산화수는 모두 0이다.
- ② 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같다. \rightarrow Cu^{2+} 에서 Cu의 산화수는 +2, Cl^- 에서 Cl의 산화수는 -1이다.
- ③ 화합물에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이다.
 - \rightarrow H_2O 에서 (H의 산화수) $\times 2$ + (O의 산화수) $\times 1 = (+1) \times 2 + (-2) \times 1 = 0$ 이다.
- ④ 다원자 이온에서 구성 원자의 산화수의 총합은 그 이온의 전하와 같다.
 - \rightarrow SO_4^{2-} 에서 (S의 산화수) $\times 1$ + (O의 산화수) $\times 4 = (+6) \times 1 + (-2) \times 4 = -2$ 이다.

개념 체크

- ① 산화수 : 물질을 구성하는 원자가 산화되거나 환원된 정도를 나타내는 값이다.
- ② 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

개념 체크

산화수의 주기성

원자의 산화수는 원자가 전자 수와 관련되어 일정한 주기성을 나타낸다.

1. SO₂에서 S의 산화수는 ()이다.

2. NH₃에서 N의 산화수는 ()이고, HNO₃에서 N의 산화수는 ()이다.

3. 화합물에서 F의 산화수는 항상 ()이다.

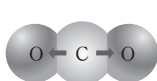
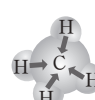
※ ○ 또는 ×

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.
→ F은 전기 음성도가 가장 큰 원소이므로 화합물에서 산화수는 항상 -1이다.
- 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.

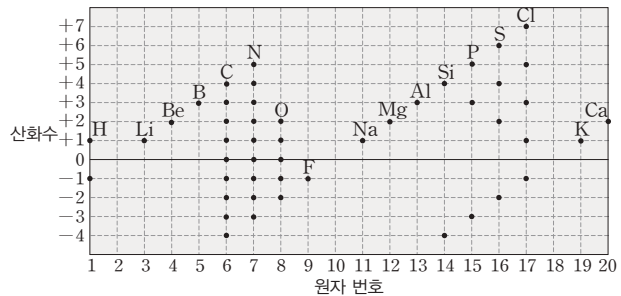
이산화 탄소(CO ₂)	메테인(CH ₄)
 <p>공유 전자쌍을 O가 모두 가진다고 가정한다.</p> <p>↑</p> <p>∴O∴C∴O∴</p>	 <p>공유 전자쌍을 C가 모두 가진다고 가정한다.</p> <p>H H:C:H H</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 전기 음성도 : O > C > H • CO₂에서 C의 산화수는 +4이고, CH₄에서 C의 산화수는 -4이다. • 산화수 규칙에 따른 계산 : C의 산화수를 x라고 할 때 	$CO_2 : x + (-2) \times 2 = 0 \quad x = +4$ $CH_4 : x + (+1) \times 4 = 0 \quad x = -4$

탐구자료 살펴보기 화합물에서 원자의 산화수

탐구 자료 원자 번호가 1~20인 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.



정답

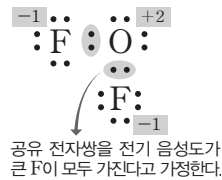
- 1. +4
- 2. -3, +5
- 3. -1
- 4. ×

분석 point 원자의 산화수는 원자가 전자 수와 관련되어 일정한 주기성을 나타낸다.

과학 돋보기 플루오린(F)과 산소(O)의 산화수

플루오린(F)은 전기 음성도가 가장 큰 원소로 원자가 전자 수가 7이므로 전자 1개를 얻어 F⁻이 되거나, 1개의 단일 결합을 형성하기 때문에 화합물에서 항상 산화수는 -1이다.

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, OF₂에서 O의 산화수는 +2, O₂F₂에서 O의 산화수는 +1이다.



(4) 산화수와 산화 환원

① 산화 : 산화수가 증가하는 반응이다.

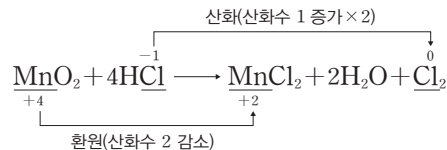
➔ 원자가 전자를 잃으면 산화수는 ‘+’값이 되므로 산화수가 증가하는 것은 전자를 잃는 것과 같아서 산화에 해당한다.

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 정의

• 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.

	산소의 이동	전자의 이동	산화수 변화
산화	얻음	잃음	증가
환원	잃음	얻음	감소

• 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.

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. OF₂에서 O의 산화수는 ()이다.

2. 산화수가 증가하는 반응은 (), 산화수가 감소하는 반응은 ()이다.

정답

1. +2
2. 산화, 환원

개념 체크

⑤ 산화제

다른 물질을 산화시키고 자신은 환원되는 물질

⑥ 환원제

다른 물질을 환원시키고 자신은 산화되는 물질

⑦ 산화제와 환원제의 상대적 세기

산화되거나 환원되는 경향은 상대적이므로 같은 물질이라도 반응에 따라 산화제로 작용할 수도 있고 환원제로 작용할 수도 있다.

⑧ 산화 환원 반응식의 완성

산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 항상 같으므로 이 관계를 이용하여 산화 환원 반응식을 완성할 수 있다.

1. 다른 물질을 산화시키고 자신은 ()되는 물질을 ()라고 한다.

2. 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 () .

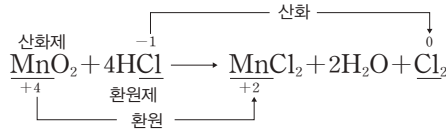
정답

- 1. 환원, 산화제
- 2. 같다

4 산화 환원 반응식

(1) 산화제와 환원제

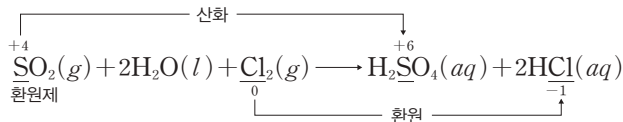
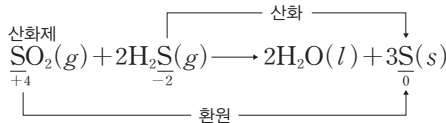
- ① 산화제 : 다른 물질을 산화시키고 자신은 환원되는 물질이다.
- ② 환원제 : 다른 물질을 환원시키고 자신은 산화되는 물질이다.



(2) 산화제와 환원제의 상대적 세기

같은 물질이라고 해도 어떤 물질과 반응하는가에 따라 산화되기도 하고 환원되기도 한다. 산화 환원 반응에서 전자를 잃거나 얻으려는 경향은 서로 상대적이므로 어떤 반응에서 산화제로 작용하는 물질이 다른 물질과 반응할 때는 환원제로 작용할 수도 있다.

예 이산화 황(SO₂)이 황화 수소(H₂S)와 반응할 때에는 SO₂이 환원되면서 H₂S를 산화시키는 산화제로 작용하고, 이산화 황(SO₂)이 상대적으로 더 강한 산화제인 염소(Cl₂)와 반응할 때에는 SO₂이 산화되면서 Cl₂를 환원시키는 환원제로 작용한다.

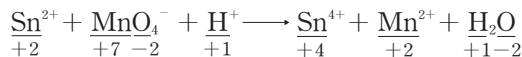


(3) 산화 환원 반응식의 완성

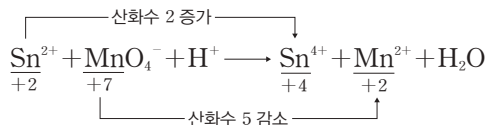
산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 항상 같으므로 반응물과 생성물의 원자 수와 산화수 변화를 맞추어 화학 반응식을 완성할 수 있다.

예 Sn²⁺ + MnO₄⁻ + H⁺ → Sn⁴⁺ + Mn²⁺ + H₂O의 화학 반응식 완성하기

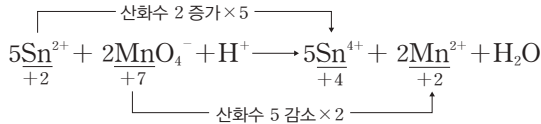
[1단계] 각 원자의 산화수를 구한다.



[2단계] 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.



[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 몰비와 같으므로 산화 환원 반응식을 완성하면 반응하는 산화제와 환원제의 양적 관계를 구할 수 있다.

예 산화 철(Fe_2O_3)과 일산화 탄소(CO)가 반응하여 철(Fe)과 이산화 탄소(CO_2)를 생성하는 반응의 화학 반응식은 $\text{Fe}_2\text{O}_3(s) + 3\text{CO}(g) \longrightarrow 2\text{Fe}(s) + 3\text{CO}_2(g)$ 로, 산화제인 Fe_2O_3 과 환원제인 CO 가 1 : 3의 몰비로 반응하므로 Fe_2O_3 1 mol이 환원될 때 CO 3 mol이 산화된다.

개념 체크

➔ 산화 환원 반응의 양적 관계
완성된 산화 환원 반응식에서 산화제와 환원제의 반응 계수가 각각 a, b 라면 반응하는 물질의 반응 몰비는 산화제 : 환원제 = $a : b$ 이다.

- $\text{Fe}_2\text{O}_3(s) + 3\text{CO}(g) \longrightarrow 2\text{Fe}(s) + 3\text{CO}_2(g)$
반응에서 환원제는 ()이며, Fe 1 mol이 생성될 때 반응한 환원제의 양은 () mol이다.
- $3\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{Al} \longrightarrow 6\text{Ag} + \text{Al}_2\text{S}_3$ 반응에서 Ag_2S 1.5 mol이 환원될 때 Al () mol이 반응하며, 이때 Ag () mol이 생성된다.

탐구자료 살펴보기

황화 은(Ag_2S)과 알루미늄(Al)의 반응

실험과정및경과

- (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.



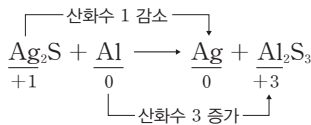
분석 point

- 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.

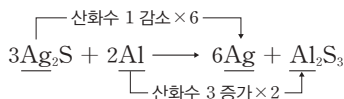
[1단계] 각 원자의 산화수를 구한다.



[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 반응 계수가 각각 3과 2이므로 산화제인 Ag_2S 과 환원제인 Al 은 3 : 2의 몰비로 반응한다.

정답

- CO , 1.5
- 1, 3

개념 체크

→ 발열 반응
열을 방출하는 반응

→ 흡열 반응
열을 흡수하는 반응

1. () 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.

2. 흡열 반응이 일어나면 주위의 온도는 ()아진다.

5 화학 반응에서 출입하는 열

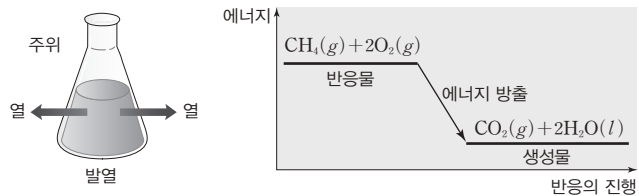
(1) 화학 반응과 열의 출입

화학 반응에서 반응물과 생성물이 가지고 있는 에너지가 다르기 때문에 화학 반응이 일어날 때 열의 출입이 있다.

(2) 발열 반응과 흡열 반응

① 발열 반응

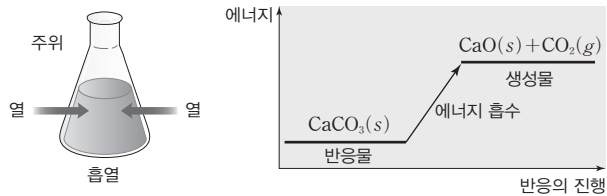
- 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
- 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 반응하면서 열을 방출한다.
- 주위로 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.



예 메테인(CH₄)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.
- 주위로부터 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다.



예 탄산 칼슘(CaCO₃)을 가열하면 분해되어 이산화 탄소가 발생하는데, 이 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

③ 여러 가지 발열 반응과 흡열 반응

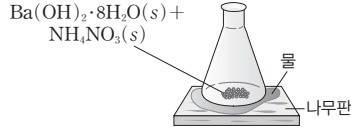
발열 반응	<ul style="list-style-type: none"> • 산 염기 중화 반응이 일어나면 중화열이 방출된다. • 휘발유나 천연 가스 등의 연료가 연소될 때 많은 열을 방출한다. • 손난로 속에서 철가루가 산화되면서 열을 방출하여 따뜻해진다.
흡열 반응	<ul style="list-style-type: none"> • 베이킹파우더의 주원료인 NaHCO₃은 열을 흡수하면 분해되어 CO₂ 기체가 발생해 반죽을 부풀게 한다. • 식물이 빛을 받으면 광합성을 하여 포도당을 만드는데, 광합성은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이다. • 냉각 팩 속 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수하여 팩이 시원해진다.

정답

1. 발열
2. 낮

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 섞은 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.

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. 연료가 연소되는 반응은 () 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 1g의 온도를 1°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 증발 접시에 담는다.
 (나) 둥근바닥 플라스크에 물 100 mL를 넣고 스탠드에 고정 후 물의 온도를 측정한다.
 (다) 과자에 불을 붙인 후 둥근바닥 플라스크의 물을 가열한다.
 (라) 과자를 연소시킨 후 둥근바닥 플라스크 속 물의 최고 온도를 측정한다.
 (마) 전자저울로 타고 남은 과자의 질량을 측정한다.



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 , $4.2 \text{ J}/(g \cdot ^\circ C)$ 라고 하면 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 1g의 연소 과정에서 방출하는 열량은 $\frac{420(t_2 - t_1)}{w_1 - w_2} \text{ J/g}$ 이다.

정답

1. 흡수
2. 발열

개념 체크

→ 화학 반응에서 출입하는 열의 양은 열량계를 사용하여 측정할 수 있다.

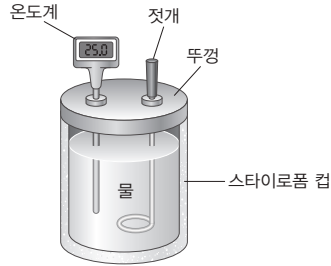
1. 25°C의 물이 들어 있는 간이 열량계에 25°C의 고체 A를 넣어 녹였더니 용액의 온도가 25°C보다 낮아졌다면 고체 A의 용해 반응은 () 반응이다.

※ ○ 또는 ×

2. 스타이로폼 컵을 이용한 간이 열량계에서 스타이로폼 컵은 열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 사용한다. ()

(3) 열량계를 이용한 열의 측정

① 화학 반응에서 출입하는 열의 양은 열량계를 사용하여 측정할 수 있다.



② 열량계와 외부 사이에 열의 출입이 없다고 가정하고 열량계 자체가 흡수하는 열을 무시하면 화학 반응에서 발생한 열량은 열량계 속 용액이 얻은 열량과 같다.

$$\text{화학 반응에서 발생한 열량}(Q) = \text{열량계 속 용액이 얻은 열량}(Q)$$

탐구자료 살펴보기

열량계를 이용한 열의 측정

실험 과정

[실험 I]

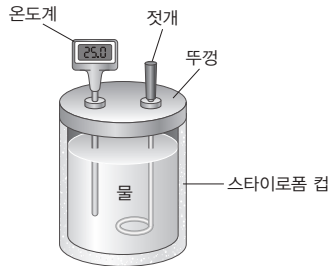
(가) 간이 열량계에 물 100 g을 넣고 온도(t_1)를 측정한다.

(나) 열량계에 $\text{CaCl}_2(s)$ 5 g을 넣어 녹일 때 최고 온도(t_2)를 측정한다.

[실험 II]

(가) 간이 열량계에 물 100 g을 넣고 온도(t_3)를 측정한다.

(나) 열량계에 $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$ 5 g을 넣어 녹일 때 최저 온도(t_4)를 측정한다.



실험 결과

[실험 I]		[실험 II]	
t_1	t_2	t_3	t_4
25°C	31°C	25°C	21°C

분석 point

실험 I에서 용액의 온도가 높아졌으므로 $\text{CaCl}_2(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이고, 실험 II에서 용액의 온도가 낮아졌으므로 $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다.

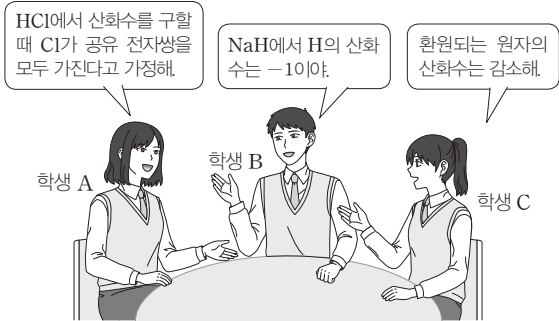
정답

- 흡열
-

수능 2점 테스트

[26024-0241]

01 다음은 산화수에 대한 세 학생의 대화이다.

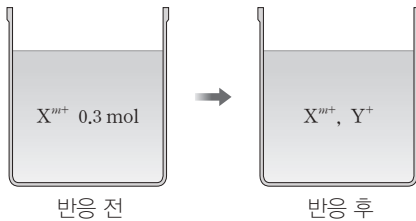


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C
- ④ B, C ⑤ A, B, C

[26024-0242]

02 그림은 금속 이온 X^{m+} 이 들어 있는 수용액에 금속 $Y(s)$ 를 넣어 반응을 완결시켰을 때 반응 전과 후 용액에 들어 있는 이온을 나타낸 것이다. 반응 후 전체 금속 이온의 양은 0.3 mol보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고 물과 반응하지 않으며, 음이온은 반응에 참여하지 않는다.)

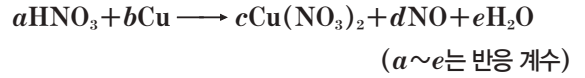
◀ 보기 ▶

- ㄱ. X^{m+} 은 환원된다.
- ㄴ. $m=1$ 이다.
- ㄷ. 전자는 X^{m+} 에서 Y로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0243]

03 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

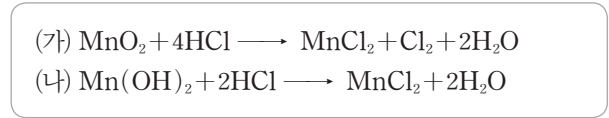
◀ 보기 ▶

- ㄱ. $a+b=c+d+e$ 이다.
- ㄴ. Cu는 산화제이다.
- ㄷ. N의 산화수는 HNO_3 에서가 NO에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0244]

04 다음은 망가니즈(Mn)와 관련된 2가지 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 Mn의 산화수는 감소한다.
- ㄴ. (나)에서 Mn는 산화된다.
- ㄷ. (가)에서 1 mol의 MnCl_2 가 생성될 때 이동한 전자의 양은 1 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0249]

09 다음은 일상생활과 관련된 현상이다.

- 에어컨에서 ㉠냉매가 액체에서 기체로 변한다.
- ㉡부테인을 연소시켜 ㉢물을 끓인다.

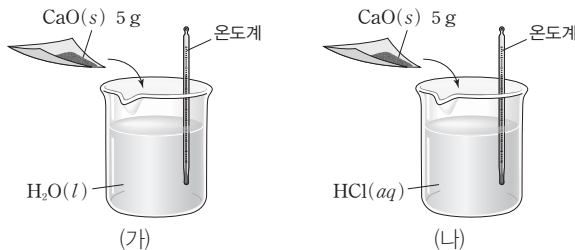
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. ㉠이 일어날 때 주위의 온도가 감소한다.
 - ㄴ. ㉡은 산화 환원 반응이다.
 - ㄷ. ㉠~㉢ 중 흡열 반응은 2가지이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0250]

10 다음은 25°C의 H₂O(l) 100 g과 HCl(aq) 100 g이 들어 있는 비커에 CaO(s)을 각각 5 g씩 넣어 모두 녹였을 때 대한 자료이다.



- (가)에서 수용액의 최고 온도(t₁)는 25°C보다 높다.
- CaO의 용해 반응의 화학 반응식 :
CaO(s) + H₂O(l) → Ca(OH)₂(aq)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. CaO(s)의 용해 반응은 발열 반응이다.
 - ㄴ. (나)에서 중화 반응이 일어난다.
 - ㄷ. (나)에서 수용액의 최고 온도는 t₁보다 높다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0251]

11 다음은 물의 증발에 대한 자료이다.

- 물이 증발할 때 액체 상태의 물이 주위의 열을 ㉠하여 기체 상태의 수증기로 변하므로 남아 있는 물의 온도는 ㉡한다. 반면, 수증기가 응축할 때는 열을 ㉢한다.

㉠~㉢으로 가장 적절한 것은?

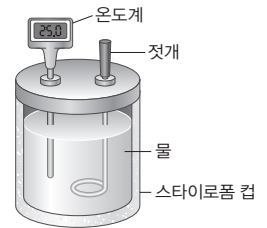
- | | | | |
|---|----|----|----|
| | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① | 방출 | 증가 | 방출 |
| ② | 방출 | 감소 | 흡수 |
| ③ | 흡수 | 증가 | 방출 |
| ④ | 흡수 | 감소 | 방출 |
| ⑤ | 흡수 | 감소 | 흡수 |

[26024-0252]

12 다음은 열량계를 이용한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 25°C의 물 100 g이 들어 있는 열량계에 25°C의 A(s) 1 g을 넣어 용해시킨 후 최고 온도 또는 최저 온도를 측정한다.



(나) 25°C의 A(s) 대신 25°C의 B(s) 1 g을 이용하여 (가)를 반복한다.

[실험 결과]

과정	(가)	(나)
수용액의 최고 온도 또는 최저 온도(°C)	27	18

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열량계가 열거나 잃는 열량은 무시하고, 열량계와 주위 사이의 열 출입은 없다.)

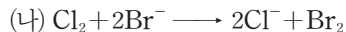
- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. A(s)가 물에 용해될 때 열을 흡수한다.
 - ㄴ. B(s)의 용해 반응은 흡열 반응이다.
 - ㄷ. 열량계에서 흡열 반응이 일어날 때 수용액으로부터 열을 흡수한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0253]

산화제는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시킨다.

01 다음은 산화 환원 반응 (가)~(다)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. (가)에서 Cu는 산화된다.

ㄴ. (가)와 (다)에서 산소의 산화수는 모두 같다.

ㄷ. (나)와 (다)에서 산화제로 작용하는 물질은 모두 이온이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

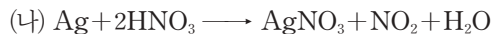
④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

산화 환원 반응은 산화수가 변하는 반응이다.

[26024-0254]

02 다음은 3가지 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. (나)의 반응물과 생성물에서 N의 산화수는 모두 같다.

ㄴ. (가)~(다) 중 산화수가 가장 큰 원자를 포함하는 물질이 있는 화학 반응은 (다)이다.

ㄷ. (가)~(다)는 모두 산화 환원 반응이다.

① ㄱ

② ㄴ

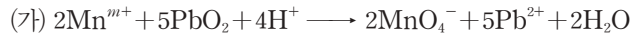
③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0255]

03 다음은 망가니즈와 관련된 산화 환원 반응식이다. (가)와 (나)에서 O의 산화수는 -2 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. $m=2$ 이다.ㄴ. $a+b=7$ 이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 모두 Mn는 산화된다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같다.

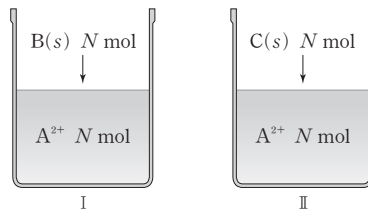
[26024-0256]

04 다음은 금속 A~C를 이용한 실험이다. A~C의 이온은 각각 A^{2+} , B^+ , C^{3+} 이다.

[실험 과정]

(가) N mol의 $A^{2+}(aq)$ 이 들어 있는 비커 I 과 II를 준비한다.

(나) I 과 II에 B(s)와 C(s)를 각각 N mol씩 넣고 충분한 시간 동안 반응시킨다.



[실험 결과]

○ I 과 II 중 하나에서는 반응이 일어나지 않았다.

○ (나) 과정 후, I의 전체 금속 이온의 양(mol) + II의 전체 금속 이온의 양(mol) = $2.5N$ 이다.

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

◀ 보기 ▶

ㄱ. I에서 B는 산화된다.

ㄴ. (나) 과정 후 수용액에 들어 있는 금속 이온의 가짓수는 $I > II$ 이다.ㄷ. (나) 과정 후 수용액에 존재하는 A^{2+} 의 몰비는 $I : II = 1 : 2$ 이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

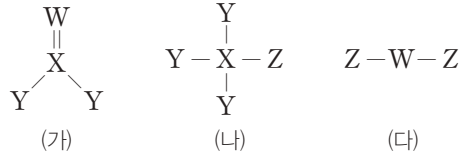
⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

반응한 금속 이온의 전하량보다 생성된 금속 이온의 전하량이 작으면 반응 후 전체 금속 이온의 양(mol)이 증가한다.

분자에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이다.

05 다음은 1~2주기 원소 W~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 2주기 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

[구조식]



- 전기 음성도는 $Y > X$ 이다.
- X의 산화수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- (다)에서 Z의 산화수는 W의 산화수보다 크다.

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

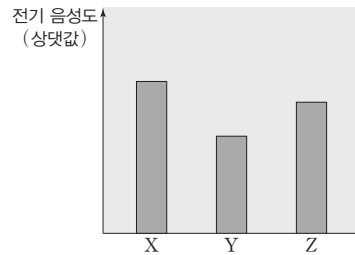
◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 X의 산화수는 +4이다.
- ㄴ. 전기 음성도는 $Y > Z$ 이다.
- ㄷ. XW_2 에서 X의 산화수는 +4이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

두 원자가 결합할 때 전기 음성도가 큰 원자의 산화수는 0보다 작다.

06 그림은 2주기 원소 X~Z의 전기 음성도를 나타낸 것이고, 표는 W~Z로 이루어진 화합물 (가)와 (나)에 대한 자료이다. W~Z는 C, N, O, F을 순서 없이 나타낸 것이고, 화합물에서 W~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.



화합물	(가)	(나)
구성 원소	W, X, Y	W, X, Z
(+)의 산화수를 가지는 원소	Y	W
분자당 구성 원자 수	3	3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 Y의 산화수는 +4이다.
- ㄴ. (나)에서 산화수는 $Z > X$ 이다.
- ㄷ. ZX_2 에서 Z의 산화수는 0보다 작다.

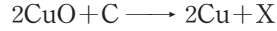
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0259]

산화되면 산화수가 증가한다.

07 다음은 구리와 관련된 실험이다.**[실험 과정 및 결과]**

(가) 산화 구리(II)와 탄소 가루를 섞어 시험관에 넣고 충분히 가열하였더니 기체 X가 생성되었다.



(나) 황산 구리(II) 수용액에 아연(Zn)을 넣었더니 Cu가 석출되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 CO₂이다.
- ㄴ. (가)에서 Cu의 산화수는 감소한다.
- ㄷ. (가)에서 C와 (나)에서 Zn은 환원제이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0260]

08 다음은 산화 환원 반응식과 반응 전후 산화수 변화에 대한 자료이다. 전기 음성도는 X > Y이다.

원자	반응 후 산화수 - 반응 전 산화수
X	5
Y	0
Z	2

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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 반응 전 X의 산화수는 +3이다.
- ㄴ. 전기 음성도는 X > Z이다.
- ㄷ. Z₂는 산화제이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

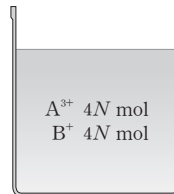
산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같다.

반응 전과 후에 수용액에 들어 있는 총 전하량은 일정하다.

09 다음은 금속 A~C의 산화 환원 반응 실험이다. m 은 3 이하의 자연수이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 A^{3+} , B^{+} 이 각각 $4N$ mol씩 들어 있는 수용액을 준비한다.



(나) (가)의 수용액에 $C(s)$ $2N$ mol을 넣어 반응을 완결시킨다.

(다) (나)의 수용액에 $C(s)$ N mol을 넣어 반응을 완결시킨다.

[실험 결과]

○ 각 과정 후 수용액에 들어 있는 모든 양이온의 종류와 양이온 수의 비

과정	(나)	(다)
양이온의 종류	A^{3+}, C^{m+}	A^{3+}, C^{m+}
양이온 수의 비		

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

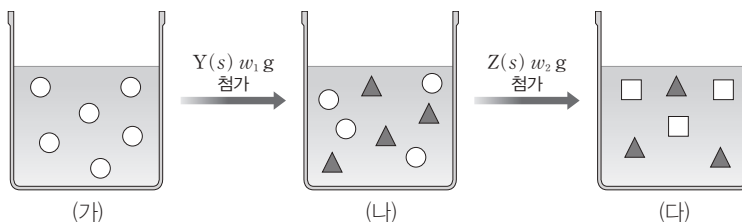
◀ 보기 ▶

- ㄱ. $m=3$ 이다.
- ㄴ. (다)에서 A^{3+} 은 환원된다.
- ㄷ. ㉠은 A^{3+} 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

반응 후 전체 금속 이온의 양 (mol)이 증가하면 생성된 금속 이온의 전하량은 반응한 금속 이온의 전하량보다 작다.

10 그림은 금속 X의 이온이 들어 있는 용액에 금속 Y와 Z를 차례대로 넣을 때 수용액에 들어 있는 금속 이온의 모형을 나타낸 것이다. X~Z의 이온은 각각 X^{a+} , Y^{b+} , Z^{c+} 이고 $a\sim c$ 는 3 이하의 자연수이다.



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

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $a=2$ 이다.
- ㄴ. (나) → (다)에서 Y^{b+} 은 환원된다.
- ㄷ. (다)에 $Z(s)$ $\frac{1}{4}w_2$ g을 더 넣어 반응을 완결시키면 수용액에 들어 있는 금속 이온은 1가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0263]

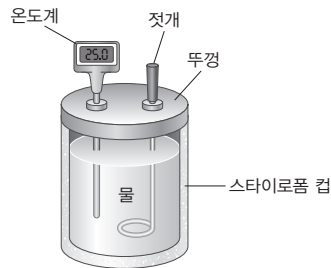
11 다음은 화학 반응에서 열 출입을 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 열량계에 25°C의 물 100 mL와 소량의 페놀프탈레인 용액을 넣는다.

(나) (가)의 열량계에 수산화 나트륨(NaOH(s)) w g을 넣고 젓개로 저어 주며 용액의 최고 온도 또는 최저 온도(t_1)를 측정한다.

(다) (나)의 열량계에 온도가 t_1 인 1 M HCl(aq) 100 mL를 넣고 젓개로 저어 주며 용액의 최고 온도 또는 최저 온도(t_2)를 측정한다.



[실험 결과]

- (나) 과정 후 NaOH(aq)의 농도는 2 M이다.
- $t_2 > t_1 > 25^\circ\text{C}$ 이다.
- (다) 과정 후 열량계에 들어 있는 수용액의 색은 붉은색이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열량계 외부로의 열 손실은 없다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. NaOH(s)의 물에 대한 용해 반응은 발열 반응이다.
- ㄴ. NaOH(aq)과 HCl(aq)의 반응은 발열 반응이다.
- ㄷ. (다) 과정 후 열량계에 온도가 t_2 인 1 M HCl(aq)을 더 넣어 주면 용액의 최고 온도는 t_2 보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[26024-0264]

12 표는 2가지 반응에 대한 자료이다.

(가) 광합성	(나) NaHCO ₃ 의 열분해
<ul style="list-style-type: none"> ○ 식물이 광합성을 통해 포도당을 합성한다. ○ $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ NaHCO₃은 열을 가하면 분해되어 CO₂ 기체가 발생한다. ○ $2\text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)는 산화 환원 반응이다.
- ㄴ. (가)와 (나)는 모두 흡열 반응이다.
- ㄷ. (나)에서 C의 산화수는 변한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

흡열 반응은 주위로부터 에너지를 흡수하는 반응이다.



내신 중점 ★ 고1~2 권장

구분	고교 입문 >	기초 >	기본 + 연습 >	특화		
국어	고등 예비 과정	윤혜정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북	기본서 올림포스 유형서 올림포스 유형편	국어의 원리 Grammar POWER Reading POWER Listening POWER Voca POWER 고급 올림포스 고급영어독해 고급 올림포스 고난도 수학의 왕도		
영어		내 등급은? 정승익의 수능 개념 잡는 대박구문			올림포스 전국연합 학력평가 기출문제집	
수학		주혜연의 해석공식 논리 구조편				
한국사 사회		★ 50일 통합과학			기본서 개념완성 개념완성 문항편	고등학생을 위한 다답은 한국사 연표 인공지능 수학과 함께하는 고교 AI 입문 수학과 함께하는 AI 기초
과학		50일 통합과학			개념완성 전국연합 학력평가 기출문제집	
기타		수학과 함께하는 고교 AI 입문/AI 기초			파이선 프로그래밍, AI 알고리즘에 필요한 수학 개념 학습	

과목	시리즈명	특징	난이도	권장 학년
전 과목	고등예비과정	예비 고등학생을 위한 과목별 단기 완성	<input type="checkbox"/>	예비 고1
국/영/수	내 등급은?	고1 첫 학력평가 + 반 배치고사 대비 모의고사	<input type="checkbox"/>	예비 고1
	올림포스	내신과 수능 대비 EBS 대표 국어·수학·영어 기본서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	올림포스 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서	<input type="checkbox"/>	고1~2
한/사/과	개념완성&개념완성 문항편	개념 한 권 + 문항 한 권으로 끝내는 한국사·탐구 기본서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	개념완성 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서	<input type="checkbox"/>	고1~2
국어	윤혜정의 개념의 나비효과와 입문 편 + 워크북	윤혜정 선생님과 함께 시작하는 국어 공부의 첫걸음	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	어휘가 독해다! 수능 국어 어휘	학평·모평·수능 출제 필수 어휘 학습	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	국어의 원리	원리로 이해하는 내신과 수능 대비 국어 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
영어	정승익의 수능 개념 잡는 대박구문	정승익 선생님과 CODE로 이해하는 영어 구문	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	주혜연의 해석공식 논리 구조편	주혜연 선생님과 함께하는 유형별 지문 독해	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	Grammar POWER	구문 분석 트리로 이해하는 영어 문법 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	Reading POWER	수준과 학습 목적에 따라 선택하는 영어 독해 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	Listening POWER	유형 연습과 모의고사·수행평가 대비 올인원 듣기 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	Voca POWER	영어 교육과정 필수 어휘와 어원별 어휘 학습	<input type="checkbox"/>	고1~2
수학	올림포스 고급영어독해	영어 독해력을 높이는 영미 문학/비문학 읽기	<input type="checkbox"/>	고2~3
	50일 수학 + 기출 워크북	50일 만에 완성하는 초·중·고 수학의 맥	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	매스 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기	스타강사 강의, 손글씨 풀이와 함께 고1 수학 개념 정복	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고1
	올림포스 유형편	유형별 반복 학습을 통해 실력 잡는 수학 유형서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	올림포스 고난도	1등급을 위한 고난도 유형 집중 연습	<input type="checkbox"/>	고1~2
수학의 왕도	직관적 개념 설명과 세분화된 문항 수록 수학 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2	
한국사	고등학생을 위한 다답은 한국사 연표	연표로 흐름을 잡는 한국사 학습	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
과학	50일 통합과학	50일 만에 통합과학의 핵심 개념 완벽 이해	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고1
기타	수학과 함께하는 고교 AI 입문/AI 기초	파이선 프로그래밍, AI 알고리즘에 필요한 수학 개념 학습	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2



수능 집중 ★ 고2~N수 권장

구분	수능 입문		기출/연습		연계 보완		고난도	모의고사
국어	윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북		윤혜정의 기출의 나비효과		수능특강 문학 연계 기출	수능특강 사용설명서	하루 3개 1등급 국어독서	FINAL 실전모의고사
영어	윤혜정의 패턴의 나비효과	강의노트 수능개념	수능 기출의 미래		수능연계교재의 VOCA 1800	수능완성 사용설명서	하루 6개 1등급 영어독해	만점마무리 봉투모의고사 시즌1
수학	수능 빌드업		수능특강Q 미니모의고사		수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200		수능연계완성 3주 특강	만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도
한국사 사회	수능특강 Light		eBook 전용		수능 연계교재		박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	고난도 논스툼 봉투모의고사
과학	수능 스타트		수능완성R 모의고사		수능특강	수능완성	eBook 전용	수능 직전보강 클리어 모의고사
							수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	버티컬 모의고사 시즌1~4

구분	시리즈명	특징	난이도	영역
수능 입문	윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북	개념부터 제대로 꼼꼼히 공부하는 수능 국어 개념	<input type="checkbox"/>	국어
	윤혜정의 패턴의 나비효과	수능 국어의 패턴 연습으로 부족한 약점 보완	<input type="checkbox"/>	국어
	수능 빌드업	개념부터 문항까지 한 권으로 시작하는 수능 특화 기본서	<input type="checkbox"/>	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 가볍게 시작하는 수능 도전	<input type="checkbox"/>	영어
	수능 스타트	2028학년도 수능 예시 문항 분석과 문항 연습	<input type="checkbox"/>	국/수/영/사/과
기출/연습	수능개념	EBSi 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	<input type="checkbox"/>	전 영역
	윤혜정의 기출의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	<input type="checkbox"/>	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	<input type="checkbox"/>	전 영역
연계 + 연계 보완	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분 연계교재 우수문항 풀이 미니모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영/사/과
	수능완성R 모의고사	과년도 수능 연계교재 수능완성 실전편 수록	<input type="checkbox"/>	수학
	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 반영한 종합 개념 학습	<input type="checkbox"/>	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 국어·영어 지문 분석	<input type="checkbox"/>	국/영
	수능특강 문학 연계 기출	수능특강 수록 작품과 연관된 기출문제 학습	<input type="checkbox"/>	국어
	수능완성	유형·테마 학습 후 실전 모의고사로 문항 연습	<input type="checkbox"/>	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어 지문 분석	<input type="checkbox"/>	국어
고난도	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	<input type="checkbox"/>	영어
	수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능 - EBS 연계와 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	<input type="checkbox"/>	영어
	하루 N개 1등급 국어독서/영어독해	매일 꾸준한 기출문제 학습으로 완성하는 1등급 실력	<input type="checkbox"/>	국/영
	수능연계완성 3주 특강	단기간에 끝내는 수능 1등급 변별 문항 대비	<input type="checkbox"/>	국/수/영
모의고사	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	<input type="checkbox"/>	사회탐구
	수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	EBSi 선생님이 직접 선별한 고변별 문항 연습	<input type="checkbox"/>	수/영
	FINAL 실전모의고사	EBS 모의고사 중 최다 분량 최다 과목 모의고사	<input type="checkbox"/>	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌1	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 연습 모의고사	<input type="checkbox"/>	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도	변별력 높은 수능까지 대비하는 실전 연습 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영
	고난도 논스툼 봉투모의고사	어려운 시험에 익숙해지는 논스툼 훈련 모의고사	<input type="checkbox"/>	국·수·영
수능 직전보강 클리어 봉투모의고사	수능 직전 성적을 끌어올리는 마지막 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영	
버티컬 모의고사 시즌1~4	고난도 문항 다수 수록 eBook 전용 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영	

memo

수능특강

과학탐구영역
화 학 I

**정답과
해설**

01 우리 생활 속의 화학

수능 **2점** 테스트 본문 10~11쪽

01 ㉠ 02 ㉡ 03 ㉢ 04 ㉣ 05 ㉤ 06 ㉥
07 ㉦ 08 ㉧

01 식량 문제 해결에 기여한 화학

하버와 보슈는 질소 기체와 수소 기체를 반응시켜 암모니아를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.

- ㉠. ㉠은 '질소'이다.
- ㉡. ㉡은 암모니아로 화학식은 NH_3 이다.
- ㉢. 액화 천연 가스(LNG)의 주성분은 메테인(CH_4)이다.

02 주거 문제 해결에 기여한 화학

시멘트는 석회석과 점토를 섞어 만들며, 건축과 토목에서 접착제로 사용하고, 콘크리트는 시멘트에 모래, 자갈, 물 등을 섞어 만든다.

- ㉠. (가)는 시멘트, (나)는 콘크리트이다.
- ㉡. 콘크리트에 철근을 넣어 만든 철근 콘크리트는 일반 콘크리트보다 강도가 높다.
- ㉢. 스티로폼은 가볍고 단열 효과가 뛰어나므로 주로 단열재로 사용된다. 따라서 '가볍고 단열 효과가 뛰어나다.'는 ㉠으로 적절하다.

03 탄소 화합물의 유용성

플라스틱은 탄소 화합물이고, 폴리에스터는 합성 섬유이다.

- ㉠. ㉠은 탄소 화합물이다.
- ㉡. ㉡은 합성 섬유이다.
- ㉢. 합성 섬유는 대량 생산이 가능한 장점이 있다.

04 탄소 화합물의 유용성

탄소 화합물은 탄소(C) 원자를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 공유 결합하여 이루어진 물질이다.

- ㉠. ㉠은 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 수용액은 산성이다.
- ㉡. ㉠과 ㉡은 모두 탄소 화합물이다.
- ㉢. ㉠과 ㉡은 모두 완전 연소시켰을 때, CO_2 와 H_2O 이 생성된다.

05 탄소 화합물의 유용성

LNG의 주성분은 메테인(CH_4)이고, LPG의 주성분은 프로페인(C_3H_8)과 뷰테인(C_4H_{10})이다.

- ㉠. ㉠은 메테인(CH_4)이다.

㉡. ㉡을 완전 연소시켰을 때, 생성되는 $\frac{CO_2 \text{ 분자 수}}{H_2O \text{ 분자 수}} = \frac{3}{4}$ 이므로 1보다 작다.

㉢. ㉠과 ㉡은 탄소 화합물이고, ㉢은 탄소 화합물이 아니다.

06 화학의 유용성

나일론은 최초의 합성 섬유이다.

- ㉠. ㉠은 탄소 화합물이 아니다.
- ㉡. '합성 섬유'는 (가)로 적절하다.
- ㉢. 플라스틱은 대량 생산이 가능한 장점이 있다.

07 화학의 유용성

X는 아세트산(CH_3COOH)이다.

- ㉠. X는 3가지 원소(H, C, O)로 구성되어 있다.
- ㉡. X는 아스피린 등 의약품 제조에 사용된다.
- ㉢. X는 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 수용액은 산성이다. 따라서 '산성'은 ㉠으로 적절하다.

08 화학의 유용성

(가)~(다)는 각각 포도당($C_6H_{12}O_6$), 암모니아(NH_3), 에탄올(C_2H_5OH)이다.

- ㉠. 식물은 광합성을 통해 포도당($C_6H_{12}O_6$)을 생성한다.
- ㉡. 구성 원소의 가짓수는 (가)와 (나)가 각각 3, 2이다.
- ㉢. $\frac{H \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 는 NH_3 와 C_2H_5OH 이 각각 $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$ 이므로 $\frac{H \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 의 비는 (나) : (다) = 9 : 8이다.

수능 **3점** 테스트 본문 12~14쪽

01 ㉠ 02 ㉡ 03 ㉢ 04 ㉣ 05 ㉤ 06 ㉥

01 탄소 화합물의 유용성

탄소 화합물은 탄소(C) 원자를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N) 등이 공유 결합하여 이루어진 물질이다.

- ㉠. 메테인(CH_4)은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.
- ㉡. CH_4 은 C 원자와 H 원자로 이루어진 탄소 화합물이다.
- ㉢. CH_4 은 탄소 화합물이므로 완전 연소시키면 CO_2 가 생성된다.

02 탄소 화합물의 유용성

(가)~(다)는 각각 에탄올(C_2H_5OH), 아세트산(CH_3COOH), 아세톤(CH_3COCH_3)이다.

- ㉠. (가)는 에탄올(C_2H_5OH)이다.

- ㉠ 아세트산(CH_3COOH)은 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 수용액은 산성이다.
- ㉡ 완전 연소시켰을 때, 생성되는 $\frac{\text{CO}_2 \text{ 분자 수}}{\text{H}_2\text{O} \text{ 분자 수}}$ 는 (나)와 (다)가 1로 같다.

03 탄소 화합물의 유용성

- (가)는 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이고, (나)는 뷰테인(C_4H_{10})이다.
- ㉠ (가)는 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이다.
- ㉡ 뷰테인(C_4H_{10})은 휴대용 연료로 이용한다.
- ㉢ (가)와 (나)는 모두 완전 연소시켰을 때, CO_2 와 H_2O 이 생성된다.

04 탄소 화합물의 유용성

- 포도당을 발효시켜 얻을 수 있는 X는 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이다.
- ㉠ X는 탄소 화합물이다.
- ㉡ X는 살균 작용이 있어 의약품 소독제로 이용한다.
- ㉢ X 수용액은 중성이다.

05 탄소 화합물의 유용성

- ㉠ 2가지 화합물의 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 와 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$ 는 표와 같다.

탄소 화합물	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	HCHO
$\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$	3	2
$\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$

따라서 (가)와 (나)는 각각 포알데하이드(HCHO), 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이다.

- ㉠ 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)은 살균 작용이 있어 의약품 소독제로 사용된다.
- ㉡ (가)와 (나)는 모두 완전 연소시켰을 때, CO_2 와 H_2O 이 생성된다.

06 탄소 화합물의 유용성

3가지 분자의 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 와 완전 연소시켰을 때 생성되는

$\frac{\text{H}_2\text{O} \text{ 분자 수}}{\text{CO}_2 \text{ 분자 수}}$ 는 표와 같다.

분자	CH_4	CH_3COOH	CH_3COCH_3
$\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$
완전 연소시켰을 때 생성되는 $\frac{\text{H}_2\text{O} \text{ 분자 수}}{\text{CO}_2 \text{ 분자 수}}$	2	1	1

- ㉢ ㉠은 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$, ㉡은 완전 연소시켰을 때 생성되는 $\frac{\text{H}_2\text{O} \text{ 분자 수}}{\text{CO}_2 \text{ 분자 수}}$ 이다.
- ㉣ (가)~(다)는 각각 메테인(CH_4), 아세톤(CH_3COCH_3), 아세트산(CH_3COOH)이다.
- ㉤ 아세트산(CH_3COOH)은 식초의 성분이다.

02 화학식량과 몰

수능 2점 테스트

본문 23~24쪽

01 ② 02 ① 03 ③ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③
07 ① 08 ⑤

01 아보가드로 법칙

CO₂의 분자량은 44이므로 (가)의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다.

✕. (가)의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이므로 t°C, 1 atm에서 (가)의 부피는 12 L이다.

○. 전체 원자 수가 (나)가 (가)의 2배이므로 (나)의 양은 $\frac{3}{2}$ mol이다. 따라서 x는 36이다.

✕. N₂의 분자량은 28이므로 N₂ $\frac{3}{2}$ mol의 질량은 42 g이다. 따라서 질량은 (나)가 (가)보다 크다.

02 기체의 분자량

t°C, 1 atm에서의 (가)의 밀도 : (나)의 밀도 = (가)의 분자량 : (나)의 분자량이므로 (나) 1 mol의 질량(g)은 4.5w이다. X~Z의 원자량을 각각 x~z라고 하면, (가)의 분자량 : (다)의 분자량 = x + 4y : x + 2z = 4 : 11이다. (나)가 YZ₂라면 Y의 원자량이 음수가 나오므로 모순이다. 따라서 (나)는 Y₂Z이고, 분자량 비는 (가) : (나) : (다) = 8 : 9 : 22이므로 x : y : z = 12 : 1 : 16이고, $\frac{y}{z} = \frac{1}{16}$ 이다.

03 기체의 밀도와 분자량

1 g에 들어 있는 분자 수 비는 X₂ : Y₂ = 8 : 7이므로 분자량 비는 X₂ : Y₂ = 7 : 8이다.

○. 기체의 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 기체의 밀도는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

✕. 원자량 비는 X : Y = 7 : 8이므로 원자량은 X가 Y보다 작다.

○. $\frac{XY_2 \text{의 분자량}}{X_2Y \text{의 분자량}} = \frac{7+16}{14+8} = \frac{23}{22}$ 이다.

04 원자량

원자량은 질량수가 12인 탄소(¹²C) 원자의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 하여 비교한 상대적인 질량이다.

○. 원자 1 mol의 질량은 원자량에 g을 붙인 값과 같으므로 ¹H 1 mol의 질량은 1.0078 g이다.

✕. ¹⁶O 원자 1개의 질량은 ¹²C 원자 1개의 질량의 $\frac{15.9949}{12}$ 배이다.

○. $\frac{{}^1\text{H 원자 16개의 질량}}{{}^{16}\text{O 원자 1개의 질량}} = \frac{16 \times 1.0078}{15.9949} > 1$ 이다.

05 아보가드로 법칙

기체의 온도와 압력이 같을 때 같은 부피 속에는 같은 수의 분자가 들어 있다.

○. 기체의 부피비가 (가) : (나) = 3 : 2이므로 기체의 분자 수 비도 (가) : (나) = 3 : 2이다.

○. 기체의 분자 수 비는 (가) : (나) = 3 : 2이고, 분자당 원자 수 비가 CO : CO₂ = 2 : 3이므로 실린더에 들어 있는 전체 원자 수는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

○. 분자량이 CO₂가 CO보다 크므로 기체 1 g에 들어 있는 분자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 기체 1 g에 들어 있는 C 원자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

06 몰과 질량

XY₃와 X₂Y₄의 분자량이 각각 17, 32이므로 X의 원자량은 14, Y의 원자량은 1이다. t°C, 1 atm에서 X₂(g) 1 mol의 부피가 24 L이므로 t°C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.

○. X와 Y의 원자량이 각각 14, 1이므로 $\frac{Y \text{의 원자량}}{X \text{의 원자량}} = \frac{1}{14}$ 이다.

○. t°C, 1 atm에서 X₂Y₄(g) 12 L의 양은 0.5 mol이므로 질량은 16 g이다.

✕. t°C, 1 atm에서 Y₂(g) 2 g의 양은 1 mol이므로 부피는 24 L이다.

07 몰과 질량

O₂ 1 mol의 질량은 32 g이므로 H₂O x mol의 질량도 32 g이고, H₂O의 분자량이 18이므로 $x = \frac{32}{18} = \frac{16}{9}$ 이다.

○. O₂ 1 mol에 들어 있는 O 원자의 양은 2 mol이므로 원자 수는 2N_A이다.

✕. x > 1이므로 H₂O x mol에 들어 있는 H 원자의 질량은 2g보다 크다.

✕. O₂ 1 mol에 들어 있는 O 원자 수는 2N_A이고, H₂O x mol에 들어 있는 O 원자 수는 2N_A보다 작으므로

$\frac{\text{H}_2\text{O } x \text{ mol에 들어 있는 O 원자 수}}{\text{O}_2 \text{ 1 mol에 들어 있는 O 원자 수}} < 1$ 이다.

08 아보가드로 법칙

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

○. 기체의 부피비가 (가) : (나) = 2 : 1이므로 실린더 속 기체의 분자 수 비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.

㉠. (나)에서 Y_2X 의 양을 m mol이라고 하면, (가)에서 $\frac{X \text{ 원자 수}}{Y \text{ 원자 수}} = \frac{1}{2}$ 이므로 X_2 의 양은 $\frac{2}{3}m$ mol이고, Y_2 의 양은 $\frac{4}{3}m$ mol이다.

따라서 $\frac{(나)에서 Y \text{ 원자 수}}{(가)에서 Y \text{ 원자 수}} = \frac{2m}{\frac{8}{3}m} = \frac{3}{4}$ 이다.

㉡. $\frac{X \text{ 원자 수}}{Y \text{ 원자 수}}$ 는 (가)와 (나)에서 모두 $\frac{1}{2}$ 이고, Y 원자 수 비가 (가) : (나) = 4 : 3이므로 전체 질량도 (가) : (나) = 4 : 3이다. 따라서 ㉠은 $3w$ 이다.

수능 3점 테스트						본문 25~29쪽
01 ㉢	02 ㉠	03 ㉤	04 ㉢	05 ㉠	06 ㉣	
07 ㉡	08 ㉣	09 ㉤	10 ㉤			

01 분자량과 아보가드로 법칙

㉠. 분자량이 (가)가 (나)보다 16만큼 크므로 X 또는 Y의 원자량이 16이고, 원자량은 $X > Y$ 이므로 X는 16, Y는 14이다. 따라서 (가)의 분자식은 X_2Y 이고, 원자량비는 $X : Y = 8 : 7$ 이다.

㉡. (가)는 분자당 구성 원자 수가 3이고, 분자량이 46이다. (가) $23 \text{ g} (= \frac{1}{2} \text{ mol})$ 에 들어 있는 원자 수는 $\frac{3}{2}N_A$ 이다.

㉢. 아보가드로 법칙에 의해 같은 온도와 압력에서 (가)와 (나) 각 1 L에는 같은 수의 분자가 들어 있다. 따라서 1 L에 들어 있는 원자 수 비는 (가) : (나) = 3 : 2이므로 (가) > (나)이다.

02 분자량

㉠. (가)에서 1 g에 들어 있는 C의 양(mol)은 $\frac{x}{12x+6} = \frac{1}{15}$ 이므로 $x=2$ 이다.

㉡. (나)의 분자량이 28이므로 $12y+2y=28$ 에서 $y=2$ 이고, (나)의 분자식은 C_2H_4 이다. 따라서 ㉠은 $\frac{2}{28} = \frac{1}{14}$ 이다.

㉢. 원소의 질량비는 (가)에서 $C : H = 4 : 1$ 이고, (나)에서

$$C : H = 6 : 1 \text{ 이므로 } \frac{(나)에 들어 있는 C의 질량(g)}{(가)에 들어 있는 C의 질량(g)} = \frac{70 \times \frac{6}{7}}{60 \times \frac{4}{5}} = \frac{5}{4} \text{ 이다.}$$

03 아보가드로 법칙

부피비가 (가) : (나) = 4 : 5이므로 (가)에서 X_2 의 양(mol)을 $4m$ 이라고 하면 (나)에서 Y_2 의 양(mol)은 $5m$ 이다.

㉠. 분자량비는 기체의 밀도비와 같으므로 $X_2 : Y_2 = \frac{7}{4} : \frac{10}{5} = 7 : 8$ 이고, 원자량비는 $X : Y = 7 : 8$ 이다.

㉡. (다)에 들어 있는 X_2Y 의 양(mol)은 $8m$ 이므로 X 원자의 양(mol)은 $16m$, Y 원자의 양(mol)은 $8m$ 이다. (가)에서 X 원자 $8m$ mol의 질량이 7 g이고, (나)에서 Y 원자 $10m$ mol의 질량이 10 g이므로 $w = 14 + 8 = 22$ 이다.

㉢. 기체 1 g에 들어 있는 X 원자 수 비는 (가) : (다) = $\frac{8m}{7} : \frac{16m}{22} = 11 : 7$ 이므로 기체 1 g에 들어 있는 X 원자 수는 (가) > (다)이다.

04 아보가드로 법칙

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

㉠. $V_2 > 2V_1$ 이므로 X(g) w g의 양(mol)은 Y(g) w g의 양(mol)보다 많다. 따라서 분자량은 $Y > X$ 이다.

㉡. (가)에서와 (나)에서 기체의 부피가 V_1 L로 같으므로 들어 있는 기체의 양(mol)은 같고, 분자량은 $Y > X$ 이므로 기체의 밀도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

따라서 $\frac{(나)에서 실린더에 들어 있는 기체의 밀도}{(가)에서 실린더에 들어 있는 기체의 밀도} > 1$ 이다.

㉢. Y(g) V_1 L의 질량이 w g이므로 X(g) V_1 L의 질량은 w g보다 작다. 따라서 (다)에서 실린더에 들어 있는 기체의 질량은 $2w$ g보다 작다.

05 분자량과 원자량

X의 원자량을 x , Y의 원자량을 y 라고 하고, $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 2.4 L에 들어 있는 기체의 양(mol)을 N 이라고 하면, X_aY_{2a} 와 X_bY_3 의 분자량은 각각 $ax+2ay = \frac{10.4}{N}$, $bx+3y = \frac{7.1}{N}$ 이다.

㉠. (가)에서 $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}} = \frac{2aNy}{aNx}$ 이고, (나)에서 $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}} = \frac{6Ny}{2bNx}$ 이다. $\frac{2aNy}{aNx} : \frac{3Ny}{bNx} = 2 : 3$ 이므로 $b=1$ 이다.

㉡. (가)에서 $ax+2ay = \frac{10.4}{N}$ (...㉠)이고, (나)에서 $x+3y = \frac{7.1}{N}$ (...㉡)이다. $a=1$ 이라면 $x+2y > x+3y$ 가 되므로 모순이다.

따라서 $a \neq 1$ 이다. (다)에서 X_2Y_2 의 양(mol)을 kN 이라고 하면, $2x+2y = \frac{19.8}{kN}$ (...㉢)이다. ㉠~㉢을 연립하면

$$y = \frac{7.1}{N} - \frac{10.4}{aN} \text{ (㉡-㉠)} = \frac{10.4}{aN} - \frac{9.9}{kN} \text{ (㉠-}\frac{1}{2}\text{㉢)} \text{ 이므로,}$$

$\frac{20.8}{a} = 7.1 + \frac{9.9}{k}$ 이다. $a \geq 3$ 이면 k 가 음수가 되어 모순이다. 따라서 $a=2$ 이고, $k=3$ 이며, $V=7.2$ 이다.
 \times . $a=2$ 이므로 (가)의 분자식은 X_2Y_4 이다.

06 기체의 부피와 질량

\times . 기체 1g의 부피비는 (가) : (나) = $\frac{y}{2w} : \frac{2}{3w} = 3y : 4$ 이다.

㉠이 (가)라면 $3y : 4 = 5 : 6$ 에서 $y = \frac{10}{9} < \frac{3}{2}$ 이므로 모순이다.

따라서 ㉠은 (나)이고, $3y : 4 = 6 : 5$ 에서 $y = 1.6$ 이다.

㉡. $\frac{Y \text{의 분자량}}{X \text{의 분자량}} = \frac{5}{3}$ 이므로 $\frac{1.6-x}{\frac{w}{x}} = \frac{5}{3}$ 이고, $x=1$ 이다.

㉢. Y w g의 부피는 $0.6V$ L이고, Z w g의 부피는 $0.4V$ L이므로 분자량비는 $Y : Z = \frac{w}{0.6} : \frac{w}{0.4} = 2 : 3$ 이다.

07 화학식량과 원자량

(가)의 양(mol)은 0.5이고, (가)에 들어 있는 X의 양(mol)은 1.5이다. (나)와 (다)에서 $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}}$ 이 같으므로 $\frac{a}{1} = \frac{4}{a}$ 이고, $a=2$ 이다. 따라서 (나)는 XY_2Z 이고, (다)는 X_2Y_4Z 이다. $X \sim Z$ 의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면 (가)에서 $3x+6y=42$ 이고, (다)에서 $2x+4y+z=44$ 이므로 $z=16$, $x+2y=14$ 이다. (가)~(다)에 들어 있는 X의 양(mol)이 같으므로 (나)에서 XY_2Z 의 양(mol)은 1.5이다. XY_2Z 의 화학식량 $m=30$ 이므로 $w=45$ 이다. 따라서 $\frac{a}{w} \times \frac{m}{Z \text{의 원자량}} = \frac{2}{45} \times \frac{30}{16} = \frac{1}{12}$ 이다.

08 기체의 질량과 분자량

X의 원자량을 x , Y의 원자량을 y 라고 하면 (가)에서 $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}} = \frac{m \times y}{1 \times x}$ 이고, (나)에서 $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}} = \frac{3 \times y}{n \times x}$ 이다.

\times . $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}}$ 의 비는 (가) : (나) = $\frac{m}{1} : \frac{3}{n} = 4 : 3$ 이므로 $m \times n = 4$ 이다.

㉡. $\frac{Y \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 의 비는 (가) : (나) = $\frac{m}{1+m} : \frac{3}{3+n} = 10 : 9$ 이고 $m \times n = 4$ 를 만족해야 하므로 $m=n=2$ 이다. 따라서 (가)의 분자식은 XY_2 이다.

㉢. XY_2 의 분자량을 $M_{(가)}$, X_2Y_3 의 분자량을 $M_{(나)}$ 라고 하면 1g에 들어 있는 X 원자 수 비는 (가) : (나) = $\frac{1}{M_{(가)}} : \frac{2}{M_{(나)}} = 19 : 22$ 이므로 $M_{(가)} : M_{(나)} = 11 : 19$ 이다.

09 혼합 기체에서의 아보가드로 법칙

C_3H_6 의 분자량은 42이고, C_4H_8 의 분자량은 56이므로 (가)에서 C_3H_6 n mol의 질량을 $3a$ g이라고 하면 (나)에서 C_4H_8 n mol의 질량은 $4a$ g이다.

㉠. (가)와 (나)에 들어 있는 전체 기체의 질량이 같으므로 $16w+3a=15w+4a$ 이고 $a=w$ 이다. 따라서 (가)에서 C_3H_6 의 질량은 $3w$ g이다.

㉡. (가)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 $\frac{16w}{28} + \frac{3w}{42}$ 이고, (나)

에 들어 있는 기체의 양(mol)은 $\frac{15w}{30} + \frac{4w}{56}$ 이므로 전체 기체의 몰비는 (가) : (나) = 9 : 8이다.

㉢. (가)와 (나)의 전체 질량이 같으므로 전체 기체 1g에 들어 있는 C 원자 수 비는 전체 기체에 들어 있는 C 원자 수 비와 같고

(가) : (나) = $\frac{16 \times 2}{28} + \frac{3 \times 3}{42} : \frac{15 \times 2}{30} + \frac{4 \times 4}{56} = 19 : 18$ 이다.

10 아보가드로수

(나)의 분자식을 X_nY_n 이라고 하고, X의 원자량을 x , Y의 원자량을 y 라고 하자.

㉠. (나) 1g에 들어 있는 X 원자의 양(mol)은 $\frac{n}{nx+ny} = \frac{1}{15}$ 이므로 $x+y=15$ 이다.

㉡. (가)는 1 mol의 질량이 17 g이므로 (가)의 분자량은 17이다. (가)의 분자식을 X_aY_b 라고 하면, $ax+by=17$ 이고 (가) 1 mol에 들어 있는 Y 원자의 질량이 3 g이므로 $by=3$ 이고, $ax=14$ 이다. $x+y = \frac{14}{a} + \frac{3}{b} = 15$ 이고, 이를 만족하는 자연수는 $a=1$, $b=3$ 이다. 따라서 (가)의 분자식은 XY_3 이다.

㉢. $x+y=15$ 이고 $x+3y=17$ 이므로 $x=14$, $y=1$ 이다. (나)의 분자량은 $15n$ 이므로 (나) 15n g에 들어 있는 Y의 질량은 n g이다. 따라서 (나) 30 g에 들어 있는 Y의 질량은 2 g이다.

03 화학 반응식과 용액의 농도

수능 **2점** 테스트

본문 38~40쪽

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

01 화학 반응의 양적 관계

$\text{CH}_4(g)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 반응하여 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{H}_2(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



이 반응에서 $\text{CH}_4(g)$ 과 $\text{H}_2(g)$ 의 반응 계수는 각각 1과 4이고, 분자량은 각각 16과 2이므로 반응 질량비는 $\text{CH}_4(g) : \text{H}_2(g) = 16 : 4 \times 2 = 2 : 1$ 이다. 따라서 $\text{CH}_4(g)$ w g이 모두 반응하여 생성되는 $\text{H}_2(g)$ 의 질량(g) $x = \frac{w}{2}$ 이다.

02 연소 반응에서의 양적 관계

CH_4 과 C_2H_4 의 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



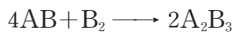
㉠. $a=d=2$, $b=1$, $c=3$ 이므로 $a+d=b+c=4$ 이다.

㉡. 화학 반응식에서 반응 계수비는 반응 몰비와 같다. (가)는 반응물과 생성물의 계수 합이 각각 3으로 같고, (나)는 반응물과 생성물의 계수 합이 각각 4로 같으므로 $\frac{\text{반응 전 전체 물질의 양(mol)}}{\text{반응 후 전체 물질의 양(mol)}}$ 은 (가)와 (나)가 모두 1로 같다.

㉢. CH_4 과 C_2H_4 의 분자량은 각각 16과 28이다. CH_4 과 C_2H_4 1 mol이 완전 연소할 때 각각 2 mol과 3 mol의 O_2 가 반응하므로 CH_4 과 C_2H_4 1 g을 모두 연소시키기 위해 필요한 O_2 의 최소 질량(g)은 각각 $\frac{1}{16} \times 2 \times 32 = 4$, $\frac{1}{28} \times 3 \times 32 = \frac{24}{7}$ 로 $\text{CH}_4 > \text{C}_2\text{H}_4$ 이다.

03 화학 반응식 완성하기

AB 와 B_2 가 반응하여 A_2B_3 가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 $a=4$, $b=1$, $c=2$ 이다. 반응 계수비는 반응 몰비와 같으므로 AB 2 mol과 B_2 2 mol을 넣고 반응을 완결시키면 AB 2 mol과 B_2 0.5 mol이 반응하여 A_2B_3 1 mol이 생성되고, B_2 1.5 mol이 남는다.

따라서 $\frac{\text{남은 반응물의 양(mol)}}{\text{생성된 } \text{A}_2\text{B}_3 \text{의 양(mol)}} = \frac{1.5}{1} = \frac{3}{2}$ 이다.

04 기체 반응의 양적 관계

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

㉠. 반응 전과 후 온도와 압력이 일정하므로 단위 부피당 전체 기체의 양(mol)은 같다.

㉡. 반응 전과 후 전체 기체의 양이 각각 6 mol과 4 mol이므로 부피는 반응 전이 반응 후보다 크다. 화학 반응 전과 후 전체 질량은 일정하게 유지될 때 기체의 밀도는 부피에 반비례하므로 전체 기체의 밀도는 반응 후가 반응 전보다 크다.

㉢. $\text{A}(g)$ 3 mol과 $\text{B}(g)$ 1 mol이 반응하여 $\text{C}(g)$ 2 mol이 생성되는 반응이므로 $\text{A}(g)$ 3 mol과 $\text{B}(g)$ 3 mol을 실린더에 넣고 반응을 완결시키면 $\text{C}(g)$ 2 mol이 생성되고, $\text{B}(g)$ 2 mol이 남는다. 따라서 반응 전 $\frac{\text{B}(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$ 이고,

반응 후 $\frac{\text{B}(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다.

05 기체 반응의 양적 관계

화학 반응에서 반응 전과 후 전체 질량은 같으므로 I과 II에서 생성된 $\text{C}(g)$ 의 질량은 각각 5 g과 10 g이다. 따라서 I에서는 $\text{A}(g)$ 4 g과 $\text{B}(g)$ 1 g이, II에서는 $\text{A}(g)$ 8 g과 $\text{B}(g)$ 2 g이 반응한다.

㉠. I에서 $\text{B}(g)$ 1 g이 반응하고 $\text{B}(g)$ 3 g이 남는다.

㉡. 반응 계수비는 반응 몰비와 같으므로 반응 계수에 분자량을 곱하면 반응 질량비와 같다. 따라서 분자량비는 반응 질량비를 각각의 반응 계수로 나눈 값과 같다. $\text{B}(g)$ 1 g이 반응하여 $\text{C}(g)$ 5 g이 생성되었으므로 분자량비는 $\text{B} : \text{C} = \frac{1}{1} : \frac{5}{2} = 2 : 5$ 이다.

㉢. 분자량비가 $\text{A} : \text{B} = 2 : 1$ 이므로 II에서 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 의 양을 각각 $5n$ mol, $2n$ mol이라고 하면 반응 후 $\text{A}(g)$ n mol이 남고, $\text{C}(g)$ $4n$ mol이 생성되므로 $\frac{\text{C}(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{4n}{n+4n} = \frac{4}{5}$ 이다.

06 용액의 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, 퍼센트 농도(%)는

$\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이다.

㉠. 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)에 용액의 부피(L)를 곱한 값과 같다. (가)는 a M $\text{NaOH}(aq)$ 100 mL이므로 수용액에 들어 있는 NaOH 의 양(mol)은 $\frac{a}{10}$ 이다. NaOH 의 화학식량이 40이므로 (가)에 들어 있는 NaOH 의 질량은 $4a$ g이다.

㉔. (나)는 10a% NaOH(aq) 100 g이므로 (나)에 들어 있는 NaOH의 질량은 10a g이고, 양(mol)은 $\frac{10a}{40} = \frac{a}{4}$ 이다. (나)의 밀도가 1 g/mL이므로 (나) 100 g의 부피는 100 mL이다. 따라서 (나)의 몰 농도(M)는 $\frac{\frac{a}{4}}{0.1} = 2.5a$ 이다.

㉕. (가)와 (나)를 혼합한 수용액의 전체 부피는 200 mL이고, NaOH의 전체 양(mol)은 $\frac{a}{10} + \frac{a}{4} = \frac{7a}{20}$ 이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합한 수용액의 몰 농도(M)는 $\frac{\frac{7a}{20}}{0.2} = \frac{7a}{4} > 1.5a$ 이다.

07 화학 반응의 양적 관계

A 2 mol과 B 1 mol이 반응하여 C 2 mol이 생성되는 반응이고, 반응 후 A와 C의 양(mol)이 같으므로 생성된 C의 양이 2n mol이라면 반응 전 A와 B의 양은 각각 4n mol, n mol이다.

㉑. 반응 전 질량비는 A : B = 3 : 2이고, 몰비는 A : B = 4 : 1이다. 따라서 화학식량의 비는 A : B = $\frac{3}{4} : \frac{2}{1} = 3 : 8$ 이다.

㉒. 반응 전 A와 B의 질량을 각각 3k g, 2k g이라고 하면 반응 후 A는 반응 전의 $\frac{1}{2}$ 배인 1.5k g이 남으므로 생성된 C의 질량은 3.5k g이다. 따라서 (나)에서 질량비는 A : C = 1.5k : 3.5k = 3 : 7이다.

㉓. (가)에서는 A 4n mol과 B n mol이 있고, (나)에서는 A 2n mol과 C 2n mol이 있으므로 (가)와 (나)에서 $\frac{A의 양(mol)}{전체 물질의 양(mol)}$ 은 각각 $\frac{4}{5}$ 와 $\frac{1}{2}$ 이다.

08 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{용질의 양(mol)}{용액의 부피(L)}$ 이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다. (가)에서 만든 NaOH(aq)은 0.1 M 200 mL이므로 이 수용액에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.1 \times 0.2 = 0.02$ 이다. 따라서 (가)에서 만든 NaOH(aq)에 들어 있는 NaOH의 질량(g) $x = 0.02 \times 40 = 0.8$ 이다. (나)에서 만든 NaOH(aq)은 0.2 M 100 mL이므로 이 수용액에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.2 \times 0.1 = 0.02$ 이다. 따라서 (나)에 들어 있는 NaOH의 질량도 0.8 g이다. 이때 (나)는 (가)의 수용액 50 mL에 NaOH y g을 추가한 것으로 (가)의 수용액 50 mL에 들어 있는 NaOH의 질량(g)은 $0.8 \times \frac{50}{200} = 0.2$ 이다. 따라서 $0.2 + y = 0.8$ 이므로 $y = 0.6$ 이고, $\frac{x}{y} = \frac{0.8}{0.6} = \frac{4}{3}$ 이다.

09 기체 반응의 양적 관계

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 일정량의 A(g)가 들어 있는 실린더에 B(g)를 넣어 반응을 완결시킬 때, 넣어 준 B(g)의 질량에 따른 전체 기체의 부피 변화 그래프에서 기울기가 변하는 지점에서 반응물이 모두 반응하고 생성물만 존재한다. 이때 기체 반응에서 반응이 완결될 때까지 전체 기체의 부피가 일정하다는 것은 A와 C의 반응 계수가 같다는 것을 의미한다. 따라서 $c = 2$ 이다. 또한 분자량비는 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 값과 같은데 A(g) 15 g과 B(g) 7 g이 반응하여 C(g) 22 g이 생성되고, B와 C의 반응 계수가 각각 1과 2이므로 분자량비는 $B : C = \frac{7}{1} : \frac{22}{2} = 7 : 11$ 이다. 따라서 $c \times \frac{B의 분자량}{C의 분자량} = 2 \times \frac{7}{11} = \frac{14}{11}$ 이다.

10 화학식량과 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{용질의 양(mol)}{용액의 부피(L)}$ 이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

㉑. 0.3 M A(aq) 100 mL에 들어 있는 A의 양(mol)은 $0.3 \times 0.1 = 0.03$ 이다.

㉒. B(aq)의 몰 농도는 x M이고, 부피가 50 mL이므로 수용액에 들어 있는 B의 양은 0.05x mol이다. 0.3 M A(aq) 100 mL에 들어 있는 A의 양(mol)은 $0.3 \times 0.1 = 0.03$ 이고, 두 수용액에 들어 있는 용질의 질량이 같다. 화학식량비는 A : B = 2 : 3이므로 $0.03 \times 2 = 0.05x \times 3$ 이고, $x = 0.4$ 이다.

㉓. A(aq)과 B(aq)의 밀도가 같으므로 밀도를 d g/mL라고 하면 두 수용액의 질량은 각각 100d g, 50d g이다. 이때 두 수용액에 들어 있는 용질의 질량이 같으므로 용질의 질량을 w g이라고 하면 A(aq)과 B(aq)의 물의 질량은 각각 (100d - w) g과 (50d - w) g으로 A(aq)이 B(aq)의 2배보다 크다.

11 화학 반응의 양적 관계

화학 반응에서 반응 전과 후 전체 질량은 같다. I과 II에서 반응 후 남은 반응물의 종류가 다르므로 I에서는 A(g) 0.5 g이 남고, II에서는 B(g) 1 g이 남으며 반응 질량비는 A : B : C = 7 : 4 : 11이다.

㉑. 반응 질량비가 A : B : C = 7 : 4 : 11이므로 II에서 A(g) 7 g과 B(g) 4 g이 반응하여 C(g) 11 g이 생성되므로 $x = 11$ 이다. 또한 III에서 생성된 C(g)의 질량이 11 g이고, A(g)가 10 g이므로 B(g)의 질량(g) $y = 4$ 이다. 따라서 $x + y = 15$ 이다.

㉒. 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 값은 분자량비와 같다. 따라서 분자량비 $B : C = \frac{4}{1} : \frac{11}{2} = 8 : 11$ 이다.

㉓. II에서 반응 후 B(g) 1 g이 남고, III에서 반응 후 A(g) 3 g이 남는다. 반응 질량비는 A : B = 7 : 4이므로 II와 III에서 반응

후 남은 반응물을 혼합하여 반응을 완결시키면 A(g)가 남는다.

12 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다. (가)는 0.2 M A(aq) 50 mL이므로 수용액에 들어 있는 A의 양(mol)은 $0.2 \times 0.05 = 0.01$ 이다. (나)는 2% A(aq) 90 g이므로 수용액에 들어 있는 A의 질량은 1.8 g이다. A의 화학식량이 60이므로 (나)에 들어 있는 A의 양(mol)은 $\frac{1.8}{60} = 0.03$ 이다. 따라서 (다)의 몰 농도(M)는 $\frac{0.04}{0.2} = 0.2$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 41~48쪽

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

01 화학 반응의 양적 관계와 화학식량 구하기

화학 반응식에서 반응 계수비는 반응 몰비와 같다. $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 24 L이므로 실험 결과 생성된 $\text{H}_2(g)$ 의 양(mol)은 $\frac{0.72}{24} = 0.03$ 이다.

㉠. M(s)과 $\text{H}_2(g)$ 의 반응 계수가 각각 2와 3이고, 생성된 $\text{H}_2(g)$ 의 양이 0.03 mol이므로 반응한 M(s)의 양은 0.02 mol이다. 따라서 M의 원자량은 $\frac{a}{0.02} = 50a$ 이다.

㉡. 생성된 $\text{H}_2(g)$ 는 물에 용해되지 않고 날아가므로 반응 전 전체 질량과 반응 후 전체 질량의 차는 생성된 $\text{H}_2(g)$ 의 질량과 같다. 생성된 $\text{H}_2(g)$ 0.03 mol의 질량은 0.06 g이고, 반응 전 전체 질량은 $(w_1 + a)$ g이며, 반응 후 전체 질량이 w_2 g이므로 $w_1 - w_2 + a = 0.06$ 이다.

㉢. 금속 M(s) 0.02 mol이 모두 반응하기 위해 필요한 HCl의 최소량은 0.06 mol이다. 이 실험에서 사용한 HCl(aq)의 부피가 100 mL이므로 HCl(aq)의 몰 농도(M)는 $\frac{0.06}{0.1} = 0.6$ 이상이다.

02 기체 반응의 양적 관계

$\text{B}_2\text{H}_6(g)$ 과 $\text{O}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{B}_2\text{O}_3(s)$ 과 $\text{H}_2(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

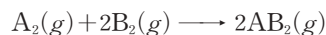


반응 전과 후 실린더 속 물질의 종류를 볼 때 반응물이 모두 반응하였음을 알 수 있다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하고, 기체의 반응 계수를 비교하면 반응 전과 후 부피비는 $V_1 : V_2 = 5 : 6$ 이다. B_2H_6 과 H_2 의 분자량은 각각 28, 2이고 반응 계수가 각각 2, 6이므로 반응 질량비는 $\text{B}_2\text{H}_6 : \text{H}_2 = x : y = 28 \times 2 : 2 \times 6 = 14 : 3$ 이다.

따라서 $\frac{y}{x} \times \frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{14} \times \frac{5}{6} = \frac{5}{28}$ 이다.

03 분자 모형과 화학 반응식 완성하기

$\text{A}_2(g)$ 와 $\text{B}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{AB}_2(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



㉠. $\text{A}_2(g)$ 와 $\text{B}_2(g)$ 의 반응 계수가 각각 1, 2이고, 반응 후 $\text{A}_2(g)$ 와 $\text{AB}_2(g)$ 의 몰비가 1 : 2이므로 반응 전 $\text{A}_2(g)$ 와 $\text{B}_2(g)$ 의 몰비는 1 : 1이다. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 반응 전 실린더 속 10 mL에 들어 있는 전체 기체의 양은 $3n$ mol이고, $\text{A}_2(g)$ 와 $\text{B}_2(g)$ 의 양이 같으므로 $\text{A}_2(g)$ 의 양은 $1.5n$ mol이다.

㉡. 반응 전 $\text{A}_2(g)$ 와 $\text{B}_2(g)$ 의 양(mol)이 같으므로 실린더에 들어 있는 $\text{A}_2(g)$ 와 $\text{B}_2(g)$ 의 양을 각각 $2m$ mol이라고 하면 반응 후 $\text{A}_2(g)$ 와 $\text{AB}_2(g)$ 의 양은 각각 m mol, $2m$ mol이므로

$$\frac{\text{반응 후 } \text{AB}_2(g) \text{의 양(mol)}}{\text{반응 전 } \text{B}_2(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{2m}{2m} = 1 \text{이다.}$$

㉢. 반응 전과 후 전체 기체의 양은 각각 $4m$ mol, $3m$ mol이므로 부피비는 반응 전 : 반응 후 = 4 : 3이다. 반응 전과 후 실린더 속 전체 기체의 질량은 일정하므로 전체 기체의 밀도는 부피에 반 비례하여 밀도비는 반응 전 : 반응 후 = 3 : 4이다.

04 기체 반응의 양적 관계

기체 반응에서 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하고, 화학 반응에서 반응 전과 후의 전체 질량은 변하지 않고 일정하다.

㉠. 반응 전 전체 질량이 15a g이고, 반응 후 전체 질량이 3b g이므로 질량 보존 법칙에 따라 $15a = 3b$ 이고, $5a = b$ 이다.

㉡. 화학 반응식에서 분자량비는 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 것과 같다. A(g) 8a g과 B(g) 7a g이 반응하여 C(g) $10a (= 2b)$ g이 생성되고, B(g) $5a (= b)$ g이 남았으므로 반응 질량비는 A : B : C = $8a : 2a : 10a = 4 : 1 : 5$ 이다. 따라서 분자량비는 A : B : C = $\frac{4}{2} : \frac{1}{1} : \frac{5}{2} = 4 : 2 : 5$ 이다.

㉢. 분자량비가 A : B : C = 4 : 2 : 5이므로 A(g) 4a g과 B(g) 2a g을 각각 n mol이라고 하면 이 반응의 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	2n	3.5n	0
반응(mol)	-2n	-n	+2n

반응 후(mol) 0 2.5n 2n
온도와 압력이 일정하므로 실린더 속 전체 기체의 부피는 전체 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 $V_1 : V_2 = 5.5n : 4.5n = 11 : 9$ 이다.

05 기체 반응의 양적 관계

I 과 II에서 반응 후 남은 반응물의 종류가 다르므로 I에서는 A(g)가 남고, II에서는 B(g)가 남는다. A(g) 10 g을 m mol 이라고 하면 I에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 4B(g) \longrightarrow 2C(g) + 3D(g)$			
반응 전(mol)	4m	4n	0	0
반응(mol)	-n	-4n	+2n	+3n

반응 후(mol) 4m-n 0 2n 3n
이때 반응 후 $\frac{D(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{3n}{4m+4n} = \frac{1}{2}$ 이므로 $2m = n$ 이다. 따라서 A(g)는 2n mol의 $\frac{1}{2}$ 배인 n mol이 반응하고 n mol이 남았으므로 $5w = 20$ 이고, $w = 4$ 이다.

II에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 4B(g) \longrightarrow 2C(g) + 3D(g)$			
반응 전(mol)	0.5n	6n	0	0
반응(mol)	-0.5n	-2n	+n	+1.5n
반응 후(mol)	0	4n	n	1.5n

따라서 반응 후 $\frac{D(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = x = \frac{1.5n}{6.5n} = \frac{3}{13}$ 이다. 이때 반응 후 남은 B(g) 4n mol의 질량(g)은 $16w = 64$ 이다. 따라서 II에서 A(g) 10 g과 B(g) 32 g이 모두 반응하여 D(g) $\frac{33}{4} w g = 33 g$ 이 생성되었으므로 생성된 C(g)의 질량은 9 g이다. 화학 반응식에서 분자량비는 반응 질량비를 반응 계수로 나눈 것과 같다. 따라서 분자량비는 $A : C = \frac{10}{1} : \frac{9}{2} = 20 : 9$ 이고, $x \times \frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{3}{13} \times \frac{20}{9} = \frac{20}{39}$ 이다.

06 기체 반응과 질량 관계

화학 반응에서 반응 전과 후의 전체 질량은 같고, 화학 반응식에서 분자량비에 반응 계수를 곱하면 반응 질량비와 같다. $\frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{7}{11}$ 이고, A와 C의 반응 계수가 2로 같으므로 반응 질량비는 $A : B : C = 7 : 4 : 11$ 이다. 따라서 분자량비는 $A : B : C = 7 : 8 : 11$ 이다. A(g) 7w g과 B(g) 8w g을 각각 n mol이라고 하면 반응이 완결될 때 이 반응에서의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	n	n	0
반응(mol)	-n	-0.5n	+n

반응 후(mol) 0 0.5n n
온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 실린더 속 전체 기체의 부피비가 (가) : (나) = 4 : 7이고, (가)와 (다)에 들어 있는 전체 기체의 양이 각각 n mol, 1.5n mol이므로 (가)의 부피를 4V라고 하면 (나)의 부피는 7V이고, (다)의 부피는 6V이다. 따라서 (나)에 들어 있는 전체 기체의 양은 $\frac{7}{4}n$ mol이다. (가)와 (다)의 밀도는 각각 $d = \frac{7w}{4V}$, $xd = \frac{15w}{6V}$ 이므로 $x = \frac{10}{7}$ 이다. (나)에서 전체 기체의 양이 $\frac{7}{4}n$ mol이 되기 위해서는 B(g)가 $\frac{1}{4}n$ mol 반응하고, $\frac{3}{4}n$ mol이 남고, A(g)는 $\frac{1}{2}n$ mol 반응하고, $\frac{1}{2}n$ mol이 남아야 한다. 따라서 (나)의 실린더 속 A(g)의 질량은 $\frac{7}{2}w g$ 이고, (다)의 실린더 속 B(g)의 질량은 4w g이다. 따라서

$$x \times \frac{\text{(나)의 실린더 속 A(g)의 질량(g)}}{\text{(다)의 실린더 속 B(g)의 질량(g)}} = \frac{10}{7} \times \frac{\frac{7}{2}w}{4w} = \frac{5}{4}$$

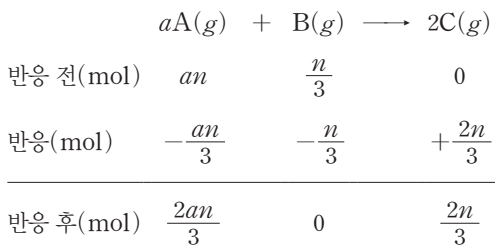
07 기체 반응의 양적 관계

일정량의 A(g)가 들어 있는 강철 용기에 B(g)를 넣어 반응을 완결시킬 때 넣어 준 B(g)의 질량이 24w g일 때와 같이 그래프가 꺾이는 지점에서 반응물이 모두 반응하고 생성물만 존재한다. 이때 $\frac{\text{㉠의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이므로 $d = 2$ 이고, ㉠은 C(g)와 D(g) 중 어떤 것이어도 상관없다.
㉠. A(g) 7w g의 양을 n mol이라고 할 때, (가)에서 B(g) 8w g이 모두 반응하였으므로 A(g)는 $\frac{1}{3}n$ mol만 반응하고, $\frac{2}{3}n$ mol이 남고, C(g)와 D(g)는 각각 $\frac{2}{3}n$ mol씩 생성된다. 따라서 (가)에서 A와 C의 양(mol)은 같다.
㉡. B(g)가 40w g일 때 24w g은 모두 반응하여 C(g)와 D(g)가 각각 2n mol씩 생성되고, B(g) 16w g이 남는다. 이때 B(g) 16w g의 양이 x mol이라고 할 때 $\frac{\text{㉠의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{2n}{x+4n} = \frac{1}{3}$ 이므로 $x = 2n$ 이다. 따라서 B(g) 24w g의 양은 3n mol이므로 $b = 3$ 이고, $b + d = 5$ 이다.
㉢. (가)에서 반응한 A(g)와 B(g)의 질량은 각각 $\frac{7}{3}w g$, 8w g이고, 생성된 D(g)의 질량이 3w g이므로 질량 보존 법칙에 따라 생성된 C(g)의 질량은 $\frac{22}{3}w g$ 이고, $\frac{2}{3}n$ mol이다. 따라서 분자

량비는 $A : C = \frac{7w}{n} : \frac{\frac{22}{3}w}{\frac{2}{3}n} = 7 : 11$ 이다.

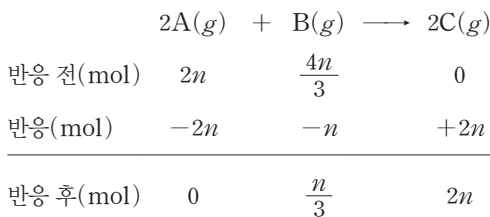
08 화학 반응의 양적 관계

실험 II에서 반응 후 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = 1$ 이므로 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 모두 반응하고, $C(g)$ 만 존재한다. 따라서 $A(g)$ $4w$ g을 an mol, $B(g)$ $3w$ g을 n mol이라고 하면 I에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.



이때 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{\frac{2n}{3}}{\frac{2an+2n}{3}} = \frac{1}{a+1} = \frac{1}{3}$ 이므로

$a=2$ 이다. 따라서 III에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.



또한 $x = \frac{2n}{\frac{n}{3} + 2n} = \frac{6}{7}$ 이다. 반응 질량비는 $A : C = 4 : 7$ 이고,

A 와 C 의 반응 계수가 같으므로 분자량비도 $A : C = 4 : 7$ 이다.

따라서 $x \times \frac{C \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{6}{7} \times \frac{7}{4} = \frac{3}{2}$ 이다.

09 기체 반응의 양적 관계

III에서 $A(g)$ $2n$ mol과 $B(g)$ $3w$ g이 모두 반응하므로 생성된 $C(g)$ 의 양은 $4n$ mol이다. 따라서 I에서는 $A(g)$ 가 $\frac{n}{3}$ mol 남고, II에서는 $B(g)$ 가 $\frac{w}{2}$ g 남는다. 이때 $C(g)$ $4n$ mol의 부피가 $12V$ L이고, II에서 $C(g)$ $2n$ mol과 $B(g)$ $\frac{w}{2}$ g의 부피가 $9V$ L이므로 $B(g)$ $\frac{w}{2}$ g의 부피는 $3V$ L이다. 따라서 $B(g)$ $\frac{w}{2}$ g의 양은 n mol이고, II에서 $A(g)$ n mol과 $B(g)$ $\frac{3}{2}w$ g이 반응하므로 $b=3$ 이다. 또한 I에서 반응 후 남은 $A(g)$ $\frac{n}{3}$

mol의 질량을 x g이라고 하면 I과 II에서 $x : \frac{w}{2} = 13 : 3$ 이므로 $x = \frac{13}{6}w$ 이다. 따라서 $A(g)$ $2n$ mol과 $B(g)$ $3w$ g이 모두 반응하여 $C(g)$ $4n$ mol이 생성되므로 반응 질량비는 $A : B : C = 13 : 3 : 16$ 이고, 분자량비는 $A : B : C = \frac{13}{1} : \frac{3}{1} : \frac{16}{2} = 13 : 1 : 8$ 이며, $\frac{C \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{8}{13}$ 이다.

10 화학 반응의 양적 관계

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. $A(g)$, $B(g)$, $C(g)$ 의 반응 계수가 각각 4, 3, 6이고, 반응이 완결된 (다)에서 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양이 각각 n mol, $6n$ mol이므로 반응 전 (가)에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $4n$ mol, $4n$ mol이다. $\frac{B \text{의 화학식량}}{A \text{의 화학식량}} = \frac{8}{17}$ 이므로 (가)에서

$A(g)$ 와 $B(g)$ 의 질량은 각각 $\frac{17}{25}w$ g, $\frac{8}{25}w$ g이다. 실린더 속 전체 기체의 부피비가 (나) : (다) = 15 : 14이고 (나)에 들어 있는 전체 기체의 양은 $7.5n$ mol이므로 $A(g)$, $B(g)$, $C(g)$ 의 양은 각각 $2n$ mol, $2.5n$ mol, $3n$ mol이다. 따라서 (나)에서 $B(g)$

$2.5n$ mol의 질량(g) $x = \frac{8}{25}w \times \frac{2.5n}{4n} = \frac{w}{5}$ 이다. 또한 (다)에서 $B(g)$ n mol의 질량은 $\frac{2}{25}w$ g이고, $D(s)$ $2n$ mol의 질량은

$\frac{7}{20}w$ g이므로 $C(g)$ $6n$ mol의 질량(g)은 $w - \frac{2}{25}w - \frac{7}{20}w = \frac{57}{100}w$ 이다. 따라서 화학식량비는 $C : D = \frac{\frac{57}{100}w}{6n} : \frac{\frac{7}{20}w}{2n}$

$= 19 : 35$ 이므로 $x \times \frac{D \text{의 화학식량}}{C \text{의 화학식량}} = \frac{w}{5} \times \frac{35}{19} = \frac{7}{19}w$ 이다.

11 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

(가)에서 만든 $A(aq)$ 의 40 mL에 들어 있는 A의 질량은 4 g이고, A의 화학식량을 M_A 라고 하면 (나)에서 만든 a M $A(aq)$ 200 mL에 들어 있는 A의 양은 $0.2a$ mol이고, $0.2aM_A$ g이다. 따라서 $0.2aM_A = 4$ 이므로 $aM_A = 20$ 이다.

(다)에서 만든 $1.5a$ M $A(aq)$ 500 mL에 들어 있는 A의 양(mol)은 $1.5a \times 0.5 = 0.75a$ 이고, 질량(g)은 $0.75aM_A = 15$ 이다. 따라서 (나)에서 만든 $A(aq)$ w g에 들어 있는 A의 질량(g)은 $15 - 12 = 3$ 이다. 이때 a M $A(aq)$ 의 밀도가 d g/mL이므로 a M $A(aq)$ 200 mL의 질량은 $200d$ g이므로 $w : 200d = 3 : 4$ 이고, $w = 150d$ 이다.

12 수용액의 희석과 몰 농도

수용액에 물을 넣어 희석할 때 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 수용액의 몰 농도(M)는 수용액의 부피에 반비례한다.

㉠. A(aq) x mL의 초기 몰 농도는 0.3 M이고, 물 100 mL를 추가하였을 때의 몰 농도가 0.1 M로 몰 농도(M)가 $\frac{1}{3}$ 배로 감소하였으므로 수용액의 전체 부피는 3배로 증가하여 $x+100=3x$ 이다. 따라서 $x=50$ 이다.

㉡. 0.3 M A(aq) 50 mL에 들어 있는 A의 양(mol)은 $0.3 \times 0.05 = 0.015$ 이고, 0.2 M B(aq) 200 mL에 들어 있는 B의 양(mol)은 $0.2 \times 0.2 = 0.04$ 이다. 이때 화학식량비가 A : B = 3 : 2이므로 용질의 질량비는 A : B = $0.015 \times 3 : 0.04 \times 2 = 9 : 16$ 이다.

㉢. 물 V mL를 추가할 때 A(aq)과 B(aq)의 몰 농도가 m M로 같으므로 $0.3 \times \frac{50}{50+V} = 0.2 \times \frac{200}{200+V}$ 이고, $\frac{3}{50+V} = \frac{8}{200+V}$ 이다. 따라서 $V=40$ 이고, $m = 0.3 \times \frac{50}{50+40} = \frac{1}{6}$ 이므로 $m \times V = \frac{1}{6} \times 40 = \frac{20}{3}$ 이다.

13 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

(가)와 (나)에서 A(aq)의 몰 농도가 각각 $5a$ M, $3a$ M이므로 용액의 부피가 1000 mL라고 하면 용액의 질량은 각각 1100 g, 1050 g이고, 용질의 질량은 각각 $200a$ g, $120a$ g이다. 따라서 (가)와 (나)의 용매의 질량은 각각 $(1100 - 200a)$ g, $(1050 - 120a)$ g이다. 이때 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 양(mol)}}$ 의 비가 (가) : (나) = 2 : 1

이므로 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용매의 질량(g)}}$ 의 비도 (가) : (나) = 2 : 1이다. 따라서

$$\frac{200a}{1100 - 200a} : \frac{120a}{1050 - 120a} = 2 : 1 \text{ 이고,}$$

$$\frac{6}{105 - 12a} = \frac{5}{110 - 20a} \text{ 이므로 } 660 - 120a = 525 - 60a \text{ 이며,}$$

$$a = \frac{135}{60} = \frac{9}{4} \text{ 이다.}$$

14 혼합 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다. 용액을 희석할 때 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 용액의 몰 농도(M)는 용액의 부피에 반비례한다. 또한 두 용액을 혼합할 경우 혼합 전 각 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)의 합은 혼합 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)과 같다.

㉡. ㉠이 물이고, ㉢이 0.5 M NaOH(aq)이라면 물을 추가하

기 전과 후 NaOH의 양(mol)은 변하지 않으므로 $1 \times x = \frac{2}{3} \times (x+200)$ 으로 $x=400$ 이다. 이때 0.5 M NaOH(aq) 200 mL까지 모두 추가할 경우 전체 수용액의 부피는 800 mL이고, NaOH(aq)의 몰 농도는 0.5 M보다 커야 하므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 ㉠은 0.5 M NaOH(aq)이다.

㉡. ㉠이 0.5 M NaOH(aq)이므로 수용액을 모두 추가했을 때 혼합 수용액의 부피는 $(x+200)$ mL이고, 몰 농도가 $\frac{2}{3}$ M이므로 $1 \times x + 0.5 \times 200 = \frac{2}{3} \times (x+200)$ 이다. 따라서 $x=100$ 이다.

㉢. $x=100$ 이므로 1 M NaOH(aq) 100 mL와 0.5 M NaOH(aq) 100 mL를 혼합한 (가)에서 NaOH(aq)의 몰 농도를 y M라고 하면 $1 \times 100 + 0.5 \times 100 = y \times 200$ 이므로 $y = \frac{150}{200} = 0.75$ 이다.

15 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

학생 A가 만든 X(aq) I은 0.5a M X(aq) 100 mL와 0.3 M X(aq) 100 mL를 혼합하여 만든 것으로, 이 수용액의 몰 농도(M)를 x 라고 하면 용질의 양(mol)은 $0.5a \times 100 + 0.3 \times 100 = x \times 200$ 이다. 따라서 $x = 0.25a + 0.15$ 이다.

학생 B가 만든 X(aq) II는 a M X(aq) 200 mL, 0.3 M X(aq) 50 mL, 물을 추가하여 만든 수용액 500 mL이므로 이 수용액의 몰 농도(M)를 y 라고 하면 용질의 양(mol)은 $a \times 200 + 0.3 \times 50 = y \times 500$ 이다. 따라서 $y = 0.4a + 0.03$ 이다. 이때 수용액의 몰 농도(M)비가 I : II = $x : y = 0.25a + 0.15 : 0.4a + 0.03 = 20 : 11$ 이므로 $8a + \frac{3}{5} = \frac{11}{4}a + \frac{33}{20}$ 이고, $\frac{21}{4}a = \frac{21}{20}$ 이므로 $a = \frac{1}{5}$ 이다. 또한 $0.25a + 0.15 = 20k$ 이므로 $0.05 +$

$0.15 = 20k$ 이고, $k = \frac{1}{100}$ 이다. 따라서 $\frac{k}{a} = \frac{\frac{1}{100}}{\frac{1}{5}} = \frac{1}{20}$ 이다.

16 혼합 용액의 몰 농도

몰 농도(M)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이고, 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)의 곱과 같다.

(가)와 (나)에서 용질의 질량비가 (가) : (나) = 3 : 2이므로 $0.2 \times V_1 : 0.4 \times V_2 = 3 : 2$ 이고, $V_1 = 3V_2$ 이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합한 수용액의 전체 부피는 $5V_2$ L이고, 몰 농도(M)를 x 라고 하면 $0.2 \times 3V_2 + 0.3 \times 2V_2 = x \times 5V_2$ 이다. 따라서 $x = \frac{0.6 + 0.6}{5} = \frac{6}{25}$ 이다.

04 원자의 구조

수능 2점 테스트

본문 54~55쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ① 04 ⑤ 05 ③ 06 ④
07 ⑤ 08 ③

01 원자의 구조

원자는 양성자수와 전자 수가 같고, 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이다.

✕. α 입자 산란 실험으로 발견한 것은 원자핵이다.

㉠. 동위 원소는 양성자수가 같고, 중성자수가 달라 질량수가 다르다.

✕. ^1H 원자는 질량수와 전자 수가 1로 같다.

02 원자와 이온의 모형

원자는 양성자수와 전자 수가 같다. ●는 전자이다. ○가 중성자, ○가 양성자이면 (가)~(다)는 모두 원자이므로 ●가 양성자이며, ○은 중성자이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 ^2H , $^3\text{He}^+$, ^4He 이다.

㉠. ●는 양성자이다.

㉡. (가)~(다)의 질량수는 각각 2, 3, 4이므로 (다)가 가장 크다.

㉢. ^9Be 원자와 ^{10}B 원자의 중성자수는 모두 5이므로 ○의 수가 같다.

03 물질의 구성 입자

^{19}F 원자와 ^{35}Cl 원자에 들어 있는 중성자수는 각각 10, 18이므로 $^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}$ 분자 1 mol에 들어 있는 전체 중성자의 양(mol)은 28이고, $n=28$ 이다. $^{\text{O}}\text{F}_2$ 에 들어 있는 전체 중성자수는 $(a-8)+20=28$ 이므로 $a=16$ 이다.

㉠. $\frac{a}{n} = \frac{16}{28} = \frac{4}{7}$ 이다.

✕. $^{\text{O}}$ 원자에 들어 있는 중성자수와 양성자수는 8로 같으므로 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}} = 1$ 이다.

✕. 전체 양성자수는 $^{\text{O}}\text{F}_2$ 분자와 $^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}$ 분자가 26으로 같고, 분자량은 $^{\text{O}}\text{F}_2$ 과 $^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}$ 이 54로 같으므로 분자 1g에 들어 있는 전체 양성자수는 $^{\text{O}}\text{F}_2$ 와 $^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}$ 이 같다.

04 원자의 구성 입자

원자는 양성자수와 전자 수가 같고, 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이다.

㉠. (가)는 전자 수가 11이므로 양성자수가 11이고, 질량수가 23이므로 중성자수는 12이다. 따라서 $x=12$ 이다.

㉡. (나)는 중성자수가 12이고, 질량수가 24이므로 양성자수는 12이다. (다)는 전자 수가 12이므로 양성자수는 12이고, 질량수가 26이므로 중성자수는 14이다. 따라서 (나)와 (다)는 양성자수가 같고, 질량수가 다른 동위 원소이다.

㉢. (라)는 중성자수가 $x+2=14$ 이고, 질량수가 27이므로 양성자수는 13이다. 원자 번호는 (가)~(라)가 각각 11, 12, 12, 13이므로 원자 번호가 가장 큰 것은 (라)이다.

05 물질의 구성 입자와 동위 원소

$^1\text{H}^{37}\text{Cl}$ 분자 1개에 들어 있는 중성자수는 20이므로 (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 전체 중성자의 양은 40 mol로 같다.

㉠. (가)에 들어 있는 기체의 전체 중성자의 양은 40 mol이므로 $2 \times (a-17) = 40$ 이고, $a=37$ 이다.

㉡. 용기 속에 들어 있는 기체의 전체 양성자의 양은 (나)에서와 (다)에서가 36 mol로 같다.

✕. 용기 속에 들어 있는 기체의 질량은 (나)와 (다)가 각각 76 g, 74 g이므로 (나) > (다)이다.

06 물질의 구성 입자

원자는 양성자수와 전자 수가 같다. ^4X 의 전자 수가 2이므로 ^4X 의 양성자수는 2이고, 중성자수는 2이다. ^4X 1g에 들어 있는 중성자의 양은 $\frac{1}{4} \text{ mol} \times 2 = \frac{1}{2} \text{ mol}$ 이므로 ^{12}Y 1g에 들어 있는 중성자의 양도 $\frac{1}{2} \text{ mol}$ 이다. ^{12}Y 의 양성자수를 y 라고 하면 중성자수는 $12-y$ 이고, ^{12}Y 1g의 양은 $\frac{1}{12} \text{ mol}$ 이므로 ^{12}Y 1g에 들어 있는 중성자의 양은 $\frac{1}{12} \text{ mol} \times (12-y) = \frac{1}{2} \text{ mol}$ 이며, $y=6$ 이다. 따라서 $\frac{^4\text{X의 양성자수}}{^{12}\text{Y의 양성자수}} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$ 이다.

07 동위 원소의 존재 비율과 평균 원자량

자연계에서 Y는 $^{\text{Y}}$ 와 ^{a+2}Y 로만 존재하므로 자연계에는 분자량이 $2a$, $2a+2$, $2a+4$ 인 Y_2 만 존재한다.

㉠. $\frac{\text{분자량이 } 2a+2 \text{인 } \text{Y}_2 \text{의 존재 비율}(\%)}{\text{분자량이 } 2a \text{인 } \text{Y}_2 \text{의 존재 비율}(\%)} = 2$ 이므로 자연계에서 원소의 존재 비율은 $^{\text{Y}}$ 와 ^{a+2}Y 가 각각 50%, 50%이고, $\frac{^{a+2}\text{Y의 존재 비율}(\%)}{^{\text{Y}}\text{의 존재 비율}(\%)} = 1$ 이다.

㉡. 자연계에서 $\frac{^{a+2}\text{Y의 존재 비율}(\%)}{^{\text{Y}}\text{의 존재 비율}(\%)} = 1$ 이므로 Y의 평균 원자량은 $a+1$ 이다. XY의 화학식량은 $23+a+1=103$ 이므로 $a=79$ 이다.

㉢. $a=79$ 이므로 자연계에는 분자량이 158, 160, 162인 Y_2 가 존재한다.

08 원자와 이온의 구성 입자

Li 원자는 양성자수와 전자 수가 같고, O^{2-} 은 전자 수가 양성자 수보다 2만큼 크다. Li 원자와 O^{2-} 의 양성자수와 전자 수는 표와 같다.

원자 또는 이온	Li	O^{2-}
양성자수	3	8
전자 수	3	10

✕. Li 원자에서 구성 입자 수의 비는 $\oplus : \ominus : \omin� = 3 : 3 : 4$ 이므로 $\omin�$ 은 중성자이다. O^{2-} 에서 구성 입자 수 비는 $\oplus : \ominus = 5 : 4$ 이므로 \oplus 은 전자, \ominus 은 양성자이다.

✕. O^{2-} 에서 구성 입자 수 비는 $\omin� : \omin� = 4 : 5$ 이고, $\omin�$ 의 수는 8이므로 O^{2-} 의 질량수는 18이다.

⊙. $^{19}F^-$ 은 \oplus 과 $\omin�$ 의 수가 10으로 같다.

수능 3점 테스트

본문 56~60쪽

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

01 원자와 이온의 구성 입자

^{19}Y 의 양성자수를 y 라고 하면, 전자 수는 y 이고, 중성자수는 $19 - y$ 이다. ^{19}Y 의 중성자수 - 전자 수 = $(19 - y) - y = 19 - 2y = 1$ 이므로 $y = 9$ 이다. $^{23}Z^+$ 의 양성자수를 z 라고 하면, 전자 수는 $z - 1$ 이고, 중성자수는 $23 - z$ 이다. $^{23}Z^+$ 의 중성자수 - 전자 수 = $(23 - z) - (z - 1) = 24 - 2z = 2$ 이므로 $z = 11$ 이다.

⊙. 양성자수는 ^{19}Y , $^{23}Z^+$ 이 각각 9, 11이므로 $^{23}Z^+$ 이 ^{19}Y 보다 2만큼 크다.

⊙. 전자 수는 $^{16}X^{2-}$ 과 $^{23}Z^+$ 이 같으므로 $^{16}X^{2-}$ 의 전자 수는 $z - 1 = 10$ 이고, 양성자수는 8, 중성자수는 8이다. 따라서 $^{16}X^{2-}$ 은 양성자수와 중성자수가 같다.

⊙. $^{16}X^{2-}$ 의 중성자수 - 전자 수 = a 이므로 $8 - 10 = a$ 이고, $a = -2$ 이다.

02 원자와 이온의 구성 입자

$^{17}O^{2-}$ 의 양성자수, 중성자수, 전자 수는 각각 8, 9, 10이므로 ①은 양성자수이다.

⊙. 전자 수 비는 $^{12}C : ^{17}O^{2-} = 6 : 10$, 중성자수 비는 $^{12}C : ^{17}O^{2-} = 6 : 9$ 이므로, \ominus 은 전자 수, $\omin�$ 은 중성자수이다.

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

✕. (가)는 양성자수와 전자 수가 각각 12, 10이므로 전하가 +2인 이온이다.

03 물질의 구성 입자

"X는 bY 보다 양성자수와 중성자수가 각각 2만큼 크므로 $a = b + 4$ 이고, " X^bY 의 화학식량은 $a + b = 42$ 이므로 $a = 23$, $b = 19$ 이다.

bY 는 중성자수가 전자 수보다 1만큼 크므로 중성자수는 10, 양성자수는 9이고, "X는 bY 보다 중성자수가 2만큼 크므로 "X의 중성자수는 12이다. 따라서 $\frac{b}{\text{"X의 중성자수}} = \frac{19}{12}$ 이다.

04 물질의 구성 입자와 동위 원소

^{36}Y 는 양성자수와 중성자수가 같으므로 ^{36}Y 의 양성자수와 중성자수는 각각 18, 18이고, 양성자수는 ^{40}Y 가 ^{20}X 보다 8만큼 크므로 ^{20}X 의 양성자수는 10, 중성자수는 10이며, ^{40}Y 의 중성자수는 22이다. ^{40}Y 1g과 ^{20}X 1g의 양이 각각 $\frac{1}{40}$ mol, $\frac{1}{20}$ mol이므로

$$\frac{1 \text{ g의 } ^{20}X \text{에 들어 있는 중성자수}}{1 \text{ g의 } ^{40}Y \text{에 들어 있는 중성자수}} = \frac{\frac{1}{20} \times 10}{\frac{1}{40} \times 22} = \frac{10}{11} \text{이다.}$$

05 물질의 구성 입자와 동위 원소

실린더에 들어 있는 기체의 부피비는 (가) : (나) = 7 : 9이므로 기체의 몰비는 (가) : (나) = $\frac{4}{3} : (x + 1) = 7 : 9$ 이고, $x = \frac{5}{7}$ 이다.

✕. (가)에 들어 있는 기체의 질량은 60 g이고, (나)에 들어 있는 기체의 질량(g) 합은 $(a + 19) \times \frac{5}{7} + 45$ 이다. (가)에 들어 있는 기체의 질량은 (나)에 들어 있는 기체의 질량 합과 같으므로 $(a + 19) \times \frac{5}{7} + 45 = 60$ 이고, $a = 2$ 이다. 따라서 $\frac{a}{x} = \frac{2}{\frac{5}{7}} = \frac{14}{5}$ 이다.

⊙. $^{13}C^{16}O_2$ 분자에 들어 있는 중성자수는 23이고, " $H^{19}F$ 분자에 들어 있는 중성자수는 11이므로

$$\frac{1 \text{ mol의 } ^{13}C^{16}O_2 \text{에 들어 있는 중성자수}}{1 \text{ mol의 } ^{19}F \text{에 들어 있는 중성자수}} = \frac{23}{11} \text{이다.}$$

⊙. (나)에서 $\frac{^aH^{19}F(g) \text{의 질량}}{^{13}C^{16}O_2(g) \text{의 질량}} = \frac{15}{45} = \frac{1}{3}$ 이다.

06 물질의 구성 입자와 동위 원소

$^{14}N^aO$ 분자에 들어 있는 중성자수는 $7 + (a - 8) = a - 1$ 이고,

$^{35}Cl_2^{16}O$ 분자에 들어 있는 중성자수는 $18 \times 2 + 8 = 44$ 이다.

$^{14}N^aO(g)$ 62 g의 양은 $\frac{62}{14 + a}$ mol이므로

$$\frac{\text{(나)에 들어 있는 기체의 전체 중성자수}}{\text{(가)에 들어 있는 기체의 전체 중성자수}} = \frac{44}{\frac{62}{(14 + a)} \times (a - 1)}$$

$=\frac{11}{8}$ 이고, $a=17$ 이다. $^{14}\text{N}^{\text{a}}\text{O}$ 1 mol에 들어 있는 양성자의 양은 15 mol이고, $^{14}\text{N}^{\text{a}}\text{O}$ 의 분자량은 31이므로 (가)에 들어 있는 $^{14}\text{N}^{\text{a}}\text{O}$ 의 양은 2 mol이며, (가)에 들어 있는 기체의 전체 양성자의 양은 30 mol이다. 따라서

$$\frac{a}{\text{(가)에 들어 있는 기체의 전체 양성자의 양(mol)}} = \frac{17}{30} \text{이다.}$$

07 동위 원소의 구성 입자와 평균 원자량

원자는 양성자수와 전자 수가 같다. $^{\text{a}}\text{X}$ 원자에 들어 있는 전자 수가 5이므로 $^{\text{a}}\text{X}$ 의 양성자수는 5이다.

$^{\text{b}}\text{X}$ 원자에 들어 있는 중성자수는 $\frac{a}{2} + 1$ 이므로 $b = \left(\frac{a}{2} + 1\right) + 5 = \frac{a}{2} + 6$ 이다.

$$\textcircled{\text{A}} \text{ X의 평균 원자량은 } \frac{a \times 20 + b \times 80}{100} = \frac{a \times 20 + \left(\frac{a}{2} + 6\right) \times 80}{100}$$

$= 10.8$ 이므로 $a=10$, $b=11$ 이다.

\times $^{\text{a}}\text{X}$ 원자에 들어 있는 양성자수가 5이고 $a=10$ 이므로 $^{\text{a}}\text{X}$ 원자에 들어 있는 중성자수는 5이다.

$$\textcircled{\text{B}} \frac{1 \text{ g의 } ^{\text{a}}\text{X에 들어 있는 중성자수}}{1 \text{ g의 } ^{\text{b}}\text{X에 들어 있는 중성자수}} = \frac{\frac{1}{10} \times 5}{\frac{1}{11} \times 6} = \frac{11}{12} \text{이다.}$$

08 원자의 구성 입자와 동위 원소, 평균 원자량

자연계에서 존재 비율이 $^{\text{a}}\text{X} : ^{\text{b}}\text{X} = 70 : 30$ 인데, X의 평균 원자량이 $a + 0.6$ 이므로 $\frac{70 \times a + 30 \times b}{100} = a + 0.6$ 이고, $b = a + 2$ 이다. 중성자수는 $^{\text{a}}\text{X}$ 와 $^{\text{b}}\text{X}$ 가 각각 34, 36이므로 $a=63$, $b=65$ 이다. 자연계에서 존재 비율이 $^{\text{c}}\text{Y} : ^{\text{c}+2}\text{Y} = 50 : 50$ 인데, Y의 평균 원자량이 80이므로 $c=79$ 이고, $^{\text{c}+2}\text{Y}$ 의 질량수와 중성자수는 각각 81, 46이므로 $^{\text{c}+2}\text{Y}$ 의 양성자수는 35이고 $n=35$ 이다. 따라서

$$\frac{b}{n} = \frac{65}{35} = \frac{13}{7} \text{이다.}$$

09 물질의 구성 입자

실린더에 들어 있는 기체의 부피비는 (가) : (나) = $x : 3$ 이고, 질량비는 (가) : (나) = $44x : (16 + 14n \times 2)$ 이므로 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{44x}{x} : \frac{(16 + 28n)}{3} = 11 : 6$ 이고, $n=2$ 이다. CO_2 분자에 들어 있는 전체 양성자수는 22이고 CH_4 분자와 C_2H_4 분자에 들어 있는 전체 양성자수는 각각 10, 16이므로 실린더에 들어 있는 기체의 전체 양성자수의 비는 (가) : (나) = $22x : (10 + 16 \times 2) = 22 : 21$ 이고, $x=2$ 이다. 따라서 $\frac{x}{n} = 1$ 이다.

10 물질의 구성 입자

$^{12}\text{C}^1\text{H}_4(\text{g})$ 8 g의 부피가 $2V$ L이므로 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 $\frac{1}{4}$ mol의 부피는 V L이다. (나)에서 $^{12}\text{C}_2^1\text{H}_n(\text{g})$ $3w$ g의 양은 $\frac{1}{4}$ mol이므로 분자량은 $12w = 24 + n$ 이고, $^{\text{a}}\text{H}_2^{16}\text{O}(\text{g})$ $4w$ g의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이므로 분자량은 $8w = 2a + 16$ 이다. $^{12}\text{C}^1\text{H}_4$, $^{12}\text{C}_2^1\text{H}_n$, $^{\text{a}}\text{H}_2^{16}\text{O}$ 분자에 들어 있는 중성자수는 각각 6, 12, $2(a-1) + 8 = 2a + 6$ 이므로 $^{12}\text{C}^1\text{H}_4(\text{g})$ 8 g, $^{12}\text{C}_2^1\text{H}_n(\text{g})$ $3w$ g, $^{\text{a}}\text{H}_2^{16}\text{O}(\text{g})$ $4w$ g에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 각각 3, 3, $a + 3$ 이다. (다)의 실린더에 들어 있는 기체의 전체 중성자의 양(mol)은 $3 + 3 + (a + 3) = 11$ 이므로 $a=2$ 이고, $8w = 2a + 16$ 이므로 $w = \frac{5}{2}$ 이다. $^{12}\text{C}_2^1\text{H}_n$ 분자량은 $12w = 24 + n$ 이므로 $n=6$ 이다.

따라서 $w \times \frac{n}{a} = \frac{5}{2} \times \frac{6}{2} = \frac{15}{2}$ 이다.

05 현대적 원자 모형과 전자 배치

수능 2점 테스트

본문 69~71쪽

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

01 원자의 전자 배치

파울리 배타 원리에 따르면 1개의 오비탈에 서로 다른 스핀 자기 양자수를 갖는 전자가 최대 2개까지 채워진다. 따라서 '파울리 배타 원리'와 '스핀 자기 양자수'는 각각 (가)와 (나)로 적절하다.

02 바닥상태 원자의 전자 배치와 양자수

원자 번호가 8~12인 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n+m_l=2$ 인 것은 2s와 $m_l=0$ 인 2p이고, $n+m_l=3$ 인 것은 $m_l=+1$ 인 2p와 3s이다. 원자 번호가 8~12인 원자는 바닥상태 전자 배치에서 모두 2s 오비탈에 전자 2개가 들어 있으므로 바닥상태 원자 X의 전자 배치에서

$\frac{n+m_l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수 $= \frac{3}{4}$ 인 경우는 2s 오비탈과 $m_l=0$ 인 2p 오비탈에 각각 전자가 2개씩 들어 있고, $m_l=+1$ 인 2p 오비탈에 전자 2개, 3s 오비탈에 전자가 1개 들어 있는 전자 배치이다. 따라서 바닥상태 원자 X의 전자 배치로 적절한 것은 ④이다.

03 바닥상태 원자의 전자 배치와 양자수

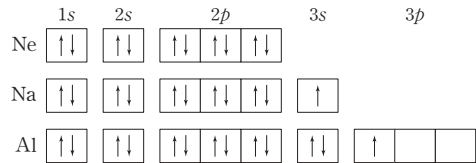
바닥상태 O 원자의 전자 배치는 다음과 같다.



- ㉠. 홀전자 수는 Li와 O가 각각 1, 2이므로 홀전자 수는 바닥상태 O 원자의 전자 배치에서가 바닥상태 Li 원자의 전자 배치에서의 2배이다.
 ✕. $n-l$ 는 1s, 2s, 2p 오비탈이 각각 1, 2, 1이고, ㉠의 $n-l=2$ 이므로 바닥상태 O 원자의 전자 배치에서 ㉠보다 $n-l$ 가 큰 전자는 존재하지 않는다.
 ㉡. 2p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4이므로 파울리 배타 원리에 의해 ㉠과 m_s 가 서로 다른 전자가 들어 있다.

04 바닥상태 원자의 전자 배치와 스핀 자기 양자수

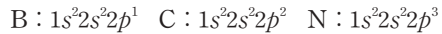
3가지 원자의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.



- ㉠. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Ne, Na, Al이 각각 6, 6, 7이므로 X는 Al이다.
 ㉡. Ne과 Na의 홀전자 수는 각각 0, 1이므로 |㉠-㉡|은 Ne, Na이 각각 0, 1이다. 따라서 Y는 Na, Z는 Ne이고, Z는 홀전자 수가 0이다.
 ✕. p 오비탈에 들어 있는 전자 수 $= \frac{6}{5}$, s 오비탈에 들어 있는 전자 수 $= \frac{6}{4}$ 이므로 $Z > Y$ 이다.

05 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

3가지 원자의 전자 배치는 다음과 같다.



m_l 는 1s, 2s 오비탈이 모두 0이고, 2p 오비탈은 -1, 0, +1이다. 전자가 들어 있는 오비탈의 m_l 합은 B, C, N가 모두 a로 같은데, 바닥상태 N 원자의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈의 m_l 합은 0이므로 $a=0$ 이고, B 원자는 $m_l=0$ 인 2p 오비탈에 전자가 1개 들어 있으며, C 원자는 $m_l=-1$ 인 2p 오비탈과 $m_l=+1$ 인 2p 오비탈에 전자가 각각 1개씩 들어 있다. C에서 $n+m_l=2$ 인 오비탈은 2s와 $m_l=0$ 인 2p이므로 $b=2$ 이다. 따라서 $a+b=2$ 이다.

06 바닥상태 원자의 전자 배치

바닥상태에서 $\frac{\text{홀전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ 는 Be, O, Ne이 각각 0, $\frac{2}{5}$, 0이므로 X와 Y는 각각 Be과 Ne 중 하나이다. Be, O, Ne의 양성자수는 각각 4, 8, 10이고, $\frac{Z \text{의 양성자수}}{X \text{의 양성자수}}=2$ 이므로 X가 Be, Y는 Ne, Z는 O이다.

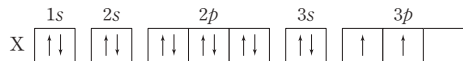
- ㉠. 원자 번호는 Y(Ne)가 가장 크다.
 ✕. 바닥상태 X(Be)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2$ 이므로 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 2이다.
 ✕. Z(O)의 홀전자 수는 2이다.

07 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

3주기 바닥상태 원자에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈의 $\frac{n+l}{n-l}$ 는 표와 같다.

오비탈	1s	2s	2p	3s	3p
$\frac{n+l}{n-l}$	1	1	3	1	2

$\frac{n+l}{n-l} > 1$ 인 오비탈은 $2p$ 와 $3p$ 이고, $\frac{n+l}{n-l} > 1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 8이므로 바닥상태 X 원자의 전자 배치는 다음과 같다.



따라서 X의 양성자수는 14, $a=8$ 이므로 $\frac{a}{X \text{의 양성자수}} = \frac{4}{7}$ 이다.

08 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

바닥상태 2, 3주기 원자에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈 중 $n-l=2$ 인 오비탈은 $2s$ 와 $3p$ 이고, 제시된 원자들의 전자 배치에서 $\textcircled{1}$ 은 표와 같다.

원자	O	Ne	Mg	Si	P
$\textcircled{1}$ 양성자수	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{4}{14}$	$\frac{5}{15}$

$\textcircled{1}$ 의 비는 $X : Y : Z = 2 : 3 : 4$ 이므로 $X \sim Z$ 는 각각 Mg, O, P이다.

✕. $\textcircled{1}$ 은 $X \sim Z$ 가 각각 2, 2, 5이다.

○. 원자가 전자 수는 $X \sim Z$ 가 각각 2, 6, 5이므로 Y(O)가 가장 크다.

✕. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 X(Mg)와 Z(P)가 6으로 같다.

09 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

제시된 원자의 p 오비탈과 s 오비탈에 각각 들어 있는 전자 수는 표와 같다.

원자	B	C	N	O	Ne
p 오비탈에 들어 있는 전자 수	1	2	3	4	6
s 오비탈에 들어 있는 전자 수	4	4	4	4	4

$\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 의 비는 $X : Y : Z = 1 : 2 : 3$ 이므로 $X \sim Z$ 는 각각 B, C, N 또는 C, O, Ne 중 하나이다. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 $Z > X$ 이므로 $X \sim Z$ 는 각각 C, O, Ne이다.

○. 바닥상태 Z(Ne) 원자의 전자 배치에서 홀전자는 존재하지 않고, 모든 전자들이 쌍을 이루고 있으므로 모든 전자의 m_s 합은 0이다.

○. 홀전자 수는 X(C)와 Y(O)가 2로 같다.

○. 2주기 원자의 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈 중 $n+l=3$ 인 오비탈은 $2p$ 이므로 $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수 비는 Y(O) : Z(Ne) = 2 : 3이다.

10 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

m_l 는 s 오비탈이 0, p 오비탈은 $-1, 0, +1$ 인데 m_l 가 (가) > (나) > (다)이므로 (가)~(다)의 m_l 는 각각 $+1, 0, -1$ 이다. $n-l$ 는 $2s, 2p, 3s, 3p$ 오비탈이 각각 2, 1, 3, 2이므로 (가)는 $m_l = +1$ 인 $2p$, (나)는 $2s$, (다)는 $m_l = -1$ 인 $3p$ 이다.

○. 에너지 준위는 (가) > (나)이다.

○. $l + m_l$ 는 (나)와 (다)가 0으로 같다.

✕. 바닥상태 A1 원자의 전자 배치에서 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수는 1이다.

11 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

3주기 바닥상태 원자의 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈의 $n+l$ 과 $n-l$ 는 표와 같다.

오비탈	1s	2s	2p	3s	3p
$n+l$	1	2	3	3	4
$n-l$	1	2	1	3	2

$n-l=2$ 인 오비탈은 $2s, 3p$ 이므로 들어 있는 전자 수가 3인 X는 Al이다. $n+l=4$ 인 오비탈은 $3p$ 이므로 X(Al)에서 $n+l=4$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 1이며, $x=1$ 이다. $n+l=4$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 3인 Y는 P이고, Y(P)에서 $n-l=2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 5이므로 $y=5$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = 5$ 이다.

12 이온과 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

$l=1$ 인 오비탈은 p 이다. X는 $\textcircled{1} - \textcircled{2} = 1$ 이므로 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 원자일 때가 이온일 때보다 1만큼 크다. Z는 $\textcircled{1} - \textcircled{2} = -2$ 이므로 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 원자일 때가 이온일 때보다 2만큼 적다. 따라서 X와 Z는 각각 Al, O이고, 홀전자 수가 0인 Y는 Mg이다.

✕. X(Al)의 홀전자 수는 1이므로 $x=1$ 이고, Y(Mg)는 $\textcircled{1} - \textcircled{2} = 0$ 이므로 $y=0$ 이다. 따라서 $x+y=1$ 이다.

○. X(Al)와 Y(Mg)는 모두 3주기 원소이다.

✕. $l=0$ 인 오비탈은 s 오비탈이므로 $l=0$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X(Al)가 6, Z(O)가 4이다.

01 ㉠	02 ㉠	03 ㉠	04 ㉡	05 ㉡	06 ㉠
07 ㉡	08 ㉡	09 ㉡	10 ㉠	11 ㉠	12 ㉢

01 바닥상태 원자의 전자 배치

쌍을 원리에 따르면 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 순서대로 전자가 채워져야 하고, 파울리 배타 원리에 따르면 1개의 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 채워지며, 이 두 전자는 서로 다른 스핀 자기 양자수를 갖는다. 훈트 규칙에 따르면 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 쌍을 이루지 않는 전자(홀전자) 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다. ㉠은 쌍을 원리와 파울리 배타 원리는 만족하지만 에너지 준위가 같은 2p 오비탈에 홀전자 수가 최대가 되도록 배치되지 않았으므로 훈트 규칙은 만족하지 않는다. 따라서 (가)로 가장 적절한 것은 ㉢이다.

02 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

바닥상태 P 원자의 전자 배치는 다음과 같다.



바닥상태 P 원자의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n+l+m_l=3$ 인 오비탈은 $m_l=0$ 인 2p, 3s, $m_l=-1$ 인 3p이고, $n+l+m_l=5$ 인 오비탈은 $m_l=+1$ 인 3p이다. 따라서 (라)는 $m_l=+1$ 인 3p이고, b=1이며, (다)는 $m_l=-1$ 인 3p이다. 에너지 준위는 (가)>(나)이므로 (가)는 3s, (나)는 $m_l=0$ 인 2p이고, a=2이다.

- ㉠. a=2, b=1이므로 a>b이다.
- ㉡. n는 (나)가 2, (라)가 3이므로 (라)>(나)이다.
- ㉢. m_l 는 (가)가 0, (다)가 -1이므로 (가)>(다)이다.

03 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

4가지 원자의 $\frac{\text{전자가 1개 들어 있는 오비탈 수}}{\text{전자가 2개 들어 있는 오비탈 수}}$ 는 B, F, Na, Al이 각각 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}$ 이므로 B>F>Na>Al이고, 홀 전자가 들어 있는 오비탈의 $\frac{l}{n}$ 는 각각 $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, \frac{1}{3}$ 이므로 B=F>Al>Na이다. 따라서 W~Z는 각각 B, F, Al, Na이다.

- ㉠. 홀전자 수는 W~Z가 모두 1로 같다.
- ㉡. W(B)는 2주기 원소이다.
- ㉢. $n+l=3$ 인 오비탈은 2p와 3s이다. $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 W(B)와 X(F)가 각각 1, 5이므로 X가 W의 5배이다.

04 바닥상태 원자의 전자 배치

Li, Be, B, C 원자의 $\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$ 와 홀전자 수는 표와 같다.

원자	Li	Be	B	C
$\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{전자가 들어 있는 오비탈 수}}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1
홀전자 수	1	0	1	2

- 따라서 X~Z는 각각 Li, B, Be이다.
- ㉠. 원자 번호는 Y(B)가 가장 크다.
 - ㉡. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 X(Li)와 Z(Be)가 2로 같다.
 - ㉢. p 오비탈에 전자가 들어 있는 원자는 Y(B) 1가지이다.

05 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

제시된 원자들의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n-l=1$ 인 오비탈은 1s, 2p, $n-l=2$ 인 오비탈은 2s, $n-l=3$ 인 오비탈은 3s이다. $\frac{X \text{의 홀전자 수}}{Y \text{의 홀전자 수}}=2$ 이므로 X는 홀전자 수가 2인 O이고, Y는 홀전자 수가 1인 B와 F 중 하나이다.

- ㉠. 제시된 원자들은 모두 2s 오비탈에 들어 있는 전자 수가 같고, 3s 오비탈에 전자가 들어 있는 것은 Mg뿐이므로 a=1이고, $n-l=1$ 인 오비탈(1s, 2p)에 들어 있는 전자 수는 B, F, Mg이 각각 3, 7, 8이므로 Y는 B, Z는 Mg이다.
- ㉡. X(O)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 로 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수가 3이다.
- ㉢. $n+l=3$ 인 오비탈은 2p, 3s이므로 Z(Mg)의 전자 배치에서 $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 8이다.

06 바닥상태 원자의 전자 배치

바닥상태 원자의 전자 배치에서 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수는 N, O, Al이 각각 2, 2, 3이고, 전자가 1개 들어 있는 p 오비탈 수는 N, O, Al이 각각 3, 2, 1이다.

- ㉠. ㉠은 전자가 2개 들어 있는 s 오비탈 수, ㉡은 전자가 1개 들어 있는 p 오비탈 수이다.
- ㉢. X~Z는 각각 Al, O, N이다.
- ㉣. 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수는 Y(O)와 Z(N)가 각각 1, 0이므로 Y>Z이다.

07 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

Li, Be, C, Mg 원자의 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 중 $n-l>1$ 인 것은 2s, 3s이다.

$\frac{\text{원자가 전자 수}}{n-l>1 \text{인 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 를 (가)라고 하면, 바닥상태 Li, Be, C, Mg 원자의 전자 배치에서 (가)와 홀전자 수는 표와 같다.

원자	Li	Be	C	Mg
(가)	1	1	2	$\frac{1}{2}$
홀전자 수	1	0	2	0

따라서 X~Z는 각각 Mg, Li, C이다.

✕. X(Mg)와 Y(Li)는 다른 주기 원소이다.

㉠. Y(Li)는 2s 오비탈에 홀전자가 들어 있으므로 홀전자가 들어 있는 오비탈의 $n-l=2$ 로 1보다 크다.

✕. $l=0$ 인 오비탈은 s 오비탈이고, $l=1$ 인 오비탈은 p 오비탈이다. 바닥상태 Z(C) 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$ 이므로 $l=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수 = $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다. $l=0$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수 = $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다.

08 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

바닥상태 X~Z의 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈의 l , m_l , $l+m_l$ 는 표와 같다.

오비탈	1s	2s	2p		3s	3p			
l	0	0	1		0	1			
m_l	0	0	-1	0	+1	0	-1	0	+1
$l+m_l$	0	0	0	1	2	0	0	1	2

$l+m_l=1$ 인 오비탈은 $m_l=0$ 인 2p와 $m_l=0$ 인 3p이다.

㉠. $l+m_l=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $Z > Y > X$ 인데, X~Z가 모두 3주기 원소이므로 $m_l=0$ 인 2p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 모두 2로 같고, $m_l=0$ 인 3p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X~Z가 각각 0, 1, 2이다. Al, Si, S 중 $m_l=0$ 인 3p 오비탈에 전자가 2개 들어갈 수 있는 원자는 S이므로 Z는 $m_l=0$ 인 3p 오비탈에 전자가 2개 들어 있는 S이다. 원자 번호는 $X > Y$ 이므로 X는 $m_l=0$ 인 3p 오비탈에 전자가 들어 있지 않은 Si이고, Y는 $m_l=0$ 인 3p 오비탈에 전자가 1개 들어 있는 Al이다.

㉡. Y(Al)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 7이다.

㉢. $n+m_l=1$ 인 오비탈은 1s와 $m_l=-1$ 인 2p이므로 3주기 원자인 Y(Al)와 Z(S)에서 $n+m_l=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 4로 같다.

09 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

$n+l=3$ 인 오비탈은 2p, 3s이므로 $n+l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 6인 X는 Ne이다. 바닥상태 Ne 원자의 전자 배치에서 $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}} = \frac{3}{2}$ 이고,

$\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 의 비가 X : Y : Z = 9 : 10 : 6이

므로 $\frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 는 Y가 $\frac{5}{3}$, Z가 1이다. 따라서 Y는 S, Z는 Mg이다.

✕. s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 X(Ne)와 Z(Mg)가 각각 4, 6으로 $Z > X$ 이다.

㉠. 홀전자 수는 X(Ne)와 Y(S)가 각각 0, 2이므로 $Y > X$ 이다.

㉡. $n+l=4$ 인 오비탈은 3p와 4s이므로 $n+l=4$ 인 오비탈에 전자가 들어 있는 원자는 Y(S) 1가지이다.

10 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

제시된 원자 번호의 원자들의 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어갈 수 있는 오비탈은 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s이므로 가능한 $n+l$ 는 1, 2, 3, 4이고, $a=2$ 또는 3이다. $a=2$ 일 때 X에서 $n+l=a-1=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수와 $n+l=a=2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수 비가 1 : 3인데, $n+l=1$ 인 오비탈과 $n+l=2$ 인 오비탈은 각각 1s, 2s이므로 들어 있는 전자 수 비가 1 : 3이 될 수 없다. 따라서 $a=3$ 이다.

㉠. $n+l=a-1=2$ 인 오비탈은 2s이고, X에서 $n+l=2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 $x=2$ 이므로 $n+l=3$ 인 2p와 3s에 들어 있는 전자 수는 $3x=6$ 이고, X는 Ne이다. Y는 $n+l=a+1=4$ 인 3p와 4s에 들어 있는 전자 수가 $3x=6$ 이므로 Y는 Ar이다. Z는 $n+l=3$ 인 오비탈인 2p와 3s에 들어 있는 전자 수와 $n+l=4$ 인 오비탈인 3p와 4s에 들어 있는 전자 수가 z 로 같으므로 Z는 Ca이고, $z=8$ 이다. 따라서 X(Ne)와 Y(Ar)는 같은 족 원소이다.

✕. $a \times \frac{z}{x} = 3 \times \frac{8}{2} = 12$ 이다.

㉡. X와 Z의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ 이므로 $\frac{X \text{에서 전자가 들어 있는 오비탈 수}}{Z \text{에서 전자가 들어 있는 오비탈 수}} = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$ 이다.

11 오비탈의 양자수

2s, 2p, 3p 오비탈의 n , l , m_l 과 $n+m_l$, $l+m_l$ 는 표와 같다.

오비탈	2s	2p			3p		
n	2	2			3		
l	0	1			1		
m_l	0	-1	0	+1	-1	0	+1
$n+m_l$	2	1	2	3	2	3	4
$l+m_l$	0	0	1	2	0	1	2

$n+m_l$ 는 (가) = (나) > (다)이므로 가능한 $n+m_l$ 의 조합은 (가)~(다)가 각각 (3, 3, 2), (3, 3, 1), (2, 2, 1) 3가지인데, (가)~(다) 중 $n+m_l=2$ 인 2s가 포함되어 있으므로 $n+m_l$ 의 조합은 (가)~(다)가 각각 (3, 3, 2), (2, 2, 1) 중 1가지이다.

i) (가)~(다)의 $n+m_l$ 가 (2, 2, 1)인 경우

$n+m_l=2$ 인 것은 2s 오비탈과 $m_l=-1$ 인 3p 오비탈이고, $n+m_l=1$ 인 것은 $m_l=-1$ 인 2p 오비탈이다. (가)와 (나)는 각각 2s 오비탈과 $m_l=-1$ 인 3p 오비탈 중 하나인데, 두 오비탈은 모두 $l+m_l=0$ 이므로 $l+m_l$ 는 (나) > (가)라는 조건에 모순된다.

ii) (가)~(다)의 $n+m_l$ 가 (3, 3, 2)인 경우
 $n+m_l=3$ 인 것은 $m_l=0$ 인 $3p$ 오비탈과 $m_l=+1$ 인 $2p$ 오비탈인데, (가)~(다)가 $2s, 2p, 3p$ 를 순서 없이 나타낸 것이므로 (다)는 $n+m_l=2$ 인 $2s$ 이고, (가)와 (나)는 각각 $m_l=0$ 인 $3p$ 와 $m_l=+1$ 인 $2p$ 중 하나이다. $l+m_l$ 는 $m_l=0$ 인 $3p$ 오비탈이 1, $m_l=+1$ 인 $2p$ 오비탈이 2이고, $l+m_l$ 는 (나) $>$ (가)이므로 (가)는 $m_l=0$ 인 $3p$, (나)는 $m_l=+1$ 인 $2p$ 이다.
 ○. m_l 는 (나)와 (다)가 각각 +1, 0이므로 (나) $>$ (다)이다.
 ✕. 에너지 준위는 $3p > 2p$ 이므로 (가) $>$ (나)이다.
 ✕. (나)는 $m_l=+1$ 인 $2p$ 이므로 $\frac{n+l}{n+m_l} = \frac{2+1}{2+1} = 1$ 이다.

이므로 W와 Z는 각각 $m_l=-1$ 인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 2인 S과 0인 Mg이고, X와 Y는 각각 $m_l=-1$ 인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 1인 Si와 P 중 하나이다. $n+m_l=3$ 인 오비탈은 $m_l=+1$ 인 $2p, 3s, m_l=0$ 인 $3p$ 이고, $n+m_l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 $X > Y$ 이므로 X는 P, Y는 $m_l=0$ 인 $3p$ 오비탈에 전자가 들어 있지 않은 Si이다.

- . W는 S이다.
- ✕. Y(Si)는 $m_l=0$ 인 $3p$ 오비탈에 전자가 들어 있지 않다.
- . $n+m_l=3$ 인 오비탈은 $m_l=+1$ 인 $2p, 3s, m_l=0$ 인 $3p$ 이므로 $n+m_l=3$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 W(S)와 Z(Mg)가 각각 5, 4이다.

12 바닥상태 원자의 전자 배치와 오비탈의 양자수

W~Z에서 전자가 들어 있는 오비탈의 $n, m_l, n+m_l$ 는 표와 같다.

오비탈	1s	2s	2p			3s	3p		
n	1	2	2			3	3		
m_l	0	0	-1	0	+1	0	-1	0	+1
$n+m_l$	1	2	1	2	3	3	2	3	4

$n+m_l=2$ 인 오비탈은 $2s, m_l=0$ 인 $2p, m_l=-1$ 인 $3p$ 이다. 바닥상태 3주기 원자는 $2s$ 와 $m_l=0$ 인 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 모두 같으므로 $m_l=-1$ 인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 $W > X = Y > Z$ 이다. Mg과 P은 각각 $m_l=-1$ 인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 0, 1이고, Si와 S은 $3p$ 오비탈의 전자 배치에 따라 다음과 같은 경우가 존재한다.

원자	3p 오비탈의 전자 배치	$m_l=-1$ 인 3p 오비탈에 들어 있는 전자 수
Si	$\begin{array}{c} 3p \\ m_l = -1 \quad 0 \quad +1 \\ \uparrow \quad \uparrow \quad \square \end{array}$	1
	$\begin{array}{c} 3p \\ m_l = -1 \quad 0 \quad +1 \\ \uparrow \quad \square \quad \uparrow \end{array}$	1
	$\begin{array}{c} 3p \\ m_l = -1 \quad 0 \quad +1 \\ \square \quad \uparrow \quad \uparrow \end{array}$	0
S	$\begin{array}{c} 3p \\ m_l = -1 \quad 0 \quad +1 \\ \uparrow\downarrow \quad \uparrow \quad \uparrow \end{array}$	2
	$\begin{array}{c} 3p \\ m_l = -1 \quad 0 \quad +1 \\ \uparrow \quad \uparrow\downarrow \quad \uparrow \end{array}$	1
	$\begin{array}{c} 3p \\ m_l = -1 \quad 0 \quad +1 \\ \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow\downarrow \end{array}$	1

$m_l=-1$ 인 $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 $W > X = Y > Z$

06

원소의 주기적 성질

수능 2점 테스트

본문 86~88쪽

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

01 원자 모형과 주기적 성질

X~Z는 각각 Li, Na, O이다.

✕. 3주기 원소는 Y(Na) 1가지이다.

Ⓒ. X와 Y는 각각 Li과 Na으로 같은 족 원소이다.

Ⓓ. Y(Na)와 Z(O)의 홀전자 수는 각각 1과 2이다.

02 전자 배치와 주기적 성질

전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수가 1인 2주기 원소 X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^1$ 로 O이고, O와 홀전자 수가 같은 2주기 원소 Y는 C이다.

Ⓒ. 원자 번호는 $X(O) > Y(C)$ 이다.

✕. Y는 C로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$ 이다. 따라서

$$\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

Ⓒ. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 원자 반지름은 $Y(C) > X(O)$ 이다.

03 2, 3주기 원소의 주기적 성질

W~Z는 각각 Li, Na, F, Cl이다.

✕. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y > W$ 이다.

Ⓒ. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 W~Z 중에서 원자 반지름이 가장 큰 것은 Na인 X이다.

✕. 1족 원소는 원자가 전자가 1개이므로 제2 이온화 에너지가 제1 이온화 에너지에 비해 매우 크다. 따라서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 $W(\text{Li}) > Z(\text{Cl})$ 이다.

04 유효 핵전하와 주기적 성질

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. 빗금 친 부분에 해당하는 원소는 각각 Li, N, Na, S 중 하나이다. 원자 반지름이 가장 큰 Z는 Na이고, 홀전자 수가 가장 큰 Y는 N이다. W와 X는 각각 Li, S 중 하나인데, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 $W > Z$ 이므로 W는 S이고, X는 Li이다.

Ⓒ. X와 Z는 각각 Li과 Na으로 같은 족 원소이다.

Ⓒ. W와 Y는 각각 S과 N이고, 제1 이온화 에너지는 $N > O > S$ 이므로 $Y > W$ 이다.

Ⓒ. Y와 Z는 각각 N, Na이다. 1족 원소인 Na의 제2 이온화 에너지는 Ne보다 더 크므로 $Z > Y$ 이다.

05 원자 반지름과 이온화 에너지의 주기적 성질

㉠~㉣은 각각 Li, N, O, Na, Mg이다. 전자가 2개 들어 있는 p 오비탈 수가 $V = W > 0$ 이므로 V와 W는 각각 Na과 Mg 중 하나이다. 제2 이온화 에너지는 $Li > Na > O > N > Mg$ 이므로 조건을 만족하는 V~Z는 각각 Mg, Na, N, Li, O이다. 따라서 주기율표에서 X(N)에 해당하는 것은 ㉡이다.

06 순차 이온화 에너지

원자가 전자 수가 n 일 때 $E_{n+1} \gg E_n$ 이다.

Ⓒ. X는 $E_2 \gg E_1$ 이므로 원자가 전자 수가 1로 1족 원소이고, E_4 가 존재하므로 Na이다.

✕. Y는 $E_3 \gg E_2$ 이므로 2족 원소인 Be과 Mg 중 하나이고, Z는 $E_4 \gg E_3$ 이므로 13족 원소인 B와 Al 중 하나이다. 제1 이온화 에너지는 $Be > B$, $Be > Mg > Al$ 이고, $Z > Y$ 이므로 Y와 Z는 각각 Mg과 B이다.

Ⓒ. X와 Z는 각각 Na과 B이므로 원자 반지름은 $X > Z$ 이다.

07 원자 반지름과 이온 반지름의 주기적 성질

금속은 원자 반지름이 이온 반지름보다 크고, 비금속은 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다. 따라서 W와 X는 각각 Mg과 Al 중 하나이고, Y와 Z는 각각 O와 F 중 하나이다. 이때 O, F, Mg, Al의 $\frac{s \text{ 오비탈의 전자 수}}{p \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 는 각각 $1, \frac{4}{5}, 1, \frac{6}{7}$ 이므로 조건을 만족하는 W~Z는 각각 Mg, Al, F, O이다.

Ⓒ. X는 Al이므로 $b = \frac{6}{7}$ 이고, $a = 1$ 이므로 $a > b$ 이다.

✕. W와 X는 각각 Mg과 Al으로 제2 이온화 에너지는 $X > W$ 이다.

Ⓒ. Y와 Z는 각각 F과 O이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y > Z$ 이다.

08 원자 반지름과 제1 이온화 에너지

원자 반지름은 $Na > Mg > N > O$ 이고, 이온 반지름은 $N > O > Na > Mg$ 이다. 원자가 전자 수는 $O > N > Mg > Na$ 이고, 제1 이온화 에너지는 $N > O > Mg > Na$ 이다. 따라서 제시된 조건에 맞는 기준 ㉠과 ㉡으로 가장 적절한 것은 각각 제1 이온화 에너지와 원자 반지름이다.

09 유효 핵전하와 제2 이온화 에너지

같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자 번호는 $Z > Y > X$ 이다. 18족을 제외한 2주기 원자의 제2 이온화 에너지는 $Li > O > F > N > B > C > Be$ 이다. 따라서 조건을 만족하는 원자 번호가 연속인 $X \sim Z$ 는 각각 Li, Be, B이고, 제1 이온화 에너지는 $Y(Be) > Z(B) > X(Li)$ 이다.

10 전자 배치와 주기적 성질

㉠ 오비탈의 전자 수에서 ㉡과 ㉢이 s 와 p 에 관계없이 1인 Y와 ㉣ 오비탈의 전자 수 Z는 각각 O와 Mg 중 하나이다.

㉡. ㉠이 s 이면 ㉠ 오비탈의 전자 수가 $\frac{3}{4}$ 인 X는 Si이다. 이때 O, Mg, Si의 전자가 들어 있는 오비탈 수는 각각 5, 6, 8로 조건을 만족하지 않는다. ㉠이 p 이면 ㉠ 오비탈의 전자 수가 $\frac{3}{4}$ 인 X는 N이다. 이때 N, O, Mg의 전자가 들어 있는 오비탈 수는 각각 5, 5, 6이므로 $X \sim Z$ 는 각각 N, Mg, O이다. 따라서 ㉠은 p 이다.

㉢. X와 Y는 각각 N와 Mg이므로 원자 반지름은 $Y > X$ 이다.

㉣. X와 Z는 각각 N와 O이므로 제1 이온화 에너지는 $X > Z$ 이다.

11 유효 핵전하와 주기적 성질

원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. V와 W는 각각 Li, B, F 중 하나이고, X와 Y는 각각 C와 O 중 하나이며 Z는 N이다. 이때 V와 W의 원자가 전자 수 합이 X와 Y의 원자가 전자 수 합보다 작으므로 $V \sim Z$ 는 각각 F, Li, O, C, N이다.

㉠. V와 Y는 각각 F와 C이므로 원자 반지름은 $Y > V$ 이다.

㉡. X와 Z는 각각 O와 N이므로 제1 이온화 에너지는 $Z > X$ 이다.

㉢. V와 W는 각각 F와 Li이므로 제2 이온화 에너지는 $W > V$ 이다.

12 이온화 에너지와 주기적 성질

W와 X는 원자 번호가 연속인 이웃한 원소이고, Y와 Z도 원자 번호가 연속인 이웃한 원소이다. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 크고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 작다. X보다 원자 번호가 3만큼 큰 Y가 W와 X보다 이온화 에너지가 작으므로 W와 X는 2주기, Y와 Z는 3주기 원소이다. 또한 2, 3주기 원자 중 이웃한 원자에서 원자 번호가 큰 원자의 제1 이온화 에너지가 작은 것은 2족과 13족, 15족과 16족 원소에 해당하므로 $W \sim Z$ 는 각각 O, F, Mg, Al이다.

㉠. W가 O이므로 W의 원자 번호 $a=8$ 이다.

㉢. $W \sim Z$ 는 각각 O, F, Mg, Al이므로 원자 반지름은 $Mg > Al > O > F$ 으로 가장 큰 것은 Mg인 Y이다.

㉣. Y와 Z는 각각 Mg와 Al이다. E_1 (제1 이온화 에너지)는 $Mg > Al$ 이지만 E_2 (제2 이온화 에너지)는 $Al > Mg$ 이므로 $\frac{E_2}{E_1}$ 는 $Z > Y$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 89~94쪽

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

01 원자 반지름과 주기적 성질

O, F, Na, Al의 홀전자 수는 각각 2, 1, 1, 1이고, Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 전하는 각각 $-2, -1, +1, +3$ 이다. 또한 원자 반지름은 $Na > Al > O > F$ 이고, 이온 반지름은 $O > F > Na > Al$ 이다. 원자 반지름은 O가 F의 2배보다 작으므로 원자 반지름은 $Na > Al > F > O$ 이고, $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{홀전자 수}}$ 이 가장 작은 것은 Al이다.

㉢. (가)가 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{홀전자 수}}$ 이라면 $W \sim Z$ 는 각각 O, F, Al, Na이다. 이때 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ 은 Al인 Y가 가장 작으므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 (가)는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ 이고, (나)는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{홀전자 수}}$ 이고, $W \sim Z$ 는 각각 Al, O, Na, F이다.

㉣. W와 Y는 각각 Al과 Na이다. Na의 제2 이온화 에너지는 2주기 Ne보다 크므로 제2 이온화 에너지는 $Y > W$ 이다.

㉤. X와 Z는 각각 O와 F이다. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 $Z > X$ 이다.

02 원자 반지름과 이온화 에너지

원자 반지름은 $Na > Mg > O$ 이고 이온 반지름은 $O > Na > Mg$ 이다. O, Na, Mg 중 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}}$ 은 O가 가장 작고, 제1 이온화 에너지는 $O > Mg > Na$ 이며, 제2 이온화 에너지는 $Na > O > Mg$ 이다. X와 Y가 각각 Na과 Mg 중 하나라고 하면 Z가 O이고, 제1 이온화 에너지는 O인 Z가 가장 크므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 조건을 만족하는 $X \sim Z$ 는 각각 Mg, O, Na이다. ㉠. X는 Mg이다.

✕. X와 Z는 각각 Mg과 Na이다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $X > Z$ 이다.

㉠. Y와 Z는 각각 O과 Na이므로 이온 반지름은 $Y > Z$ 이다.

03 제1 이온화 에너지와 주기적 성질

원자 번호가 7~13 중 하나인 W~Z는 각각 N, O, F, Ne, Na, Mg, Al 중 하나이다. 이들 원자의 제1 이온화 에너지는 $Ne > F > N > O > Mg > Al > Na$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $Na > Ne > O > F > N > Al > Mg$ 이다. 홀전자 수가 같은 X와 Y가 각각 Mg과 Ne이라면 제2 이온화 에너지는 Mg이 가장 작으므로 조건을 만족하지 않는다. 따라서 X와 Y는 각각 F, Na, Al 중 하나이고, Z는 N이다. 이때 N보다 제1 이온화 에너지가 큰 Y는 F이고, N보다 제2 이온화 에너지가 큰 X는 Na이다. 또한 제2 이온화 에너지가 N보다 작고 홀전자 수가 1이 아닌 W는 Mg이다.

㉠. X와 Y가 각각 Na과 F이므로 홀전자 수 $b=1$ 이다.

㉡. W와 X는 각각 Mg과 Na이므로 원자 반지름은 $X > W$ 이다.

㉢. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자 번호는 Y(F)가 Z(N)보다 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Y > Z$ 이다.

04 제2 이온화 에너지와 주기적 성질

N, O, Na, Mg, Al의 제2 이온화 에너지는 $Na > O > N > Al > Mg$ 이므로 V~Z는 각각 Mg, Al, N, O, Na이다.

㉠. 제1 이온화 에너지는 $N > O > Mg > Al > Na$ 이므로 가장 큰 것은 N인 X이다.

✕. Y와 Z는 각각 O과 Na이므로 원자 반지름은 $Z > Y$ 이다.

㉢. V와 W는 각각 Mg과 Al이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $W > V$ 이다.

05 순차 이온화 에너지와 주기적 성질

n 이 원자가 전자 수일 때 $\frac{E_{n+1}}{E_n}$ 가 최댓값을 갖는다. 따라서 W는 2족 원소로 Be, Mg 중 하나이고, X는 13족 원소로 B, Al 중 하나이고, Y는 15족 원소로 N, P 중 하나이며, Z는 16족 원소로 O, S 중 하나이다. 이때 같은 주기에서 제1 이온화 에너지는 2족이 13족보다 크고 15족이 16족보다 큰데, 자료에서 제1 이온화 에너지가 $X > W$ 이므로 W와 X는 각각 Mg과 B이고, $Z > Y$ 이므로 Y와 Z는 각각 P과 O이다.

㉠. W는 $\frac{E_{n+1}}{E_n}$ 가 최대인 n 이 2이므로 원자가 전자 수가 2이다.

㉡. Y와 Z는 각각 P과 O이다. 따라서 원자 반지름은 $Y > Z$ 이다.

✕. W와 X는 각각 Mg과 B이다. 따라서 E_2 는 $X > W$ 이다.

06 원소의 주기적 성질

O, F, Na, Mg 중 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 1족 원소인 Na이 가장 크다. 따라서 W는 Na이고, Na을 제외한 원자 반지름은 $Mg > O > F$ 이고, 이온 반지름은 $O > F > Mg$ 이므로 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온의 전하}}$

은 O가 가장 작고, $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ 은 $F > O > Mg$ 이다.

㉠. (가)에서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 가 상대적으로 매우 큰 W는 Na이다.

㉡. ㉠이 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ 이라고 하면 Y가 O이고 X는 F과 Mg 중 하나인데 홀전자 수 $X > Y$ 의 조건을 만족하지 않는다. 따라서 ㉠은 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{이온의 전하}}$ 이고, 조건을 만족하는 X~Z는 각각 O, Mg, F이다.

㉢. X와 Z는 각각 O과 F이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > X$ 이다.

07 원자 반지름과 이온 반지름의 주기적 성질

X의 원자가 전자 수와 Z의 홀전자 수가 같고, 금속과 비금속 중 하나이므로 (X, Z) 조합은 (Mg, O), (Al, N) 중 하나이다. 제2 이온화 에너지는 $Na > O > N > Al > Mg$ 이다.

㉠. X는 금속 원소이다. 금속 원소는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크므로 ㉠은 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$ 이다. 또한 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 인 Y도 금속이다.

✕. Z는 N과 O 중 하나이다. Z가 N이면 X는 Al이고, 제2 이온화 에너지 크기 조건을 만족하는 Y가 존재하지 않는다. Z가 O이면 X는 Mg이고, 제2 이온화 에너지 크기의 조건을 만족하는 Y는 Al이다. 따라서 Z는 O이다.

㉢. X와 Y는 각각 Mg과 Al이므로 제1 이온화 에너지는 $X > Y$ 이다.

08 원자가 전자 수와 원자 반지름

같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름은 작다. W와 X는 원자가 전자 수가 각각 $a-2$, $a-1$ 로 같은 주기라면 원자 번호가 연속이다. 그러나 원자 반지름은 $X > W$ 이므로 W는 2주기, X는 3주기 원소이다. 마찬가지로 Y는 2주기, Z는 3주기 원소이다. 1~17족 원소의 홀전자 수는 각각 1, 0, 1, 2, 3, 2, 1이고, 홀전자 수가 $Y > Z > X$ 이므로 이를 만족하는 W~Z는 각각 Be, Al, N, S이다.

㉠. W와 Y는 각각 Be과 N로 2주기 원소이다.

㉡. W와 X는 각각 Be과 Al이다. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 2족이 13족보다 크고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 제1 이온화 에너지는 $Be > Mg > Al$ 이므로 $W > X$ 이다.

㉔. X와 Z는 각각 Al과 S이다. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > X$ 이다.

09 홀전자 수와 제1 이온화 에너지

Z가 N이면 X와 Y 중 하나는 O이다. 이때 원자 반지름은 $N > O$ 이고, $X \sim Z$ 중 원자 반지름은 Z가 가장 작다는 조건을 만족하지 않는다. 따라서 조건을 만족하는 Z는 O이고, X와 Y는 각각 Na과 Al 중 하나이다. 제1 이온화 에너지는 $O > Al > Na$ 이고, Na과 Al은 홀전자 수가 1로 같고, $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{홀전자 수}}$ 는 $Y > X$ 이므로 X와 Y는 각각 Na과 Al이다.

㉕. Z는 O이다.

㉖. X와 Z는 각각 Na과 O이다. Na의 제2 이온화 에너지는 Ne보다 크므로 제2 이온화 에너지는 $X > Z$ 이다.

㉗. Y와 Z는 각각 Al과 O이다. 금속 원소는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크고, 비금속 원소는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크므로 Y는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} > 1$ 이고, Z는 $\frac{\text{원자 반지름}}{\text{이온 반지름}} < 1$ 이다.

10 전자 배치와 주기적 성질

$\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 같은 X와 Y는 각각 O와 Mg 중 하나이다. W와 Z의 $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 는 각각 $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$ 이다. 따라서 W는 C이고, Z는 P이다. 이때 전자가 들어 있는 오비탈 수는 $W(C)$ 가 4이고, $Z(P)$ 가 9이므로 $a=4, b=5$ 이다. 따라서 조건을 만족하는 X와 Y는 각각 Mg과 O이다.

㉘. W와 X는 각각 C와 Mg이다. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 크고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 작다. 따라서 제1 이온화 에너지는 $C > Be > Mg$ 이므로 $W > X$ 이다.

㉙. X와 Y는 각각 Mg과 O이므로 원자가 전자 수는 $Y > X$ 이다.

㉚. Y와 Z는 각각 O와 P이다. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자 반지름은 $P > N > O$ 이므로 $Z > Y$ 이다.

11 순차 이온화 에너지와 주기적 성질

1족 원소는 원자가 전자 수가 1이므로 제2 이온화 에너지가 제1 이온화 에너지보다 매우 크다. 따라서 $\frac{\text{제1 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$ 가 가장 작은 W는 1족 원소인 Na이다. 2족 원소는 원자가 전자 수가 2이므로 제3 이온화 에너지가 제2 이온화 에너지보다 매우 크므로 $\frac{\text{제3 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$ 가 큰 값을 갖는다. 따라서 Y와 Z는 각각 Be과 Mg 중 하나이고, X는 B이다. 또한 제1 이온화 에너지

는 같은 주기에서 2족이 13족보다 크므로 2주기 13족인 B(X)보다 제1 이온화 에너지가 작은 2족 Y는 Mg이다. 따라서 $W \sim Z$ 는 각각 Na, B, Mg, Be이다. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자 반지름은 $W(Na) > Y(Mg) > Z(Be) > X(B)$ 이다.

12 홀전자 수와 이온화 에너지

Ne을 제외한 $W \sim Z$ 의 홀전자 수 합이 4이므로 가능한 홀전자 수 조합은 0, 1, 1, 2이다. 따라서 홀전자 수가 0인 Be이 포함된다. 2주기 원소 중 제2 이온화 에너지가 가장 작은 것은 Be이므로 자료에서 제2 이온화 에너지가 가장 작은 W는 Be이다. 또한 제1 이온화 에너지가 $W > Y > X$ 이므로 X와 Y는 각각 Li과 B이다. 따라서 Z는 C와 O 중 하나인데, 제2 이온화 에너지는 $O > B > C$ 이므로 Z는 C이다.

㉛. W는 Be이다.

㉜. X와 Y는 각각 Li과 B이다. 따라서 홀전자 수는 모두 1로 같다.

㉝. Y와 Z는 각각 B와 C이다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Z > Y$ 이다.

07 이온 결합

수능 2점 테스트

본문 101~102쪽

01 ④ 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ③ 06 ①
07 ④ 08 ④

01 이온 결합 물질의 화학 결합 모형

A는 3주기 1족 원소이고, B는 2주기 17족 원소이다.

✕. A는 3주기, B는 2주기 원소이다.

○. A의 원자가 전자 수는 1이다.

○. AB는 이온 결합 물질이므로 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다.

02 이온의 전자 배치

X^{2+} 의 전자 배치가 Ne과 같으므로 X는 3주기 2족 원소이다.

Y_2O 에서 $n=1$ 이므로 Y는 4주기 1족 원소이다.

○. X^{2+} 과 O^{2-} 은 1 : 1로 결합하므로 $a=1$ 이다.

○. $n=1$ 이다.

✕. Y는 3주기 1족 원소보다 원자 반지름이 크고, X는 3주기 1족 원소보다 원자 반지름이 작으므로 원자 반지름은 $Y > X$ 이다.

03 물의 전기 분해

물(H_2O)을 전기 분해하면 (-)극에서 수소(H_2) 기체가, (+)극에서 산소(O_2) 기체가 2 : 1의 부피비로 생성된다.

○. A의 부피가 B보다 크므로 A는 수소(H_2)이다.

○. B는 산소(O_2)이므로 ①은 (+)극이다.

○. 물에 전류를 흘려주면 H_2 와 O_2 로 분해되므로 물 분자를 이루는 화학 결합에는 전자가 관여함을 알 수 있다.

04 이온 결합 물질

물질 1 mol에 들어 있는 양이온의 양(mol)이 (가)=(나)= n 이고,

(가)에서 $\frac{\text{음이온의 전자 수}}{\text{양이온의 전자 수}} = \frac{18}{10}$ 이므로 (나)에서 $\frac{\text{음이온의 전자 수}}{\text{양이온의 전자 수}} = \frac{18}{2}$ 이다. 따라서 X는 2주기 1족 원소인 리튬(Li)이다.

○. X는 2주기 원소이다.

○. (다)에서 Na과 Y는 2 : 1로 결합하므로 Y는 16족 원소이다.

○. X와 Y는 2 : 1로 결합하여 X_2Y 를 형성한다.

05 이온 결합 물질의 녹는점

물질 1 mol에 들어 있는 전자의 양(mol)이 (나) $>$ (가)이므로 X는 F, Y는 Cl이다.

○. X는 F이다.

○. 이온 반지름이 $Y^- > X^-$ 이므로 이온 사이의 거리는 (나) $>$ (가)이다. 따라서 ① $>$ 231이다.

✕. 이온의 전하량이 같을 때 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점이 높으므로 ① $>$ 801이다.

06 이온 결합 물질의 녹는점

이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 가까울수록 이온 사이의 정전기적 인력이 커진다.

○. WX의 녹는점이 YZ보다 높으므로 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력은 $WX > YZ$ 이다.

✕. 이온 사이의 거리가 $WX > YZ$ 임에도 불구하고 녹는점이 $WX > YZ$ 이므로 WX를 이루는 이온의 전하량이 YZ를 이루는 이온의 전하량보다 크다. 따라서 $n > m$ 이므로 (가)는 YZ, (나)는 WX의 결합 모형이다.

✕. X는 2주기, Y는 3주기 원소이다.

07 이온 결합

○. 이온 결합은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된다.

✕. 이온 결합 물질은 대부분 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

○. NaCl 수용액은 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

08 이온 결합

(나)의 전자 배치가 Ar의 전자 배치와 같으므로 (나)는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)와 4주기 1족 원소인 칼륨(K) 중 하나이다.

(가)에 X의 양이온과 Y의 음이온이 2 : 1의 개수비로 들어 있으므로 $a=2$ 이고, (나)는 X의 양이온이며 전하는 +1이다.

✕. X는 칼륨(K)이므로 4주기 원소이다.

○. X_aY 에서 $a=2$ 이므로 ●는 X의 양이온이다.

○. X는 K이므로 바닥상태에서 홀전자 수는 1이다.

수능 3점 테스트

본문 103~106쪽

01 ③ 02 ② 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ② 06 ④
07 ③ 08 ⑤

01 이온 결합 모형

이온 결합 물질에서 양이온과 음이온의 전하의 크기가 같을 때 1 : 1로 결합한다.

- ㉠. (가)에서 음이온의 전하가 -2 이므로 양이온의 전하가 $+2$ 이다. 따라서 $m=2$ 이다.
- ㉡. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
- ㉢. (가)의 음이온은 2주기 16족 원소이다.

02 이온 결합 물질과 전자 배치

$X(s)$ 1 mol이 충분한 양의 $HCl(aq)$ 과 반응할 때 1 mol의 $H_2(g)$ 가 생성되므로 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.
 $X(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow XCl_2(aq) + H_2(g)$
 X^{m+} 의 전자 배치가 Ne과 같으므로 X는 3주기 2족 원소인 Mg이고 $m=2$ 이다. Y는 2주기 16족 원소인 O이고 O의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 전자가 2개 들어 있는 오비탈의 수가 3이다. 따라서 Z의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 이고 Z는 Cl이다.
 ㉠. $m=2$ 이다.
 ㉡. X는 3주기, Y는 2주기 원소이다.
 ㉢. X와 Z는 1 : 2로 결합하여 $MgCl_2$ 을 형성한다.

03 이온의 전하량과 녹는점

㉠. NaF과 CaO, NaCl과 BaO은 이온 사이의 거리가 비슷할 때 녹는점은 BaO과 CaO이 더 높다. 따라서 '이온의 전하량이 클수록'은 ㉠으로 적절하다.
 ㉡. $\frac{CaO \text{ 1 mol에 들어 있는 음이온 수}}{NaCl \text{ 1 mol에 들어 있는 양이온 수}} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 1$ 이다.
 ㉢. NaF, NaCl, CaO, BaO 중 이온 사이의 정전기적 인력은 녹는점이 가장 높은 CaO이 가장 크다.

04 이온 결합 물질과 이온 사이의 거리

이온 결합 물질에서 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점이 높다.
 ㉠. 녹는점이 $Y > X$ 이므로 이온 사이의 정전기적 인력은 $Y > X$ 이다.
 ㉡. Y는 X보다 이온 사이의 거리가 멀지만($b > a$), 녹는점이 높으므로 화합물을 이루는 이온의 전하량은 $Y > X$ 이다. 따라서 $m > n$ 이다.
 ㉢. Y와 Z에서 이온의 전하량이 같은데 녹는점은 $Z > Y$ 이므로 이온 사이의 거리는 $Y > Z$ 이다. 따라서 $b > c$ 이다.

05 이온 결합 물질

A는 수소(H), B는 리튬(Li), C는 플루오린(F), D는 마그네슘(Mg), E는 염소(Cl)이다.
 ㉠. A(H)와 C(F)는 공유 결합을 한다.
 ㉡. BC(LiF)가 BE(LiCl)보다 이온 사이의 거리가 가까우므로 녹는점은 BC가 BE보다 높다.
 ㉢. C(F)와 D(Mg)는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.

06 이온 결합 물질

B는 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 이므로 금속 Mg과 K 중 하나이다. B가 K이라면 C와 D는 2 : 1로 결합하여 안정한 이온 결합 화합물을 형성하므로 C는 Cl, D는 Mg이고 A는 O인데, 홀전자 수가 $A > C$ 이므로 문제의 조건과 맞지 않다. 따라서 A는 Cl, B는 Mg이고, C는 K, D는 O이다.
 ㉠. A는 Cl이므로 3주기 원소이다.
 ㉡. A는 Cl이고, B는 Mg이므로 A와 B는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
 ㉢. D는 비금속 원소이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} > 1$ 이다.

07 이온 결합 물질의 녹는점

녹는점이 $NaA < NaB$ 이므로 이온 사이의 거리는 $NaA > NaB$ 이다. 따라서 이온 반지름이 $A^- > B^-$ 이므로 A는 Cl, B는 F이고, 이온 사이의 거리는 $DE > CE$ 이므로 C~E는 각각 Mg, Ca, O이다.
 ㉠. A와 D는 2 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
 ㉡. 이온 사이의 거리가 $DE > CE$ 이므로 녹는점은 $CE > DE$ 이다. 따라서 ㉠ > 2572이다.
 ㉢. A는 Cl, B는 F이므로 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 $A > B$ 이다.

08 이온의 전자 배치와 이온 결합

㉠. A^{m+} 과 B^{n+} 은 Ne의 전자 배치를 가지므로 A와 B는 같은 3주기 금속 원소인데, 이온 반지름이 $B^{n+} > A^{m+}$ 이므로 원자 번호는 $A > B$ 이다. 따라서 $m=2$ 이고, $n=1$ 이다.
 ㉡. 이온 사이의 거리는 A와 D의 화합물이 B와 C의 화합물보다 가깝고, 이온의 전하량은 A와 D의 화합물이 더 크므로 A와 D의 화합물은 B와 C의 화합물보다 녹는점이 높다.
 ㉢. A와 D의 화합물은 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

08 공유 결합과 결합의 극성

수능 2점 테스트

본문 116~118쪽

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

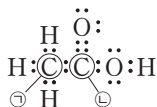
01 금속 결합과 공유 결합

철(Fe)은 금속 결합 물질이고, 물(H₂O)은 공유 결합 물질이다.

- ㉠. 철은 금속 결합 물질이므로 (가)에는 자유 전자가 존재한다.
 ✕. 물에 있는 공유 결합은 모두 O와 H 사이의 공유 결합이므로 (나)에 있는 결합은 모두 극성 공유 결합이다.
 ✕. 철은 자유 전자가 있는 금속 결합 물질이고, 물은 공유 결합 물질이므로 고체 상태에서 전기 전도성은 (가) > (나)이다.

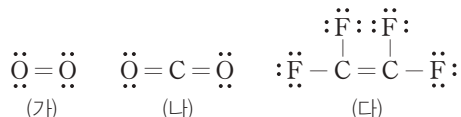
02 루이스 전자점식과 결합의 극성

- ㉠. 아세트산의 공유 전자쌍 수는 8이고, 비공유 전자쌍 수는 4이므로 공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수의 2배이다.
 ㉡. O 원자가 참여한 결합은 C와 O 사이의 결합과 O와 H 사이의 결합이며, 이 결합은 모두 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 결합이므로 극성 공유 결합이다.
 ✕. 전기 음성도가 C > H이므로 ㉠ C는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠고, 전기 음성도가 O > C이므로 ㉡ C는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.



03 공유 결합과 결합의 극성

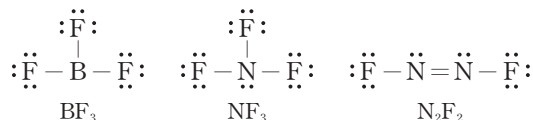
X₂는 옥텟 규칙을 만족하고 2중 결합이 있으므로 O₂이다. 따라서 YX₂는 CO₂이고, Y₂Z₄는 C₂F₄이다.



- ㉠. X~Z는 각각 O, C, F이고, 전기 음성도는 Z(F) > X(O) > Y(C)이다.
 ㉡. 비공유 전자쌍 수는 (나)와 (다)가 각각 4와 12이므로 비공유 전자쌍 수 비는 (나) : (다) = 1 : 3이다.
 ㉢. (가)~(다) 중 같은 원소 사이의 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (가), (다) 2가지이다.

04 루이스 전자점식과 공유 결합

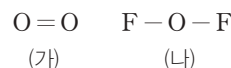
X~Z는 각각 B, N, F이다. 따라서 분자 XZ₃, YZ₃, Y₂Z₂는 각각 BF₃, NF₃, N₂F₂이다.



- ㉠. BF₃에서 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않고, NF₃, N₂F₂의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.
 ㉡. N₂F₂에서 N과 N 사이의 결합은 무극성 공유 결합이고, BF₃, NF₃의 모든 결합은 극성 공유 결합이다.
 ✕. BF₃, NF₃는 모두 단일 결합으로, N₂F₂는 단일 결합과 2중 결합으로 이루어진 분자이다.

05 공유 결합과 결합의 극성

- 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소는 C, N, O, F이다. C, N, O, F 중 1가지 원소로 구성되고 이원자 분자인 (가)는 비공유 전자쌍 수가 4이므로 O₂이고, X는 O이다. C, N, O, F 중 2가지 원소로 구성되고 삼원자 분자인 (나)는 O를 포함하고 비공유 전자쌍 수가 8이므로 OF₂이고, Y는 F이다.
 ✕. Y는 F이다.
 ㉠. 전기 음성도는 F > O이므로 (나)에서 X(O)는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다.
 ✕. (가)와 (나)의 구조식은 다음과 같다.



따라서 (가)에는 2중 결합이 있고, (나)에는 2중 결합이 없다.

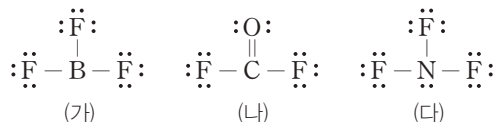
06 화학 결합과 물질의 성질

- (나)는 고체 상태에서 전성(띠집성)이 있으므로 금속 결합 물질인 Na이다. 공유 결합 물질인 H₂O은 액체 상태에서 전기 전도성이 없고, 이온 결합 물질인 Na₂O은 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 (가)는 Na₂O, (다)는 H₂O이다.
 ㉠. (다)(H₂O)에는 공유 결합이 있다.
 ✕. (가)(Na₂O)는 이온 결합 물질로서 액체 상태에서 전기 전도성이 있고, (나)(Na)는 금속 결합 물질로서 액체 상태에서 전기 전도성이 있으나 (다)(H₂O)는 공유 결합 물질로서 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.
 ㉡. (나)(Na)는 Na⁺과 자유 전자 사이의 결합으로 이루어져 있으므로 (나)에는 자유 전자가 있다.

07 공유 결합 물질의 구조식

(가)와 (다)는 각각 BF₃와 NF₃ 중 하나이고, W는 F이다. (가)~(다) 중 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 것은 2가지인데, BF₃와 NF₃ 중 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하는 것

은 NF_3 1가지이므로 (나)에서 X와 Y가 모두 옥텟 규칙을 만족하려면 (나)는 COF_2 이어야 한다. 따라서 X는 C이고, Y는 O이며, COF_2 의 비공유 전자쌍 수($a-1$)는 8이므로 $a=9$ 이다. BF_3 의 비공유 전자쌍 수가 9이므로 (가)는 BF_3 이고, V는 B이며, (다)는 NF_3 이고, Z는 N이다.



- ㉠ 원자 번호는 $Z(\text{N}) > X(\text{C}) > V(\text{B})$ 이다.
- ㉡ $a=9$ 이고, (다)의 비공유 전자쌍 수는 10이므로 $x=a+1$ 이다.
- ㉢ (나)에는 C와 O 사이에 2중 결합이 있다.

08 공유 결합 물질의 구조식과 결합의 극성

C, N, O, F 중 3가지 원소로 구성되고, 분자에서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하며, 중심 원자에 서로 다른 원소의 두 원자가 결합한 분자는 FCN과 FNO인데 이 두 분자의 공통 원소인 F와 N 중 하나가 중심 원자로 참여하는 분자는 FNO이다. WXY와 WYZ의 공통 원소인 W와 Y 중 하나가 중심 원자로 참여하는 분자는 WYZ이므로 (나) WYZ는 FNO이고, (가) WXY는 FCN이다. 따라서 W~Z는 각각 F, C, N, O이다.



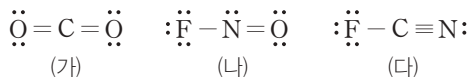
- ㉠ X는 C이다.
- ㉡ 공유 전자쌍 수는 (가)=(4) > (나)=(3)이다.
- ㉢ 전기 음성도는 $\text{F} > \text{O} > \text{N} > \text{C}$ 이므로 (가)에서 Y(N)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, (나)에서 Y(N)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

09 화학 결합 모형과 물질의 성질

X^{2+} 은 Mg^{2+} 이고 YZ^- 은 OH^- 이다. X는 Mg이고, 원자가 전자 수는 X가 2이고 $X > Z$ 이므로 Z는 H이고, Y는 O이다.
 ㉠ X~Z 중 2주기 원소는 Y(O) 1가지이다.
 ㉡ $\text{Y}_2(\text{O}_2)$ 에는 O와 O 사이에 2중 결합이 있다.
 ㉢ XY(MgO)는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

10 공유 결합 물질과 결합의 극성

옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소는 C, N, O, F이다. C, N, O, F 중 3가지 원소로 구성된 삼원자 분자 (나)와 (다)는 각각 FCN과 FNO 중 하나이다. FCN과 FNO의 비공유 전자쌍 수는 각각 4, 6이므로 (나)는 FNO이고, (다)는 FCN이다. (가)는 (나)와 (다)에 공통으로 포함된 F와 N를 제외한 C와 O로 구성된 삼원자 분자이고 비공유 전자쌍 수가 4이므로 (가)는 CO_2 이다.



- ㉠ Y는 (나)와 (다)에 공통으로 포함된 원소이므로 F와 N 중 하나이다.
- ㉡ 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자는 (나)에서 N이고, (다)에서 C이므로 서로 다른 원소이다.
- ㉢ (가)~(다)의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 3, 4이므로 $x+y+z=11$ 이다.

11 공유 결합

a 는 1 또는 2이고, (가)의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 (가)는 OF_2 이거나 O_2F_2 이다. c 는 1 또는 2이고, (나)의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 (나)는 NF_3 이거나 N_2F_2 이거나 N_2F_4 이다. 표는 OF_2 , O_2F_2 , NF_3 , N_2F_2 , N_2F_4 의 구성 원자 수와 비공유 전자쌍 수이다.

분자	(가)		(나)		
	OF_2	O_2F_2	NF_3	N_2F_2	N_2F_4
구성 원자 수	3	4	4	4	6
비공유 전자쌍 수	8	10	10	8	14

비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같으므로 (가)가 OF_2 이고 (나)가 N_2F_2 이거나, (가)가 O_2F_2 이고 (나)가 NF_3 이다. 구성 원자 수는 (나) > (가)이므로 (가)는 OF_2 이고, (나)는 N_2F_2 이다.

- ㉠ (가)는 OF_2 이므로 O_aF_b 에서 $a=1$ 이다.
- ㉡ (나)에는 N와 N 사이에 무극성 공유 결합이 있다.
- ㉢ (가)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{2} = 4$ 이다.

12 공유 결합

H_2XY_3 에서 옥텟 규칙을 만족하는 2주기 원자 X와 Y는 각각 C와 O이다. 따라서 H_2XY_3 는 H_2CO_3 이고, H_2CO_3 의 구조식은 다음과 같다.

$$\text{H--}\ddot{\text{O}}\text{--}\overset{\text{:O:}}{\parallel}{\text{C}}\text{--}\ddot{\text{O}}\text{--H}$$
 ㉠ H_2CO_3 에 같은 원소 사이의 결합이 없으므로 무극성 공유 결합이 없다.
 ㉡ $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{6}{6} = 1$ 이다.
 ㉢ 전기 음성도는 $\text{O} > \text{C}$ 이므로 X(C)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

본문 119~124쪽

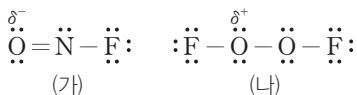
수능 3점 테스트

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

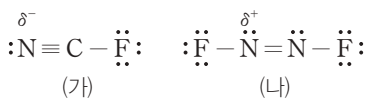
01 공유 결합 물질의 구조식과 결합의 극성

옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소는 C, N, O, F이고, 전기 음성도는 $F > O > N > C$ 이므로 (가)와 (나)에서 전하의 부호가 반대인 X는 N 또는 O이다.

X가 O인 경우에 가능한 (가)와 (나)는 다음과 같고, 비공유 전자쌍 수는 (나)가 10, (가)가 6이므로 (나)가 (가)의 2배가 아니다.



X가 N인 경우에 가능한 (가)와 (나)는 다음과 같고, 비공유 전자쌍 수는 (나)가 8, (가)가 4이므로 (나)가 (가)의 2배이다.



따라서 (가)는 FCN, (나)는 N_2F_2 이다.

✕. X는 N이다.

㉠. 전기 음성도는 $F > N > C$ 이므로 (가)에서 Y(C)는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

㉡. (가)에는 3중 결합이, (나)에는 2중 결합이 있으므로 (가)와 (나)에는 모두 다중 결합이 있다.

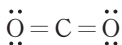
02 공유 결합

C, N, O, F에서 전기 음성도의 크기 순서와 원자가 전자 수의 크기 순서가 같으므로 X는 N, Y는 C이고, W와 Z는 각각 O, F 중 하나이다. 공유 전자쌍 수는 $Z_2 > W_2$ 인데 O_2 는 2, F_2 는 1이므로 Z는 O, W는 F이다.

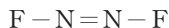
㉠. WYX(FCN)에는 3중 결합이 있다.



㉡. $\text{YZ}_2(\text{CO}_2)$ 에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{4}{4} = 1$ 이다.

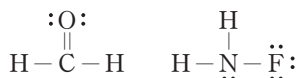


✕. $\text{X}_2\text{W}_2(\text{N}_2\text{F}_2)$ 에서 무극성 공유 결합은 2중 결합이다.



03 공유 결합

X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소이므로 각각 C, N, O, F 중 하나이다. X와 Y의 원자가 전자 수는 각각 a, a+2이므로 X와 Y는 각각 C와 O이거나 각각 N과 F이다. 구성 원자 수는 4이고, X와 Y의 원자 수는 같으므로 X와 Y가 각각 C와 O인 경우와 각각 N과 F인 경우의 (가)는 다음과 같다.



공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수보다 크므로 (가)는 CH_2O 이고, X와 Y는 각각 C와 O이다.

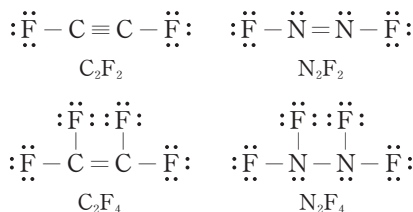
㉠. 전기 음성도는 $O > C$ 이므로 Y(O)는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

㉡. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 이다.

✕. C와 O 사이와 C와 H 사이의 결합이 모두 극성 공유 결합이므로 무극성 공유 결합은 없다.

04 분자식과 공유 결합

X가 O이면 O 원자 2개가 포함된 F의 화합물은 O_2F_2 뿐이므로 (가)와 (나) 2가지가 있을 수 없다. 따라서 X는 C 또는 N이다. X가 C인 경우에 (가)는 C_2F_2 , (나)는 C_2F_4 , (다)는 N_2F_4 이므로 공유 전자쌍 수는 (나)가 6, (다)가 5이므로 조건에 부합하지 않는다. X가 N인 경우에 (가)는 N_2F_2 이고, (나)는 N_2F_4 , (다)는 C_2F_4 이므로 공유 전자쌍 수는 (다)가 6, (나)가 5이므로 조건에 부합한다.



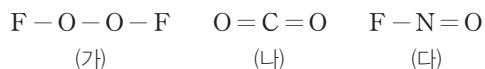
㉠. 원자가 전자 수는 $X(\text{N}) > Y(\text{C})$ 이다.

㉡. (가)와 (다)에는 각각 2중 결합이 있고, (나)에는 다중 결합이 없으므로 (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 것은 2가지이다.

㉢. 비공유 전자쌍 수는 (다)가 12, (가)가 8이므로 (다)가 (가)보다 4만큼 크다.

05 공유 결합과 결합의 극성

(가)에서 W는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠므로 전기 음성도는 $X > W$ 이고, (나)에서 W는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $W > Y$ 이다. 전기 음성도는 $X > W$ 인데, (다)에서 W는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠므로 전기 음성도는 $W > Z$ 이다. 따라서 전기 음성도는 $X > W > Y$ 이고, $X > W > Z$ 이며, $W \sim Z$ 는 C, N, O, F을 순서 없이 나타낸 것이므로 X는 F, W는 O이다. 따라서 (가)는 O_2F_2 이다. (다)는 O와 F 원자를 1개씩 포함하는 삼원자 분자이므로 FNO이고, Z는 N이다. 따라서 Y는 C이고, (나)는 CO_2 이다.



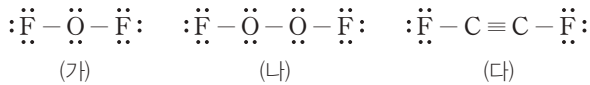
✕. W는 O이다.

㉠. 다중 결합이 있는 것은 (나)와 (다) 2가지이다.

㉔. 전기 음성도는 $F > O > N$ 이므로 (다)에서 $Z(N)$ 는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

06 공유 결합

X~Z는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소이므로 각각 C, N, O, F 중 하나이다. (가)(XY_2)는 공유 전자쌍 수가 2이므로 OF_2 이고, X는 O, Y는 F이다. (나)(O_2F_2)의 공유 전자쌍 수는 3이므로 $a=3$ 이다. (다)(Z_2F_2)의 공유 전자쌍 수는 5이므로 (다)는 C_2F_2 이고 Z는 C이다.



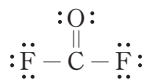
㉕. X는 O이다.

㉖. $a=3$ 이다.

㉗. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 10, (다)가 6이므로 비공유 전자쌍 수 비는 (나) : (다) = 5 : 3이다.

07 공유 결합

(가)에서 준비된 공은 **C** 2개, **O** 1개, **F** 3개이므로 이중 4개의 공으로 만들 수 있는 분자 모형 중 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하고 2중 결합이 있는 분자의 모형은 COF_2 의 분자 모형이다.



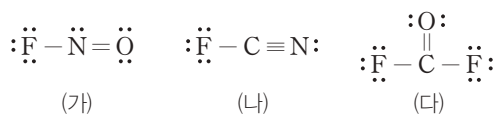
㉘. 구성 원소는 C, O, F이므로 가짓수는 3이다.

㉙. C와 O 사이와, C와 F 사이의 결합이 모두 극성 공유 결합이므로 무극성 공유 결합이 없다.

㉚. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{4} = 2$ 이다.

08 공유 결합

분자에서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하고, 구성 원소가 C, N, O, F 중 3가지인 삼원자 분자는 FCN과 FNO이 있는데, 단일 결합과 2중 결합의 수가 같은 (가)가 FNO이고, 단일 결합과 3중 결합의 수가 같은 (나)가 FCN이다. 따라서 Y는 O, Z는 C이고, W와 X는 각각 F과 N 중 하나이다. (다)는 $Z(C)$ 원자 1개, $Y(O)$ 원자 1개, W 원자 2개로 구성된 분자이고, (가)와 (나)에서 $x=1$ 이므로 단일 결합이 2개, 2중 결합이 1개인 (다)는 COF_2 이고, W는 F, X는 N이다.



㉛. X는 N이다.

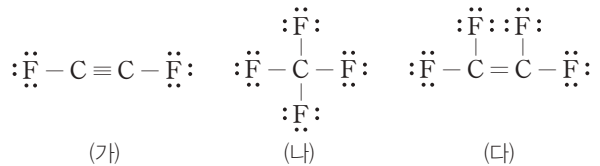
㉜. (가)~(다) 모두 같은 원소 사이의 결합이 없으므로 (가)~(다)

중 무극성 공유 결합이 있는 분자는 없다.

㉝. 비공유 전자쌍 수는 (다)가 8, (나)가 4이므로 (다)가 (나)의 2배이다.

09 공유 결합

X와 Y는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2주기 원소이므로 각각 C, N, O, F 중 하나이다. (나)는 무극성 공유 결합이 없으므로 같은 원소 간 결합이 없다. 또한 2중 결합이 없고 구성 원자 수가 5이므로 CF_4 이다. 따라서 X와 Y는 각각 C와 F 중 하나이다. (가)는 C와 F으로 구성되어 있고, 무극성 공유 결합이 있으므로 같은 원소 간 결합이 있다. 또한 2중 결합이 없고 구성 원자 수가 4이므로 C_2F_2 이다. (다)는 C와 F으로 구성되어 있고, 무극성 공유 결합이 있으므로 같은 원소 간 결합이 있다. 또한 2중 결합이 1개 있고 구성 원자 수가 6이므로 C_2F_4 이다.



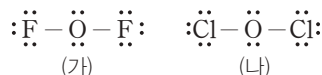
㉞. X와 Y는 각각 C와 F 중 하나이고, C와 F의 원자가 전자 수는 각각 4, 7이므로 X와 Y의 원자가 전자 수 합은 11이다.

㉟. 다중 결합이 있는 분자는 (가)와 (다) 2가지이다.

㊱. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (나)가 $\frac{12}{4}=3$ 이고, (다)가 $\frac{12}{6}=2$ 이므로 (나)가 (다)의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

10 공유 결합

X~Z는 옥텟 규칙을 만족하며 분자를 구성하는 2, 3주기 원소이므로 각각 C, N, O, F, Si, P, S, Cl 중 하나이다. (나)는 구성 원소가 Y, Z 2가지이고, 공유 전자쌍 수가 2인 삼원자 분자이므로 OF_2 , Cl_2O , SF_2 , SCl_2 중 하나이다. 전기 음성도는 $Y > Z$ 인데 원자가 전자 수는 $Z > Y$ 이므로 Y와 Z는 같은 주기 원소일 수 없다. 따라서 Y는 2주기 원소이고, Z는 3주기 원소이다. 이를 모두 만족하는 (나)는 Cl_2O 이고, Y는 O, Z는 Cl이다. 전기 음성도가 $X > Y(O)$ 이므로 X는 F이고, (가)는 $X(F)$ 와 $Y(O)$ 로 구성된 삼원자 분자이므로 OF_2 이다. OF_2 의 공유 전자쌍 수(a)는 2이다.



㊲. Y는 O이다.

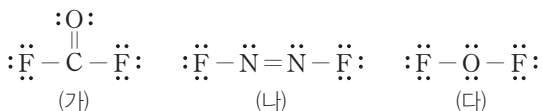
㊳. OF_2 의 공유 전자쌍 수는 2이므로 $a=2$ 이다.

㊴. (나)에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{2} = 4$ 이다.

11 공유 결합과 비공유 전자쌍 수

(가)~(다)에서 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하고 (가)~(다) 모두

비공유 전자쌍이 8이므로 (가)~(다)의 구성 원자 수는 2 이하일 수 없다. 따라서 (가)와 (나)는 각각 사원자 분자이고, (다)는 삼원자 분자이다. (다)는 구성 원자 수가 3이고, 비공유 전자쌍이 8이므로 구성 원자당 비공유 전자쌍 수의 가능한 조합은 (2, 3, 3)뿐이고, 이에 해당하는 분자는 OF_2 이다. 원자가 전자 수는 $Y > X$ 이고, $Z > W$ 이므로 $W \sim Z$ 는 각각 C, O, F, N이다. (가)는 C, O, F으로 구성되고 비공유 전자쌍 수가 8인 사원자 분자이므로 COF_2 이고, (나)는 F, N로 구성되고 비공유 전자쌍 수가 8인 사원자 분자이므로 N_2F_2 이다.



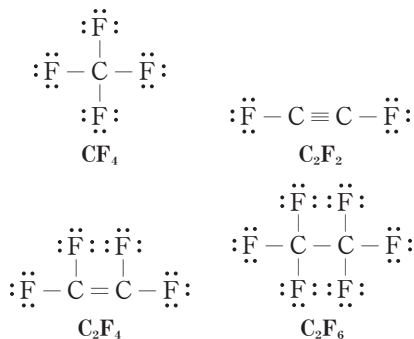
✕. (나)는 N_2F_2 이다.

○. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4, (다)가 2이므로 (가)가 (다)의 2배이다.

○. 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (나) 1가지이다.

12 공유 결합

구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하고, C 원자 수가 1 또는 2이면서 C와 F으로 구성된 분자는 CF_4 , C_2F_2 , C_2F_4 , C_2F_6 이 있다.



4가지 분자의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	CF_4	C_2F_2	C_2F_4	C_2F_6
공유 전자쌍 수	4	5	6	7
비공유 전자쌍 수	12	6	12	18

비공유 전자쌍 수는 (다) > (나) > (라)이므로 (다)는 C_2F_6 , (라)는 C_2F_2 이며, (가)와 (나)는 각각 CF_4 과 C_2F_4 중 하나이다. 공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이므로 (가)는 C_2F_4 , (나)는 CF_4 이다.

✕. (나)(CF_4)에는 같은 원소 간 결합이 없으므로 무극성 공유 결합이 없다.

○. (다)(C_2F_6)에 있는 결합은 모두 단일 결합이므로 (다)에는 다중 결합이 없다.

○. $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 는 (가)가 $\frac{12}{6}=2$ 이고, (라)가 $\frac{6}{5}$ 이므로 (가)가 (라)의 $\frac{5}{3}$ 배이다.

09 분자의 구조와 성질

수능 2점 테스트

분문 133~135쪽

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

01 결합각과 분자의 쌍극자 모멘트

BeF_2 은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고 중심 원자에 결합된 원자가 2개인 분자로, 결합각이 180° 이며 분자 모양이 직선형이다. H_2O 은 중심 원자에 2개의 비공유 전자쌍이 있고 중심 원자에 결합된 원자가 2개인 분자로, 결합각이 104.5° 이며 분자 모양이 굽은 형이다.

✕. 결합각은 (가)(180°) > (나)(104.5°)이다.

○. F은 Be보다 전기 음성도가 크기 때문에 (가)에서 F은 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

✕. (나)는 분자 모양이 굽은 형인 분자로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

02 분자의 구조와 극성

BCl_3 는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 분자 모양이 평면 삼각형인 무극성 분자이다. NH_3 는 중심 원자에 1개의 비공유 전자쌍이 있고, 분자 모양이 삼각뿔형인 극성 분자이다. CH_4 은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, 분자 모양이 정사면체형인 무극성 분자이다.

○. 무극성 분자인 BCl_3 와 CH_4 중 분자 모양이 정사면체형인 CH_4 은 입체 구조이고, 분자 모양이 평면 삼각형인 BCl_3 는 평면 구조이다.

○. 극성 분자인 NH_3 의 중심 원자인 N에는 1개의 비공유 전자쌍이 존재한다.

✕. ○(BCl_3)에서 B는 3개의 전자쌍을 가지므로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

03 분자의 모양과 결합각

H_2O , CH_4 , NH_3 의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	H_2O	CH_4	NH_3
결합각	104.5°		107°
중심 원자의 비공유 전자쌍 수	2	0	1

(가)~(다)는 각각 CH_4 , NH_3 , H_2O 이다.

✕. (가)는 CH_4 이다.

㉠. (나)(NH₃)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 존재하며 분자 모양은 삼각뿔형이다.

㉡. (다)(H₂O)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 존재하고, 분자 모양은 굽은 형이며 결합각은 104.5°이다.

04 물질의 극성

극성 분자는 전기장 속에서 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠는 부분이 전기장의 (+)극 쪽으로, 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠는 부분은 전기장의 (-)극 쪽으로 향하도록 배열된다.

㉠. 전기장 속에서 분자들이 불규칙하게 배열된 (가)는 무극성 분자로 구성된 물질인 CO₂이다.

㉡. (나)(OF₂)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

㉢. (가)(CO₂)는 분자 모양이 직선형이며 결합각이 180°이고, (나)(OF₂)는 분자 모양이 굽은 형이며 결합각이 180°보다 작다. 따라서 결합각은 (가) > (나)이다.

05 루이스 전자점식과 분자의 구조

X~Z는 각각 C, O, F이다.

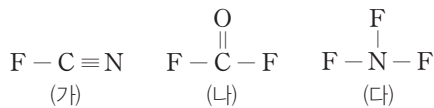
㉡. Y₂(O₂)는 2개의 O 원자가 2중 결합을 하여 생성된 분자로 공유 전자쌍 수가 2, 비공유 전자쌍 수가 4인 분자이다.

㉢. XY₂(CO₂)는 1개의 C 원자와 2개의 O 원자가 각각 2중 결합을 하여 생성된 분자로 분자 모양은 직선형이며, 결합각은 180°이다.

㉣. YZ₂(OF₂)는 1개의 O 원자와 2개의 F 원자가 각각 단일 결합을 하여 생성된 분자로 분자 모양은 굽은 형이다.

06 분자의 구조

(가)~(다)의 구조식은 다음과 같다.



㉠. (가)에는 F과 C 사이에 1개의 공유 전자쌍, N과 C 사이에 3개의 공유 전자쌍이 존재한다.

㉢. (나)의 분자 모양은 4개의 원자가 모두 동일한 평면에 존재하는 평면 삼각형이다.

㉣. (다)에는 3개의 공유 전자쌍과 N와 F에 비공유 전자쌍이 각각 1개, 3개가 존재하므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{10}{3}$ 이다.

07 화학 결합 모형과 분자의 구조

(가)와 (나)는 각각 CO₂와 OF₂이다.

㉠. (가)(CO₂)와 (나)(OF₂)의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 2이다.

㉢. (가)(CO₂)는 직선형이므로 결합각은 180°이고, (나)(OF₂)는 굽은 형이므로 결합각은 180°보다 작다.

㉣. (가)(CO₂)와 (나)(OF₂)에서 옥텟 규칙을 만족하는 원자의 수는 각각 3으로 같다.

08 분자의 구조와 전기 음성도

㉠. (가)는 H 원자 1개와 F 원자 1개로 이루어진 HF이다. 따라서 a는 2이다.

㉡. (나)는 H 원자 3개와 N 원자 1개로 이루어진 NH₃로 X는 N이고, 중심 원자인 X(N)에 1개의 비공유 전자쌍이 있다.

㉣. (다)는 H 원자 4개와 C 원자 1개로 이루어진 CH₄이다. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 증가하므로 전기 음성도는 X(N) > Y(C)이다.

09 전자쌍 사이의 반발력

CH₄는 중심 원자인 C의 주위에 4개의 공유 전자쌍이 서로 반발하여 분자 모양이 정사면체형이고, 결합각은 109.5°이다. NH₃는 중심 원자인 N의 주위에 3개의 공유 전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 서로 반발하여 분자 모양이 삼각뿔형이고, 결합각은 107°이다. NH₃의 결합각이 CH₄의 결합각보다 작은 이유는 비공유 전자쌍-공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍-공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문이다.

10 물질의 극성

㉠. 무극성 물질은 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 대전체에 거의 끌려가지 않는다. (가)에서 X는 대전체에 거의 끌려가지 않았으므로 무극성 물질인 헥세인이다.

㉢. 물은 극성 물질로 (-)대전체를 가까이 가져가면 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠는 H 원자가 대전체 쪽으로 끌려간다. 따라서 Y는 물이다.

㉣. Y(물)는 (-)대전체에 끌려가므로 극성 물질이며 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

11 분자의 구조와 결합각

H₂O, BeF₂, NH₃의 분자 모양은 각각 굽은 형, 직선형, 삼각뿔형이고, α~γ는 각각 104.5°, 180°, 107°이다. 따라서 결합각은 β > γ > α이다.

12 분자의 구조와 전기 음성도

㉡. XZ₃(BF₃)는 중심 원자에 3개의 공유 전자쌍이 존재하며 분자 모양은 평면 삼각형이다.

㉢. YW₃(NH₃)의 Y(N)는 전기 음성도가 W(H)보다 크므로 YW₃에서 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.

㉣. WZ(HF)의 Z(F)에는 3개의 비공유 전자쌍이, YW₃(NH₃)의 Y(N)에는 1개의 비공유 전자쌍이 존재하므로 비공유 전자쌍 수는 WZ(HF)가 YW₃(NH₃)의 3배이다.

분문 136~141쪽

수능 3점 테스트

01 ㉓	02 ㉔	03 ㉕	04 ㉑	05 ㉑	06 ㉓
07 ㉒	08 ㉓	09 ㉔	10 ㉓	11 ㉒	12 ㉒

01 분자의 구조

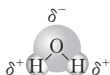
㉑. 중심 원자가 2주기 원소인 분자에서 중심 원자에 결합된 원자 수가 2이면서, 분자 모양이 직선형인 분자의 중심 원자에 존재하는 비공유 전자쌍 수는 0(㉑)이다. 중심 원자가 2주기 원소인 분자에서 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 1이면서, 분자 모양이 삼각뿔형인 분자의 중심 원자에 결합된 원자 수는 3(㉒)이다. 따라서 ㉑+㉒=3이다.

㉒. 중심 원자가 2주기 원소인 분자에서 중심 원자에 결합된 원자 수가 3이면서, 중심 원자에 비공유 전자쌍 수가 0이면 전자쌍 반발 이론에 의해 3개의 전자쌍은 동일한 평면에 존재하며 분자 모양은 평면 삼각형이 된다.

㉓. (나)는 분자 모양이 삼각뿔형이므로 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아니다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

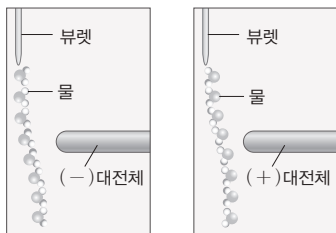
02 물의 극성

물은 극성 분자로서 O는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.



㉑. 물줄기에 (-)대전체를 가까이 가져가면 물 분자에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 H 원자 쪽이 대전체 쪽으로 끌려간다.

㉒. 물줄기에 (+)대전체를 가까이 가져가면 물 분자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 O 원자 쪽이 대전체 쪽으로 끌려간다.



㉓. 에탄올(C_2H_5OH)은 극성 물질이므로 에탄올 줄기는 대전체에 끌려간다.

03 분자의 구조

㉓. X(C), Y(O), Z(F)로 구성된 분자 중 분자 내의 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 경우, $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = 4$ 인 분자 (가)는 OF_2 이다. OF_2 는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개가 존재하며 분자의 모양은 굽은 형이다.

㉑. X(C), Y(O), Z(F)로 구성된 분자 중 분자의 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 경우, 분자 모양이 평면 삼각형인 분자는 COF_2 이므로 (나)는 $XYZ_2(COF_2)$ 이다.

㉒. (가)(OF_2)와 (나)(COF_2)의 비공유 전자쌍 수는 모두 8로 같다.

04 분자의 구조

㉑. 분자식이 XYZ 이고 분자의 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 분자 중 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같은 분자는 FCN이다. 따라서 $x=4$ 이고, YX_4 는 CF_4 이다. X(F)는 17족 원소로 원자가 전자 수가 7이다.

㉒. $YX_4(CF_4)$ 의 공유 전자쌍 수는 $x(=4)$, 비공유 전자쌍 수는 $3x(=12)$ 이다.

㉓. $ZX_3(NF_3)$ 는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개이고, 분자 모양이 삼각뿔형이다.

05 이온의 구조

$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2 \square X$ 에서 X는 H_2O 이다.

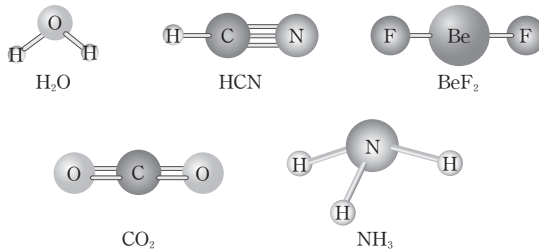
㉑. X(H_2O)와 OH^- 의 공유 전자쌍 수는 각각 2, 1이므로 공유 전자쌍 수는 X(H_2O)가 OH^- 의 2배이다.

㉒. X(H_2O)는 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 2이고, 분자 모양은 굽은 형이다.

㉓. X(H_2O)는 중심 원자의 공유 전자쌍 수가 2, 비공유 전자쌍 수가 2이므로 결합각은 104.5° 이고, H_3O^+ 은 중심 원자의 공유 전자쌍 수가 3, 비공유 전자쌍 수가 1이므로 결합각은 104.5° 보다 크다. 따라서 결합각은 $H_3O^+ > X(H_2O)$ 이다.

06 물질의 극성과 분자의 구조

H_2O , HCN, BeF_2 , CO_2 , NH_3 의 분자 구조는 다음과 같다.



(가) 영역에는 극성 분자이면서 분자 모양이 직선형이 아닌 H_2O , NH_3 가 속하고, (나) 영역에는 극성 분자이면서 분자 모양이 직선형인 HCN가 속하며, (다) 영역에는 무극성 분자이면서 분자 모양이 직선형인 BeF_2 , CO_2 가 속한다. 따라서 (가)~(다) 영역에 속하는 분자의 가짓수는 각각 2, 1, 2이다.

07 무극성 공유 결합과 분자의 극성

H와 2주기 원소 X로 구성된 분자이면서 무극성 공유 결합이 있

는 (가)로 가능한 분자는 C_2H_2 , N_2H_2 , H_2O_2 이다. 이 중 비공유 전자쌍 수 > 공유 전자쌍 수인 분자는 H_2O_2 이므로 (가)는 H_2O_2 이다. 비공유 전자쌍 수 > 공유 전자쌍 수인 (나)는 HF이다.

✕. (나)는 HF이므로 $x=2$ 이다.

Ⓒ. HF에서의 전기 음성도는 $F > H$ 이므로 HF는 극성 분자이다.

✕. X는 O이고, Y는 F이다. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 증가하므로 전기 음성도는 $Y(F) > X(O)$ 이다.

08 분자의 공유 전자쌍 수와 결합각

H_2O , BeF_2 , CH_4 , CO_2 의 공유 전자쌍 수, 비공유 전자쌍 수, 결합각은 다음과 같다.

분자	H_2O	BeF_2	CH_4	CO_2
공유 전자쌍 수	2	2	4	4
비공유 전자쌍 수	2	6	0	4
결합각(°)	104.5	180	109.5	180

따라서 (가)는 BeF_2 , (나)는 CO_2 , (다)는 H_2O , (라)는 CH_4 이다.

Ⓒ. (나)는 공유 전자쌍 수가 4이며 결합각이 180° 인 CO_2 이다. (나)(CO_2)는 직선형 분자로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다.

Ⓒ. a 는 4이며 x 는 180이다. 따라서 $\frac{x}{a} = \frac{180}{4} = 45$ 이다.

✕. 비공유 전자쌍 수가 가장 큰 것은 (가)(BeF_2)이다.

09 물질의 극성과 용해

Ⓐ과 Ⓒ은 각각 극성 물질과 무극성 물질이다.

✕. 극성 용매에 잘 용해되는 Ⓐ은 극성 물질이다.

Ⓒ. CCl_4 는 무극성 물질로 무극성 용매인 $C_6H_{14}(l)$ 에 잘 용해되므로 CCl_4 는 X로 적절하다.

Ⓒ. HCN는 극성 물질이므로 $H_2O(l)$ 에 잘 용해된다.

10 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수

2주기 원소로 구성된 분자 (나)는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 각각 2, 8인 OF_2 이다.

Ⓒ. Y가 O이므로 (가)는 CO_2 이고, CO_2 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 각각 4로 같으므로 Ⓒ은 ⓪ 이다.

Ⓒ. (나)(OF_2)는 중심 원자에 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 있고 분자 모양은 굽은 형이다.

✕. X와 Z가 각각 C, F이므로 (다)는 CF_4 이고, $a=4$ 이다.

11 분자의 구조

수소(H)와 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가)~(다)로 가능한 분자는 HF, H_2O , NH_3 , CH_4 이다. 이 중 분자를 구성하는 원

자 수가 2인 분자는 HF이므로 (가)는 HF이다. 분자의 공유 전자쌍 수가 (가)(HF)의 3배인 (나)는 NH_3 이다. (나)(NH_3)의 결합각은 107° 이고 결합각이 (나)(NH_3)보다 작은 (다)는 결합각이 104.5° 인 H_2O 이다.

✕. (나)(YH_b)는 NH_3 이고 Y(N)의 원자가 전자 수는 5이다.

Ⓒ. (나)(YH_b)와 (다)(H_cZ)는 각각 NH_3 , H_2O 이므로 b 와 c 는 각각 3, 2이다. 따라서 $b+c=5$ 이다.

✕. (다)(H_2O)의 비공유 전자쌍 수는 2이다.

12 분자의 전자쌍 수와 결합각

BeF_2 , BCl_3 , CO_2 , CF_4 의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 와 결합각(°)은 다음과 같다.

분자	BeF_2	BCl_3	CO_2	CF_4
비공유 전자쌍 수	6	9	4	12
공유 전자쌍 수	2	3	4	4
$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$	3	3	1	3
결합각(°)	180	120	180	109.5

(가)~(라)는 각각 BCl_3 , BeF_2 , CF_4 , CO_2 이고, x 와 y 는 각각 3, 1이고, α 와 β 는 각각 120, 109.5이다.

✕. $\frac{y}{x} = \frac{1}{3}$ 이다.

✕. (가)(BCl_3)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.

Ⓒ. $\alpha > \beta$ 이다.

10 동적 평형

수능 **2점** 테스트

본문 150~152쪽

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

01 가역 반응

가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응으로 화학 반응식을 나타낼 때는 \rightleftharpoons 를 이용한다. 가역 반응에서 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아지면 동적 평형에 도달한다.

02 동적 평형

㉠ 동적 평형에 도달할 때까지 $I_2(s)$ 의 양은 감소하고, $I_2(g)$ 의 양은 증가하므로 $x < b$, $y > b$ 이다. 따라서 $y > x$ 이며, $\frac{y}{x} > 1$ 이다.

㉡ 동적 평형에 도달할 때까지 $I_2(g)$ 의 양이 증가하므로 $I_2(g)$ 이 $I_2(s)$ 으로 승화되는 속도는 $2t$ 일 때가 t 일 때보다 크다.

㉢ $2t$ 에서 동적 평형에 도달하였으므로 $2t$ 이후에 $I_2(g)$ 의 양은 변하지 않는다.

03 가역 반응과 동적 평형

㉠ 물에 $CO_2(g)$ 를 녹이면 $CO_2(aq)$ 에서 $CO_2(g)$ 가 빠져나오는 반응도 함께 일어나므로 물에 $CO_2(g)$ 를 녹이는 반응은 가역 반응이다.

㉡ 물에 $CO_2(g)$ 를 녹여 만든 탄산수($CO_2(aq)$)가 들어 있는 병의 뚜껑을 닫고 충분한 시간이 지나면 동적 평형에 도달하여 병 내부에서 $CO_2(g)$ 와 $CO_2(aq)$ 의 양은 일정하게 유지된다.

㉢ $CO_2(aq)$ 에서 $CO_2(g)$ 가 빠져나가는 반응은 $CO_2(g)$ 가 물에 녹는 반응의 역반응이다.

04 H_2O 의 상평형

㉠ 온도가 일정할 때 밀폐된 진공 용기 안에서 동적 평형에 도달할 때까지 $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 증가한다. 따라서 ㉠은 $H_2O(g)$ 의 응축 속도이다.

㉡ 동적 평형 상태에 도달할 때까지 $H_2O(g)$ 의 양이 증가하므로 $H_2O(g)$ 의 양은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 많다.

㉢ 동적 평형 상태에서는 정반응과 역반응의 속도가 같아 반응물

과 생성물의 양이 일정하게 유지된다.

05 가역 반응과 동적 평형

밀폐된 진공 용기에 $A(l)$ 를 넣으면 증발이 일어나며 $A(l)$ 의 양(mol)은 감소하고, $A(g)$ 의 양(mol)은 증가한다.

㉠ (나)는 동적 평형 상태이므로 $A(g)$ 의 양은 일정하게 유지된다.

㉡ 시간이 지날수록 용기 속 $A(l)$ 의 양(mol)은 감소하므로 $A(l)$ 의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 많다.

㉢ 응축 속도는 $A(g)$ 의 양(mol)이 증가함에 따라 빨라지므로

$\frac{A(g) \text{의 응축 속도}}{A(l) \text{의 증발 속도}}$ 는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

06 가역 반응과 동적 평형

밀폐된 진공 용기에 $H_2O(l)$ 을 넣으면 증발에 의해 $H_2O(g)$ 가 생성되므로 $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 점점 빨라지고, 동적 평형에 도달하면 $H_2O(l)$ 의 증발 속도와 $H_2O(g)$ 의 응축 속도가 같아진다.

㉠ t_2 일 때 동적 평형에 도달하였으므로 $H_2O(l)$ 의 증발 속도와 $H_2O(g)$ 의 응축 속도가 같다. 따라서 $x=1$ 이다.

㉡ t_2 일 때 동적 평형에 도달하였으므로 $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 t_2 일 때와 t_3 일 때가 같다.

㉢ 시간이 흐름에 따라 $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 감소하고, $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 증가하므로 $\frac{H_2O(l) \text{의 양(mol)}}{H_2O(g) \text{의 양(mol)}}$ 은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크다.

07 물과 수용액의 pH

㉠ 25°C 에서 $K_w = 1 \times 10^{-14} = [H_3O^+][OH^-]$ 이므로 (가)에서 $[OH^-] = x \text{ M} = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

㉡ $x = 1 \times 10^{-7}$ 이므로 (나)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이고, $\text{pH} = 6.0$ 이다. 25°C 에서 $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이며, $\text{pOH} = 8.0$ 이다.

㉢ (가)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 H_3O^+ 의 양 = $1 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL} = 5 \times 10^{-6} \text{ mmol}$ 이다. (나)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이므로 H_3O^+ 의 양 = $1 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \times 25 \text{ mL} = 25 \times 10^{-6} \text{ mmol}$ 이다. 따라서 H_3O^+ 의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 5배이다.

08 수용액의 $[H_3O^+]$ 와 pOH

25°C 에서 $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다. $\text{pH} = -\log[H_3O^+]$ 이므로 $[H_3O^+]$ 가 클수록 pH는 작다. (가)와 (다)는 H_3O^+ 의 양(mol)은 같고, 부피는 (가) > (다)

이므로 $[H_3O^+]$ 는 (다) > (가)이다. 따라서 pH는 (가) > (다)이다. pOH는 (가) > (나)이므로 pH는 (나) > (가)이다. 따라서 (가)~(다)의 pH를 비교하면 (나) > (가) > (다)이다.

09 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$

㉠. $t^\circ C$ 에서 물의 자동 이온화 반응($H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$)에 의해 생성된 H_3O^+ 의 농도가 $1 \times 10^{-7} M$ 이고, $K_w = [H_3O^+][OH^-]$ 이며 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 이므로 $K_w = 1 \times 10^{-14}$ 이다.

㉡. $t^\circ C$ 에서 $K_w = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 (가)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-9} M$ 이다. (가) 100 mL에 포함된 OH^- 의 양은 $1 \times 10^{-9} mol/L \times 0.1 L = 1 \times 10^{-10} mol$ 이다.

㉢. $t^\circ C$ 에서 $K_w = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $pH + pOH = 14.0$ 이다. (가)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} M$ 이므로 (가)의 $pH = 5.0$, $pOH = 9.0$ 이고, (나)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-4} M$ 이므로 (나)의 $pOH = 4.0$, $pH = 10.0$ 이다. 따라서 $\frac{(가)의 pOH}{(나)의 pH} = \frac{9.0}{10.0} < 1$ 이다.

10 설탕 수용액의 동적 평형

㉠. 설탕이 물에 용해되는 반응에서 동적 평형에 도달하면 설탕이 용해되는 속도와 석출되는 속도가 같아져 겉보기에는 설탕이 더 이상 용해되지 않는 것으로 보인다. 따라서 (가)에서 설탕의 $\frac{석출 속도}{용해 속도} = 1$ 이다.

㉡. (나)는 동적 평형 상태이므로 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량은 일정하게 유지된다.

㉢. 물의 양이 더 많은 (나)에서 더 많은 질량의 설탕이 용해될 수 있다. 따라서 물에 용해된 설탕의 질량은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

11 수용액의 pH와 pOH

㉠. $NaOH(aq)$ 은 염기성 물질이므로 $pH > pOH$ 이다. 따라서 (가)는 pH이다.

㉡. pH와 pOH가 y 로 같은 A는 중성인 물질이며 $25^\circ C$ 에서 $K_w = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $y = 7.0$ 이다. 또한 $pH + pOH = 14.0$ 이므로 $2x + x = 14.0$ 이고, $x = \frac{14}{3}$ 이다. 따라서 $x + y < 12.0$ 이다.

㉢. A는 중성인 물질이고, B는 pOH가 pH보다 큰 산성 물질이므로, OH^- 의 몰 농도(M)는 $A > B$ 이다.

12 수용액의 pH와 pOH

㉠. $25^\circ C$ 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이므로 (가)에서 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = 1000$ 의 양변에 $-\log$ 를 씌우면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$-\log \frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = -\log 1000$$

$$-\log[OH^-] + \log[H_3O^+] = -3.0$$

$pOH - pH = -3.0$, $(14.0 - pH) - pH = -3.0$, $2pH = 17.0$ 따라서 (가)의 $pH = 8.5$ 이고 액성은 염기성이다.

㉡. (가)의 $pH = 8.5$ 이며, $pH + pOH = 14.0$ 이므로 (가)의 $pOH = 5.5$ 이다.

㉢. $\frac{(나)의 pH}{(가)의 pOH} = \frac{(나)의 pH}{5.5} = 2$ 이므로 (나)의 pH는 11.0이다.

다. 따라서 (가)와 (나)의 $\frac{pOH}{pH}$ 는 각각 $\frac{5.5}{8.5}$, $\frac{3.0}{11.0}$ 이므로 $\frac{pOH}{pH}$ 는 (가) > (나)이다.

수능 3점 테스트

본문 153~158쪽

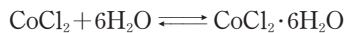
01 ④	02 ①	03 ③	04 ②	05 ③	06 ①
07 ⑤	08 ⑤	09 ①	10 ③	11 ④	12 ④

01 가역 반응

㉡. ㉠($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)은 염화 코발트(II)와 물이 반응하여 생성된 물질로 붉은색을 띤다.

㉢. 염화 코발트(II)와 물의 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.

㉣. 염화 코발트(II)와 물의 반응은 가역 반응으로서 다음과 같은 화학 반응식으로 표현할 수 있다.



02 설탕 수용액에서의 용해 평형

설탕 수용액에서 동적 평형 상태에 도달하면 설탕의 용해 속도와 설탕의 석출 속도는 같아진다.

㉠. (가)에서 t_1 일 때 동적 평형 상태에 도달하였으므로 녹지 않고 남아 있는 고체 설탕의 질량은 이후에도 일정하게 유지된다. 따라서 $x = c$ 이다.

㉡. (나)에서 t_1 일 때는 동적 평형 상태에 도달하기 전이므로 설탕의 용해 속도가 설탕의 석출 속도보다 빠르다. 따라서 설탕의 $\frac{석출 속도}{용해 속도} < 1$ 이다.

㉢. (가)에서 t_2 일 때는 동적 평형 상태이므로 설탕의 용해 속도와 설탕의 석출 속도가 같아서 겉보기에는 설탕이 용해되는 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이지만 실제로는 끊임없이 용해와 석출이 일어난다.

03 상평형

㉠. t_2 일 때 동적 평형 상태에 도달하였고 외부 요인에 의한 영향이 없었으므로 t_3 일 때 $X(l)$ 와 $X(g)$ 는 동적 평형 상태이다.

㉡. $X(g)$ 의 응축 속도는 $X(g)$ 의 양(mol)이 많아질수록 증가하므로 $X(g)$ 의 응축 속도는 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

㉢. t_2 일 때 $X(l)$ 의 양이 0.9 mol이므로 t_1 일 때 $X(l)$ 의 양을 x mol이라고 하면, $19 : 18 = x : 0.9$ 이다. 따라서 t_1 일 때 $X(l)$ 의 양은 0.95 mol, $X(g)$ 의 양은 0.05 mol이고,
 $\frac{t_2 \text{일 때 } X(g) \text{의 양(mol)}}{t_1 \text{일 때 } X(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{0.1}{0.05} = 2$ 이다.

04 설탕 수용액의 동적 평형

물에 대한 설탕의 용해도는 온도에 의해 결정되므로 25°C 에서 비커 I, II에 담긴 설탕 수용액의 최종 농도는 같다. II에서 수용액의 농도가 $2t$ 이후 변하지 않으므로 II의 수용액은 $2t$, $3t$ 일 때, I의 수용액은 $3t$ 일 때 동적 평형을 이루고 있다.

㉡. $2t$ 일 때 II에서는 동적 평형을 이루고 있으므로 설탕의 $\frac{\text{석출 속도}}{\text{용해 속도}} = 1$ 이다.

㉢. $3t$ 일 때 I의 수용액은 포화 상태이므로 설탕을 더 넣어도 농도는 증가하지 않는다.

㉣. 수용액에 용해된 설탕의 양이 많아지면 석출 속도가 증가하므로 I에서 설탕의 석출 속도는 $3t$ 일 때가 $2t$ 일 때보다 크다.

05 H_2O 의 상평형

밀폐된 진공 용기에 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣으면 증발하여 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 생성된다. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 같아지면 동적 평형에 도달한다.

㉠. $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 증가함에 따라 빨라진다. 따라서 ㉠은 H_2O 의 응축 속도이다.

㉢. 동적 평형 상태에 도달하면 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 같아진다. 따라서 t_3 일 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 는 동적 평형 상태이다.

㉡. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 동적 평형 상태에 도달하기 전까지 시간이 지날수록 감소하므로 t_2 일 때가 t_3 일 때보다 많다.

06 물질의 부피와 pH

㉠. (가)~(다) 중 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 pH가 7.0이며 $\text{HCl}(aq)$ 은 pH가 7.0보다 작고, $\text{NaOH}(aq)$ 은 pH가 7.0보다 크므로 (가)~(다)는 각각 $\text{HCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{NaOH}(aq)$ 이다. 따라서 $k=3.5$ 이다.

㉡. (다)는 pH가 10.5인 $\text{NaOH}(aq)$ 이다. 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14} 이고, $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이므로 (다)의 $\text{pH} = 10.5$ 이고 $\text{pOH} = 3.5$ 이다.

㉢. (가)는 pH가 3.5인 $\text{HCl}(aq)$ 이므로 (가)에서 H_3O^+ 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-3.5} \text{ mol/L} \times V \text{ L} = 1 \times 10^{-3.5} V \text{ mol}$ 이고, (다)는 pOH가 3.5인 $\text{NaOH}(aq)$ 이므로 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-3.5} \text{ mol/L} \times 100V \text{ L} = 1 \times 10^{-1.5} V \text{ mol}$ 이다.

따라서 $\frac{\text{(다)에서 } \text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{1 \times 10^{-1.5} V}{1 \times 10^{-3.5} V} = 10^2$ 이다.

07 $\text{HCl}(aq)$ 의 pH

㉠. (나)에 녹아 있는 HCl 의 질량은 (가)의 2배이고, (나)의 부피는 (가)의 20배이다. 따라서 (나)의 몰 농도는 (가)의 $\frac{1}{10}$ 배이다.

$\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도가 $\frac{1}{10}$ 배가 되면 pH는 1.0만큼 증가하므로 (나)의 pH는 (가)보다 1.0만큼 크고, $4x + 1.0 = 6x$ 이다. 따라서 $x = 0.5$ 이다.

㉢. (가)의 $\text{pH} = 2.0$ 이고, $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다.

㉣. (다)는 (가)보다 pH가 1.0만큼 작으므로 (다)의 몰 농도는 (가)의 10배이다. (다)의 부피가 (가)의 $\frac{1}{5}$ 배이므로 (다)의 몰 농도가 (가)의 10배가 되기 위해서는 (다)에 녹아 있는 HCl 의 양(mol)이 (가)의 2배여야 한다. 따라서 $a = 2$ 이다.

08 pH와 pOH

25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14} 이고, $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$ 이다. (가)에서 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}} = \frac{\text{pH}}{14.0 - \text{pH}} = 6$ 이므로 (가)는 $\text{pH} = 12.0$, $\text{pOH} = 2.0$ 인 염기성 수용액이다.

㉠. (가)~(다) 중 염기성 수용액은 $\text{NaOH}(aq)$ 뿐이므로 (가)는 $x \text{ M NaOH}(aq)$ 이다. 또한 $[\text{H}_3\text{O}^+] \text{는 (나)} > \text{(다)}$ 이므로 (나)는 $x \text{ M HCl}(aq)$, (다)는 $\frac{x}{10} \text{ M HCl}(aq)$ 이다.

㉢. (가)($\text{NaOH}(aq)$)의 $\text{pOH} = 2.0$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다. 따라서 $x = 0.01$ 이다.

㉣. (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 (다)의 $\text{pH} = 3.0$, $\text{pOH} = 11.0$ 이다.

09 몰 농도와 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$

㉠. 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14} 이고, $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ 이므로 (나)의 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다. 따라서 $x = 1 \times 10^{-4}$ 이다.

㉡. (가)의 $[\text{OH}^-]$ 는 $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이므로 $a = \frac{1 \times 10^{-12}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-10}$ 이고, $100a = 1 \times 10^{-8}$ 이다. 따라서 (다)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이며, $\text{pH} = 11.0$ 이다.

㉢. (다)는 (가)보다 pOH가 1.0만큼 크므로 (다)의 몰 농도는 (가)

의 $\frac{1}{10}$ 배이다. (다)의 부피가 (가)의 100배이므로 (다)에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 (가)의 10배이다. 따라서 $y=10w$ 이다.

10 수용액의 농도와 $[H_3O^+]$

(다)의 부피는 1 L, $[OH^-]=1 \times 10^{-6} M$, $[H_3O^+]=1 \times 10^{-8} M$ 이므로 OH^- 과 H_3O^+ 의 양은 각각 $1 \times 10^{-6} mol$, $1 \times 10^{-8} mol$ 이다.

㉠. ㉠의 양(mol)의 상댓값을 고려할 때, ㉠이 OH^- 이라면 (가)와 (나)에서 ㉠의 양(mol)은 각각 1×10^{-2} , 1×10^{-10} 이므로 (가)는 $[OH^-]=1 \times 10^{-2} M$ 인 $NaOH(aq)$ 이고, (나)는 $[OH^-]=1 \times 10^{-8} M$ 인 $HCl(aq)$ 이므로 모순이다. 따라서 ㉠은 H_3O^+ 이고, (다)에서 H_3O^+ 의 양(mol)은 1×10^{-8} 이므로 (가)와 (나)에서 ㉠의 양(mol)은 각각 1×10^{-4} , 1×10^{-12} 이다. 따라서 (가)는 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-4} M$ 인 $HCl(aq)$ 이고, (나)는 $[OH^-]=1 \times 10^{-4} M$ 인 $NaOH(aq)$ 이다.

㉡. (가)는 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-4} M$ 인 $HCl(aq)$ 이므로 $pH=4.0$, $pOH=10.0$ 이다.

㉢. (나)는 $[OH^-]=1 \times 10^{-4} M$ 인 $NaOH(aq)$ 이므로 $[OH^-]=1 \times 10^{-4} M$, $[H_3O^+]=1 \times 10^{-10} M$ 이다. 용액에 존재하는 물질의 양(mol)의 비는 농도(M)의 비와 같으므로 $\frac{OH^- \text{의 양(mol)}}{H_3O^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-10}} = 10^6$ 이다.

11 혼합 용액의 액성

$25^\circ C$ 에서 물의 자동 이온화에 의해 생성되는 H_3O^+ 과 OH^- 의 양이 같으므로 중성 수용액에서 $\frac{pOH}{pH}=1$ 이다. 따라서 (다)는 중성 수용액이다.

㉣. $25^\circ C$ 에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14} 이고, $K_w=[H_3O^+][OH^-]$ 이므로 $pH+pOH=14.0$ 이다. (나)와 (다)를 1:9의 부피비로 혼합한 수용액의 $\frac{pOH}{pH}=2.5$ 이므로 $pH=4.0$, $pOH=10.0$ 이다. (나)와 (다)를 1:9의 부피비로 혼합한 수용액의 농도는 (나)의 $\frac{1}{10}$ 배이다. 수용액의 농도가 $\frac{1}{10}$ 배로 희석되면 산성 수용액의 pH가 1.0만큼 증가하므로 (나)의 $pH=3.0$, $pOH=11.0$ 이다.

㉤. (나)의 $\frac{pOH}{pH}=\frac{11}{3}$ 이므로 $k=\frac{1}{3}$ 이다.

㉥. (가)의 $\frac{pOH}{pH}=\frac{1}{3}$ 이고, $pH+pOH=14.0$ 이므로 (가)의 $pH=10.5$, $pOH=3.5$ 이다. $25^\circ C$ 에서 (다)의 $pH=7.0$ 이므로 $\frac{(다)의 pH}{(가)의 pOH}=\frac{7.0}{3.5}=2$ 이다.

12 물질의 $|pH-pOH|$

㉦. a 와 b 는 $H_2O(l)$, $HCl(aq)$, $NaOH(aq)$ 의 $|pH-pOH|$ 를 나타낸 값이다. $H_2O(l)$ 의 $|pH-pOH|=0$ 이고, $HCl(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 $|pH-pOH|$ 은 0이 아니므로 (다)는 $H_2O(l)$ 이고, $b=0$ 이다. 따라서 (다)는 중성이다.

㉧. (다)($H_2O(l)$)에서 OH^- 의 양= $1 \times 10^{-7} mol/L \times 0.1 L = 1 \times 10^{-8} mol$ 이므로 (가)에서 OH^- 의 양은 $1 \times 10^{-8} mol \times 10^{-2} = 1 \times 10^{-10} mol$ 이다. 따라서 (가)의 $[OH^-]=\frac{1 \times 10^{-10} mol}{1 L} = 1 \times 10^{-10} M$ 이고, $pOH=10.0$ 이다. $25^\circ C$ 에서 물의 이온화 상수(K_w)가 1×10^{-14} 이고, $K_w=[H_3O^+][OH^-]$ 이므로 $pH+pOH=14.0$ 이다. 따라서 (가)는 $pH=4.0$, $pOH=10.0$ 인 $HCl(aq)$ 이고, $a=|4.0-10.0|=6.0$ 이다.

㉨. (나)의 $|pH-pOH|=a=6.0$ 이고, (나)는 $NaOH(aq)$ 이므로 (나)의 $pH=10.0$, $pOH=4.0$ 이며, $[H_3O^+]=1 \times 10^{-10} M$ 이다. 따라서 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-10} mol/L \times 0.1 L = 1 \times 10^{-11} mol$ 이다.

11 산 염기와 중화 반응

수능 **2점** 테스트

본문 167~169쪽

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

01 브뢴스테드·로리 산과 염기

- ㉠ (가)에서 HCl은 물에 녹아 H_3O^+ 을 내놓으므로 HCl은 아레니우스 산이다.
 ㉡ (가)에서 HCl은 H_2O 에게 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.
 ㉢ (나)에서 NH_3 는 HCl로부터 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

02 중화 반응의 양적 관계

- ㉠ 수용액에 존재하는 H^+ 의 양은 (가)에서 $a \text{ M} \times 3V \text{ mL} = 3aV \text{ mmol}$ 이고, (나)에서 $2 \times 2a \text{ M} \times V \text{ mL} = 4aV \text{ mmol}$ 이며, (다)에 존재하는 OH^- 의 양은 $2 \times 2a \text{ M} \times 2V \text{ mL} = 8aV \text{ mmol}$ 이므로 (가)~(다)를 모두 혼합한 수용액에는 OH^- 의 양이 $aV \text{ mmol} (= 8aV \text{ mmol} - (3aV \text{ mmol} + 4aV \text{ mmol}))$ 이다. 따라서 혼합 수용액의 액성은 염기성이다.
 ㉡ Cl^- 은 구경꾼 이온이므로 Cl^- 의 양(mol)은 혼합 전후에 일정하고, 혼합 수용액의 부피가 (가)의 $2 \left(= \frac{3V + V + 2V}{3V} \right)$ 배이므로 $[\text{Cl}^-]$ 는 혼합 수용액이 (가)의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 (가)에서 $[\text{Cl}^-] = a \text{ M}$ 이므로 혼합 수용액의 $[\text{Cl}^-] = \frac{a}{2} \text{ M}$ 이다.
 ㉢ 혼합 수용액에 존재하는 양이온은 B^{2+} 이고, 음이온은 Cl^- , A^{2-} , OH^- 이다. 혼합 수용액에서 B^{2+} 의 양은 $2a \text{ M} \times 2V \text{ mL} = 4aV \text{ mmol}$ 이고, Cl^- 의 양은 $a \text{ M} \times 3V \text{ mL} = 3aV \text{ mmol}$ 이며, A^{2-} 의 양은 $2a \text{ M} \times V \text{ mL} = 2aV \text{ mmol}$ 이고, OH^- 의 양은 $aV \text{ mmol}$ 이므로 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{3aV + 2aV + aV}{4aV} = \frac{3}{2}$ 이다.

03 중화 반응

- ㉠ (가)와 (나) 모두 $\text{H}^+(aq)$ 과 $\text{OH}^-(aq)$ 이 반응하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성되는 중화 반응이므로 알짜 이온 반응식은 $\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.
 ㉡ 구경꾼 이온은 (가)에서 Na^+ , Cl^- 이고, (나)에서 Na^+ , SO_4^{2-} 이므로 Na^+ 은 (가)와 (나)에서 모두 구경꾼 이온이다.
 ✕ 중화 반응에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응하는 H^+ 의 양

은 1 mol이므로 (나)에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응하는 H_2SO_4 의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이다.

04 중화 반응과 이온 수 비

- ㉠과 ㉡ 외 나머지 1가지 이온을 ㉢이라고 할 때 이온 수 비는 ㉠ : ㉡ : ㉢ = 1 : 2 : 2이다. 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합은 0이어야 한다. 양이온인 ㉠이 H^+ 인 경우, 음이온인 ㉢은 A^- 또는 A^{2-} 이고, ㉡은 B^+ 또는 B^{2+} 이며, 이 경우에 ㉠~㉢의 이온 수 비를 고려하면 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 될 수 없다. 양이온인 ㉠이 B^{2+} 인 경우에도 마찬가지로 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 될 수 없다. 양이온인 ㉠이 B^{2+} 인 경우에만 음이온인 ㉢은 A^{2-} 이고, ㉡은 H^+ 일 때 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 된다.
 ㉣ 혼합 수용액에 H^+ 이 존재하므로 혼합 수용액의 액성은 산성이다.
 ㉤ ㉠은 B^{2+} 이다.
 ✕ $m = 2$ 이고, $n = 2$ 이므로 $m = n$ 이다.

05 브뢴스테드·로리 산과 염기

- ㉠ ㉠은 H_2CO_3 이 H^+ 을 내놓고 생성되므로 HCO_3^- 이다.
 ㉡ (가)에서 H_2O 은 H_2CO_3 으로부터 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
 ㉢ (나)에서 ㉢(HCO_3^-)은 H_2O 에게 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.

06 중화 반응과 이온 모형

- 이온 수 비가 $\bullet : \circ = 1 : 2$ 이고, $\blacksquare : \square = 1 : 2$ 이므로 \bullet 과 \blacksquare 은 각각 A^{2-} 과 B^{2+} 중 하나이고, \circ 과 \square 은 각각 H^+ 과 OH^- 중 하나이다. \circ 과 \square 의 수가 각각 4, 6이므로 혼합 수용액에서 \circ 은 없고, \square 의 수는 2이며, 구경꾼 이온인 \bullet 과 \blacksquare 의 수는 각각 2와 3이다. \bullet 과 \circ 의 전하의 부호는 반대이고, \circ 과 \square 의 전하의 부호도 반대이므로 \bullet 과 \square 의 전하의 부호는 같다. 또한 \blacksquare 과 \square 의 전하의 부호는 반대이므로 \blacksquare 의 전하의 부호는 \bullet 과 \square 의 전하의 부호와 반대이다. 혼합 수용액에 존재하는 \blacksquare 의 수는 3이고, \bullet 과 \square 의 수의 합은 4인데, 모든 음이온의 수는 모든 양이온의 수보다 크므로 \bullet 과 \square 은 음이온이고, \blacksquare 은 양이온이다. 따라서 \bullet , \circ , \blacksquare , \square 은 각각 A^{2-} , H^+ , B^{2+} , OH^- 이고, (가)는 $a \text{ M H}_2\text{A}(aq)$ $V \text{ mL}$ 이고, (나)는 $b \text{ M B}(\text{OH})_2(aq)$ $V \text{ mL}$ 이다.
 ㉠ \blacksquare 에 해당하는 이온은 B^{2+} 이다.
 ✕ (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = \frac{\text{A}^{2-} \text{의 수} + \text{OH}^- \text{의 수}}{\text{B}^{2+} \text{의 수}} = \frac{4}{3}$ 이다.

㉔. OH^- 의 수는 혼합 수용액이 (나)의 $\frac{1}{3}$ ($=\frac{2}{6}$)배이고, 수용액의 부피는 혼합 수용액이 (나)의 2배이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 혼합 수용액이 (나)의 $\frac{1}{6}$ 배이다. (나)에서 $[\text{OH}^-]=2b \text{ M}$ 이므로 (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 $[\text{OH}^-]=\frac{b}{3}$ ($=2b \times \frac{1}{6}$) M 이다.

07 중화 반응과 pH

0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 30 mL에 각각 (가)는 10 mL의 염기 수용액을, (나)는 10 mL의 산 수용액을 혼합한 수용액이므로 pH는 (가) > (나)이다. (나)에 존재하는 H^+ 의 양은 $9 \text{ mmol}(=0.1 \text{ M} \times 30 \text{ mL} + 2 \times 0.3 \text{ M} \times 10 \text{ mL})$ 이고, (다)에 존재하는 H^+ 의 양은 $10 \text{ mmol}(=2 \times 0.3 \text{ M} \times 20 \text{ mL} - 0.2 \text{ M} \times 10 \text{ mL})$ 이므로 혼합 수용액에 존재하는 H^+ 의 양은 (다) > (나)인데 수용액의 부피는 (나) > (다)이므로 $[\text{H}^+]$ 는 (다) > (나)이다. 따라서 pH는 (가) > (나) > (다)이다.

08 중화 적정 실험

- ㉒. 비커보다 피펫이 수용액의 부피를 정확히 측정하는 데 더 적절한 도구이므로 (가)에서 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 20 mL를 측정할 때 비커 대신 피펫을 이용해야 실험 오차를 줄일 수 있다.
- ㉓. 중화점에서 꼭지의 아랫부분이 $\text{NaOH}(aq)$ 으로 채워진 상태가 되므로 중화 적정을 시작하기 전에 (나)에서 꼭지를 잠시 열었다 닫아 꼭지의 아랫부분을 $\text{NaOH}(aq)$ 으로 채운 후 눈금을 읽어야 실험 오차를 줄일 수 있다.
- ㉔. 혼합 수용액에 붉은색이 나타나자마자 꼭지를 잠그면 혼합 수용액 전체가 중화점에 도달하기 전에 중화 적정을 마칠 수 있으므로 (다)에서 혼합 수용액을 잘 섞어 주면서 혼합 수용액 전체가 붉은색이 되는 순간에 꼭지를 잠가야 실험 오차를 줄일 수 있다.

09 중화 반응과 이온 모형

- ㉒. 혼합 후 ★의 수가 감소하므로 ★은 OH^- 이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합할 때 ★은 구경꾼 이온이 아니다.
- ㉓. 혼합 후 ■의 수가 감소하므로 ■은 H^+ 이다. 중화 반응에서 반응하는 H^+ 의 수와 생성되는 H_2O 분자 수는 같고, (가)에 존재하는 2개의 ■(H^+)이 모두 반응하므로 (가)와 (나)를 혼합할 때 생성되는 H_2O 분자 수는 (가)에서 ■(H^+)의 이온 수와 같다.
- ㉔. ★(OH^-)의 수는 (나)가 (다)의 3배이고, 수용액의 부피는 (나)가 (다)의 $\frac{2}{3}$ 배이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (다)의 $\frac{9}{2}$ 배이다.

10 중화 반응과 양이온 모형

㉒. (가)에 존재하는 ■(A^{2+})의 수를 $2N$ 이라고 할 때 중화 반응 후 남아 있는 ○(H^+)의 수도 $2N$ 이다. $b \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$ $V \text{ mL}$ 에서 $2N$ 의 A^{2+} 과 함께 들어간 OH^- 의 수는 $4N$ 이고, 남

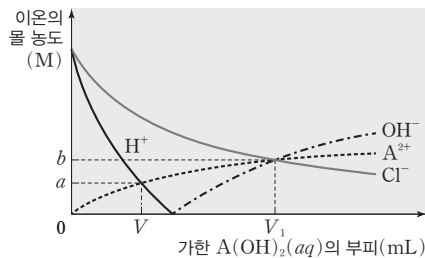
아 있는 H^+ 의 수는 $2N$ 이므로 혼합 전 $a \text{ M HCl}(aq)$ $V \text{ mL}$ 에 존재하는 H^+ 의 수는 $6N$ 이다. $b \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$ $V \text{ mL}$ 에 존재하는 A^{2+} 의 수와 $a \text{ M HCl}(aq)$ $V \text{ mL}$ 에 존재하는 H^+ 의 수비는 $1 : 3(=2N : 6N)$ 이므로 $a : b = 3 : 1$ 이다.

㉓. ■(A^{2+})의 수는 (나)가 (가)의 3배이고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 2배이므로 단위 부피당 A^{2+} 의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 ㉒에 들어갈 ■(A^{2+})의 수는 3이다.

㉔. (나)에서 Cl^- 의 수는 $6N$ 이고, OH^- 의 수는 $6N(=12N - 6N)$ 이므로 (나)에 존재하는 Cl^- 과 OH^- 의 수는 같다.

11 중화 반응과 이온의 몰 농도

각 곡선에 해당하는 이온은 다음과 같다.



Cl^- 과 A^{2+} 의 몰 농도가 같게 될 때까지 가한 $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피(mL)를 V_1 이라고 할 때, $0.2 \times 10 = 0.1 \times V_1$ 에서 $V_1 = 20$ 이고, 이때 Cl^- 의 몰 농도(M) $b = \frac{1}{15}$ ($=0.2 \times \frac{10}{10+20}$)이다. A^{2+} 과 H^+ 의 몰 농도가 같게 될 때까지 가한 $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피(mL)가 V 이므로 $0.1 \times V = 0.2 \times 10 - 2 \times 0.1 \times V$ 에서 $V = \frac{20}{3}$ 이고, 이때 A^{2+} 의 몰 농도(M) $a = \frac{1}{25}$ ($=0.1 \times \frac{20}{10 + \frac{20}{3}}$)이다. 따라서 $\frac{a}{b} \times V = 4$ 이다.

12 중화 반응과 이온 수

$h > i$ 이고, $k > j$ 이며, $m > l$ 이므로 A 이온은 중화 반응에 의해 이온 수가 감소하는 이온이므로 H^+ 이고, B 이온과 C 이온은 중화 반응에 의해 이온 수가 증가하는 이온이므로 각각 X^{2+} 과 OH^- 중 하나이고, (가)에는 X^{2+} 과 OH^- 모두 존재하지 않으므로 $j = l = 0$ 이다. (나)에 OH^- 이 존재하므로 (나)에 존재하는 H^+ 의 수인 $i = 0$ 이다. 따라서 자료에서 $6h = 3k = 4m$ 이다. 만약 B 이온이 X^{2+} 이고, C 이온이 OH^- 이면 (나)에서 X^{2+} 의 수 $k = 2h$ 이므로 반응하고 남은 OH^- 의 수 $m = 3h(=4h - h)$ 인데 이는 자료($m = \frac{3}{2}h$)에 부합하지 않는다. 따라서 B 이온은 OH^- 이고, C 이온은 X^{2+} 이다.

㉒. A 이온은 H^+ 이다.

×. B 이온은 OH⁻이다.

㉔ (나)에 존재하는 H⁺의 수인 $i=0$ 이고, (가)에 존재하는 OH⁻의 수인 $j=0$ 이므로 (나)에 존재하는 X²⁺의 수인 $m>i+j(=0)$ 이다.

수능 **3점** 테스트

본문 170~176쪽

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

01 중화 반응과 이온 수

HCl(aq)과 A(OH)₂(aq)의 중화 반응에서 혼합 수용액이 산성일 때 $1 < \frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} < 2$ 이고, 중성과 염기성일 때

$\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = 2$ 이다. (가)에서 혼합 전 a M HCl(aq)

100 mL에 존재하는 H⁺과 Cl⁻의 수를 각각 N , N 이라고 하고, a M A(OH)₂(aq) V mL에 존재하는 A²⁺과 OH⁻의 수를 각각 kN , $2kN$ 이라고 할 때, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = \frac{6}{5}$ 이므로 (가)

의 액성은 산성이고, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = \frac{N}{(N-2kN)+kN} = \frac{1}{1-k} = \frac{6}{5}$ 이므로 $k = \frac{1}{6}$ 이다. (나)에서 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = 1.5$

이므로 (가)의 액성은 산성이고, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} =$

$\frac{2N}{(2N - \frac{1}{3}xN) + \frac{1}{6}xN} = \frac{12}{12-x} = \frac{3}{2}$ 이므로 $x=4$ 이다. (다)에

서 혼합 전 a M HCl(aq) 100 mL에 존재하는 H⁺의 수는 N 이고, a M A(OH)₂(aq) $4V$ mL에 존재하는 OH⁻의 수는 $\frac{4}{3}N$

이므로 (다)의 액성은 염기성이고, (다)에서 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = y = 2$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = 2$ 이다.

02 중화 적정 실험

I의 몰 농도(M) $\times 50 = x \times 30$ 이므로 I의 몰 농도 = $\frac{3}{5}x$ M이고,

A의 몰 농도는 I의 몰 농도의 10배이므로 $6x$ M이다. II의 몰 농도(M) $\times 50 = x \times 20$ 이므로 II의 몰 농도 = $\frac{2}{5}x$ M이고, B의 몰 농도는 II의 몰 농도의 20배이므로 $8x$ M이다.

㉔ A와 B의 몰 농도는 각각 $6x$ M, $8x$ M이므로 식초 속 CH₃COOH의 몰 농도(M)는 B가 A의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

㉔ A의 몰 농도가 $6x$ M이므로 수용액 1 L (=1000d_A g)에 들어 있는 CH₃COOH의 양은 $6x$ mol (=360x g)이다. 따라서 A 1 g에 들어 있는 CH₃COOH의 질량은 $\frac{9x}{25d_A} (= \frac{360x}{1000d_A})$ g이다.

㉔ B의 몰 농도가 $8x$ M이므로 수용액 1 L (=1000d_B g)에 들어 있는 CH₃COOH의 양은 $8x$ mol (=480x g)이다.

CH₃COOH 1 g이 들어 있는 A와 B의 질량(g)은 각각 $\frac{25d_A}{9x}$ (= $\frac{1000d_A}{360x}$), $\frac{25d_B}{12x}$ (= $\frac{1000d_B}{480x}$)이므로 B가 A의 $\frac{3d_B}{4d_A}$ 배이다.

03 중화 반응과 이온 모형

Cl⁻의 수는 (가)~(다)에서 모두 같고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 단위 부피당 Cl⁻의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

단위 부피당 이온 모형의 수가 (나)가 (가)의 $\frac{2}{3}$ 배인 것은 ○ 뿐이므로 ○은 Cl⁻이다. Na⁺의 수는 (나)가 (가)의 2배이고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 단위 부피당 Na⁺의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{4}{3}$ (= $2 \times \frac{2}{3}$)배이다. 단위 부피당 이온 모형의 수가 (나)가 (가)의 $\frac{4}{3}$ 배인 것은 ■ 뿐이므로 ■은 Na⁺이다. (가)

에서 단위 부피당 이온 모형의 수가 ○(Cl⁻)은 3, ■(Na⁺)은 6, ★은 3인데 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합은 0이어야 하므로 ★은 OH⁻이다. (가)에서 이온 수 비는 Cl⁻ : Na⁺ : OH⁻ = 1 : 2 : 1이므로 Cl⁻, Na⁺, OH⁻의 수를 각각 N , $2N$, N 이라고 할 때, (다)에서 Cl⁻, Na⁺의 수는 각각 N , $10N$ 이고, 중화 반응 후 남은 OH⁻의 수는 $9N$ 이다. OH⁻의 수는 (다)가 (가)의 9배이고, 수용액의 부피는 (다)가 (가)의 3배이므로 단위 부피당 OH⁻의 수는 (다)가 (가)의 3 (= $9 \times \frac{1}{3}$)배이다. 따라서 (다)에서 ★(OH⁻)의 단위 부피당 이온 모형의 수는 9이다.

04 중화 반응과 이온의 몰 농도

HCl(aq)에 X(OH)₂(aq)을 가할 때 몰 농도가 증가하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 X²⁺과 OH⁻ 중 하나이고, B 이온이 C 이온보다 몰 농도의 증가가 크므로 B 이온은 OH⁻이고, C 이온은 X²⁺이다. x 는 0이 아니므로 A 이온은 H⁺이 될 수 없고, A 이온은 Cl⁻이다.

×. B 이온은 OH⁻이다.

㉔ 혼합 전 X(OH)₂(aq) 20 mL에 존재하는 X²⁺과 OH⁻의 수를 각각 N , $2N$ 이라고 하면, 가한 X(OH)₂(aq)의 부피가 20 mL일 때, 혼합 수용액에 존재하는 X²⁺과 OH⁻의 수가 같으므로 X²⁺과 OH⁻의 수는 각각 N 이고, 반응한 OH⁻의 수가 N 이므로 반응한 H⁺과 남아 있는 Cl⁻의 수도 각각 N 이다. 따라서

가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피가 20 mL일 때, Cl^- , X^{2+} , OH^- 모두 이온 수가 같으므로 $x=8k$ 이다.

㉠. 가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피가 20 mL일 때 혼합 수용액에 존재하는 Cl^- 과 X^{2+} 의 수가 같으므로 $a \times 10 = b \times 20$ 에서 $a=2b$ 이다.

05 중화 반응과 이온 수

(가)에 존재하는 A 이온과 B 이온, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온은 모두 서로 다른 이온이므로 (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온 중 하나는 H^+ 이고, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온 중 하나는 OH^- 이다. (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온의 수를 각각 $3N$, $4N$ 이라고 할 때, A 이온과 B 이온이 각각 H^+ 과 X^{2+} 중 하나라고 하면 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0 이어야 하므로 Cl^- 의 수가 $10N$ 이거나 $11N$ 이어야 하는데, (나)에서 C 이온과 D 이온의 수가 이에 해당하지 않으므로 A 이온과 B 이온 중 하나는 H^+ 이고, 하나는 Cl^- 이다. (가)에는 X^{2+} 도 존재하므로 Cl^- 의 수는 H^+ 의 수보다 작을 수 없다. 따라서 A 이온은 H^+ 이고, B 이온은 Cl^- 이다. (나)에는 OH^- , X^{2+} , Cl^- 이 존재하는데 Cl^- 의 수는 (가)에서와 같이 $4N$ 이고, 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이어야 하므로 C 이온은 X^{2+} 이고, D 이온은 OH^- 이다.

㉡. (가)의 액성은 산성이고, (나)의 액성은 염기성이므로 서로 다르다.

㉢. A 이온은 H^+ 이다.

㉣. (나)에서 A~D 이온의 수는 각각 0, $4N$, $3N$, $2N$ 이므로 B 이온 수와 D 이온 수의 합은 A 이온 수와 C 이온 수의 합인 2배이다.

06 중화 반응과 이온의 몰 농도

$c > d$ 이고, $e > f$ 이므로 $HCl(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 가할 때 몰 농도가 감소하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 H^+ 과 Cl^- 중 하나이고, $d > e$ 이므로 B 이온은 Cl^- 이고, C 이온은 H^+ 이다. A 이온과 D 이온은 각각 Na^+ 과 OH^- 중 하나인데 $b > g$ 이므로 A 이온은 Na^+ 이고, D 이온은 OH^- 이다.

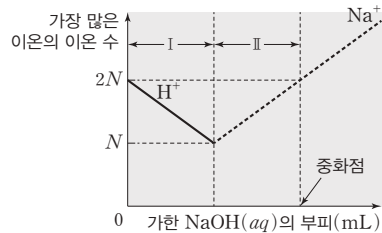
㉤. B 이온은 Cl^- 이다.

㉥. 가한 $NaOH(aq)$ 의 부피가 100 mL일 때 A 이온(Na^+)의 몰 농도(M)는 $y \times \frac{100}{100+V}$ 이고, 가한 $NaOH(aq)$ 의 부피가 150 mL일 때 A 이온(Na^+)의 몰 농도(M)는 $y \times \frac{150}{150+V}$ 이므로 $y \times \frac{100}{100+V} : y \times \frac{150}{150+V} = 8 : 9$ 에서 $V=50$ 이다.

㉦. 가한 $NaOH(aq)$ 의 부피가 200 mL일 때 $g > 0$ 이므로 혼합 수용액은 염기성이고, 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이므로 A 이온(Na^+)의 몰 농도는 B 이온(Cl^-)과 D 이온(OH^-)의 몰 농도 합과 같다. $f=0$ 이고, $b > g$ 이므로 $b > f+g$ 이다.

07 중화 반응과 이온 수

X가 HCl 이면 중화점에 도달할 때까지 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온은 Cl^- 으로서 그 수가 일정하게 유지되고, 중화점 이후부터는 Na^+ 으로서 그 수가 점점 증가한다. (가)~(라)에서 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수가 감소했다가 증가하므로(9 → 8 → 8 → 9) X는 HCl 가 아니다. 따라서 X는 H_2A 이다. $H_2A(aq)$ 100 mL에 존재하는 H^+ 과 A^{2-} 의 수를 각각 $2N$, N 이라고 하면, 가한 $NaOH(aq)$ 의 부피가 증가함에 따라 이온 수가 가장 큰 이온인 H^+ 의 수는 점점 감소하다가 가한 $NaOH(aq)$ 에 존재하는 Na^+ 과 OH^- 의 수가 각각 N , N 일 때, 혼합 수용액에서 H^+ , A^{2-} , Na^+ 의 수가 모두 N 으로 같으므로 이온 수가 가장 큰 이온의 수는 N 이며, 그 이후부터는 이온 수가 가장 큰 이온인 Na^+ 의 수가 증가하다가 중화점에 도달했을 때 $2N$ 이 된다. 중화점 이후에는 이온 수가 가장 큰 이온인 Na^+ 의 수가 계속 증가한다. 이를 그림으로 나타내면 다음과 같다.



표에서 (라)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수가 (가)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수보다 크지 않으므로 (라)는 중화점 이전에 해당한다. 따라서 (가)와 (나)는 구간 I에 해당하고, (다)와 (라)는 구간 II에 해당한다.

㉧. (다)는 구간 II에 해당하므로 (다)의 액성은 산성이다.

㉨. (나)는 구간 I에 해당하고 이온 수는 $H^+ > A^{2-} > Na^+$ 이므로 (나)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 작은 이온은 Na^+ 이다.

㉩. $H_2A(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 가하는 중화 반응에서 중화점 이전에는 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} = 2$ 이다.

(라)는 중화점 이전에 해당하므로 (라)에서 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} = 2$ 이다.

08 중화 반응과 혼합 수용액의 액성

H_mA 와 $B(OH)_n$ 의 화학식량을 각각 M_1 , M_2 라고 하면, II에서 혼합 수용액의 액성이 산성이므로 $m \times \frac{2w}{M_1} > n \times \frac{w}{M_2}$ 에서 $2mM_2 > nM_1$ 이다. $M_1 > 2M_2$ 이므로 $2mM_2 > nM_1 > 2nM_2$ 이다. 따라서 $m > n$ 이므로 $m=2$, $n=1$ 이다.

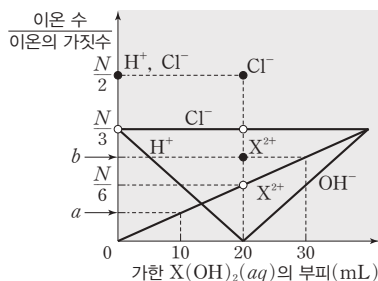
㉪. $m=2$, $n=1$ 이므로 $\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$ 이다.

㉠ $H_2A(aq)$ 과 $BOH(aq)$ 의 중화 반응에서 혼합 수용액의 액성이 산성이면 혼합 수용액에 존재하는 모든 양이온의 수 : 모든 음이온의 수 = 2 : 1이다. 따라서 Ⅱ에서 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 이온의 수}} = x = \frac{2}{3}$ 이다.

㉡ Ⅰ에서 혼합 전 $H_2A(aq)$ 과 $BOH(aq)$ 에 존재하는 H^+ 과 OH^- 의 몰비는 $2 \times \frac{w}{M_1} : \frac{w}{M_2} = \frac{2}{M_1} : \frac{1}{M_2}$ 이고, $M_1 > 2M_2$ 을 적용하면 $\frac{2}{M_1} < \frac{1}{M_2}$ 이므로 '염기성'은 (가)로 적절하다.

09 중화 반응과 이온 수, 이온의 가짓수

$HCl(aq)$ 에 $X(OH)_2(aq)$ 을 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 이온의 가짓수는 산성에서 3, 중성에서 2, 염기성에서 3이다. 가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피(mL)가 증가할 때 H^+ 의 수는 산성에서 감소하고, 중성과 염기성에서는 0으로 일정하며, Cl^- 의 수는 항상 일정하다. 또한 X^{2+} 의 수는 계속 증가하고, OH^- 의 수는 산성과 중성에서 0으로 일정하고, 염기성에서 증가한다. 0.1 M $HCl(aq)$ V mL에 존재하는 H^+ 과 Cl^- 의 수를 각각 N , N 이라고 하고, 이온의 가짓수와 이온 수 변화를 적용하여 그림으로 나타내면 다음과 같다.



$b > a$ 이고, 가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피(mL)가 10, 20, 30일 때 $\frac{A \text{ 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$ 는 a , b , b 이므로 이에 해당하는 A 이온은 X^{2+} 이다.

㉠ A 이온은 X^{2+} 이다.

㉡ 가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피가 20 mL일 때 혼합 수용액의 액성이 중성이므로 $0.1 \times V = 2 \times 0.1 \times 20$ 에서 $V = 40$ 이다.

㉢ A 이온(X^{2+}) 수는 가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피가 30 mL일 때가 10 mL일 때의 3배이고, 이온의 가짓수는 3으로 같으므로 $\frac{A \text{ 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$ 는 가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피가 30 mL일 때가 10 mL일 때의 3배이다. 따라서 $b = 3a$ 이다.

10 중화 반응과 이온 수

0.1 M $H_2X(aq)$ 100 mL에 존재하는 모든 이온의 양은 0.03 mol이다. 가한 수용액이 $Z(OH)_2(aq)$ 이면 중화점까지

모든 이온의 양은 감소하여 중화점에서 0.02 mol이 되고, 중화점 이후에 증가한다. 가한 수용액이 $YOH(aq)$ 이면 중화점까지 모든 이온의 양은 0.03 mol로 일정하고, 중화점 이후에 증가한다. 가한 $A(aq)$ 의 부피가 V_1 mL일 때와 V_3 mL일 때 모든 이온의 양은 a mol로 같은데 A가 $Z(OH)_2$ 이면, $a < 0.03$ 이고, B가 YOH 이면 가한 $B(aq)$ 의 부피가 V_2 mL일 때 모든 이온의 양은 0.03 mol이므로 a mol일 수 없다. 따라서 A는 YOH 이고, B는 $Z(OH)_2$ 이다. A가 YOH 이므로 $a = 0.03$ 이고, 가한 $A(aq)$ 의 부피가 V_4 mL일 때 모든 이온의 양이 0.06 mol이므로 혼합 수용액의 액성은 염기성이다. 0.1 M $H_2X(aq)$ 100 mL에 0.1 M $YOH(aq)$ V_4 mL를 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 X^{2-} , Y^+ , OH^- 의 양은 각각 0.01 mol, $\frac{V_4}{10000}$ mol, $\left(\frac{V_4}{10000} - 0.02\right)$ mol이고 모든 이온의 양(mol)은 $0.01 + \frac{V_4}{10000} + \left(\frac{V_4}{10000} - 0.02\right) = \frac{V_4}{5000} - 0.01 = 0.06$ 이므로 $V_4 = 350$ 이다. 0.1 M $H_2X(aq)$ 100 mL에 0.1 M $Z(OH)_2(aq)$ V_2 mL를 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 X^{2-} , Z^{2+} , OH^- 의 양은 각각 0.01 mol, $\frac{V_2}{10000}$ mol, $\left(\frac{V_2}{5000} - 0.02\right)$ mol이고 모든 이온의 양(mol)은 $0.01 + \frac{V_2}{10000} + \left(\frac{V_2}{5000} - 0.02\right) = \frac{3V_2}{10000} - 0.01 = 0.03$ 이므로 $V_2 = \frac{400}{3}$ 이다.

따라서 $\frac{V_4}{V_2} = \frac{21}{8} \left(= \frac{350}{400} \right)$ 이다.

11 중화 반응과 이온 모형

$HCl(aq)$ 에 $A(OH)_2(aq)$ V mL를 가할 때가 중화점이라고 하면 이온 수가 가장 큰 이온은 $2V$ mL를 가하기 이전까지 Cl^- 이고, $2V$ mL를 가할 때 Cl^- , A^{2+} , OH^- 이고, 그 이후에는 OH^- 이다. a M $HCl(aq)$ 10 mL에 존재하는 Cl^- 의 수를 $4N$ 이라고 하면, $A(OH)_2(aq)$ 80 mL를 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 OH^- 의 수는 $6N$ 이므로 혼합 전 $A(OH)_2(aq)$ 80 mL에 존재하는 A^{2+} 과 OH^- 의 수는 각각 $5N$, $10N$ 이다. $A(OH)_2(aq)$ x mL를 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 OH^- 의 수는 $8N$ 이므로 혼합 전 $A(OH)_2(aq)$ x mL에 존재하는 A^{2+} 과 OH^- 의 수는 각각 $6N$, $12N$ 이다. $80 : x = 5N : 6N$ 이므로 $x = 96$ 이다.

㉠ $x = 96$ 이다.

㉡ a M $HCl(aq)$ 10 mL에 존재하는 H^+ 의 수는 $4N$ 이고, b M $A(OH)_2(aq)$ 40 mL에 존재하는 OH^- 의 수는 $5N$ 이므로 혼합 수용액의 액성은 염기성이다.

㉢ a M $HCl(aq)$ 10 mL에 존재하는 H^+ 과 Cl^- 의 수는 각각 $4N$, $4N$ 이고, b M $A(OH)_2(aq)$ 60 mL에 존재하는 A^{2+} 과 OH^- 의 수는 각각 $\frac{15}{4}N$, $\frac{15}{2}N$ 이므로 혼합 수용액에 존재하는

Cl^- , A^{2+} , OH^- 의 수는 각각 $4N$, $\frac{15}{4}N$, $\frac{7}{2}N$ 이다. 따라서 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온은 Cl^- 이다.

12 중화 반응과 이온 수

같은 몰 농도, 같은 부피의 $\text{HCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{X}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$, $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 을 혼합하는 순서에 따라 각 과정에서 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 가 달라진다. $\text{HCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{X}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$,

$\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 에 존재하는 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 는 각각 1, 2, 1, $\frac{1}{2}$ 이고,

(나)에서 (라)로 갈수록 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 가 증가한다. ($c > b > a$)

(다)와 (라)에서 $\text{C}(aq)$ 또는 $\text{D}(aq)$ 이 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 가 가장 작은

$\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 이라면 (다)와 (라)의 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 중 하나라

도 (나)의 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 보다 작게 된다. 따라서 $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$

는 $\text{A}(aq)$ 과 $\text{B}(aq)$ 중 하나이다. 또한 $\text{H}_2\text{X}(aq)$ 이 $\text{A}(aq)$

과 $\text{B}(aq)$ 중 하나이면 (나) 과정 후 혼합 수용액에 존재하는

$\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} = 1$ 이고, $\text{C}(aq)$ 이 $\text{HCl}(aq)$ 또는 $\text{NaOH}(aq)$

이므로 (다) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} = 1$ 로 (나) 과정 후와

같다. 따라서 $\text{H}_2\text{X}(aq)$ 은 $\text{A}(aq)$ 과 $\text{B}(aq)$ 중 하나가 아니다. $\text{NaOH}(aq)$ 이 $\text{A}(aq)$ 과 $\text{B}(aq)$ 중 하나이면 (다) 또는

(라) 과정에서 $\text{C}(aq)$ 또는 $\text{D}(aq)$ 으로 $\text{HCl}(aq)$ 을 가할 때

$\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 가 변하지 않으므로 $\text{NaOH}(aq)$ 은 $\text{A}(aq)$ 과

$\text{B}(aq)$ 중 하나가 아니다. 따라서 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 이

각각 $\text{A}(aq)$ 과 $\text{B}(aq)$ 중 하나이므로 (나) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$

$= a = \frac{1}{2}$ 이다. $\text{C}(aq)$ 이 $\text{H}_2\text{X}(aq)$ 이고, $\text{D}(aq)$ 이 $\text{NaOH}(aq)$

이면 (다) 과정 후와 (라) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 는 각각 1, 1

이므로 $\text{C}(aq)$ 은 $\text{NaOH}(aq)$ 이고, $\text{D}(aq)$ 은 $\text{H}_2\text{X}(aq)$ 이다.

따라서 (다) 과정 후와 (라) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 는 각각

$b = \frac{2}{3}$, $c = 1$ 이다.

✕. (나)에서 몰 농도가 같은 $\text{HCl}(aq)$ 10 mL와 $\text{Y}(\text{OH})_2(aq)$ 10 mL를 혼합한 수용액의 액성은 염기성이다.

○. C는 NaOH 이다.

○. $a \times b \times c = \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times 1 = \frac{1}{3}$ 이다.

13 중화 반응과 이온의 양(mol)

산과 염기의 종류를 달리하여 산 수용액에 염기 수용액을 가할 때, 가한 염기 수용액의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는

$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 의 변화는 다음과 같다.

산 수용액	가한 염기 수용액	$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 의 변화		
		중화점 이전	중화점	중화점 이후
$\text{HCl}(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$	$\frac{1}{2}$ 일정	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ 일정
$\text{HCl}(aq)$	$\text{B}(\text{OH})_2(aq)$	감소	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$ 일정
$\text{H}_2\text{A}(aq)$	$\text{NaOH}(aq)$	$\frac{2}{3}$ 일정	$\frac{2}{3}$	감소
$\text{H}_2\text{A}(aq)$	$\text{B}(\text{OH})_2(aq)$	감소	$\frac{1}{2}$	감소

(가)는 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 이 감소하다가 일정하므로

$\text{HCl}(aq)$ 에 $\text{B}(\text{OH})_2(aq)$ 을 가하는 것이고, (나)는 일정하다가

감소하므로 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 가하는 것이다.

(가)에서 가한 염기 수용액의 부피가 V_1 mL와 V_2 mL일 때

$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 을 비교하면

$$\frac{(0.1 \times 100 - 2 \times 0.1 \times V_1) + 0.1 \times V_1}{(0.1 \times 100 - 2 \times 0.1 \times V_1) + 0.1 \times V_1 + 0.1 \times 100} : \frac{1}{3} = 4 : 3$$

이므로 $V_1 = 20$ 이다.

(나)에서 가한 염기 수용액의 부피가 V_2 mL와 V_3 mL일 때

$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 을 비교하면

$$\frac{2}{3} : \frac{0.1 \times V_3}{0.1 \times V_3 + (0.1 \times V_3 - 2 \times 0.1 \times 100) + 0.1 \times 100} =$$

$16 : 15$ 이므로 $V_3 = 250$ 이다. 따라서 $\frac{V_3}{V_1} = \frac{25}{2}$ 이다.

14 중화 반응과 혼합 수용액의 액성

(가)~(다)에 존재하는 H^+ 의 양을 모든 경우에 대해 나타내면 다

음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
물 농도와 부피	a M 100 mL	$2a$ M 100 mL	$2a$ M 100 mL
용질의 종류	HCl	H_2A	HCl
H^+ 의 양(mol)	$0.1a$	$0.2a$	$0.2a$

(가)~(다)에 각각 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 300 mL를 가할 때, 액성

이 산성인 혼합 수용액은 2가지이므로 (가)가 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 이면 (나)

와 (다)는 모두 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 이어야 한다. 그런데 (나)와 (다)가 모두

$\text{H}_2\text{A}(aq)$ 이면 (가)~(다)에 각각 0.2 M $\text{NaOH}(aq)$ 200 mL

를 가할 때, 액성이 염기성인 혼합 수용액이 2가지일 수 없으므로

(가)는 $\text{HCl}(aq)$ 이다. 따라서 $0.1a \leq 0.1 \times 0.3$ 이므로 $a \leq 0.3$ 이다.

(다) 중 $H_2A(aq)$ 인 하나만 혼합 수용액의 액성이 염기성이 아니다. 따라서 $0.2a < 0.2 \times 0.2 \leq 0.4a$ 이므로 $0.1 \leq a < 0.2$ 이다.

(나)에 $0.2 M NaOH(aq)$ 300 mL를 가할 때, 혼합 수용액의 액성은 산성인데 (나)가 $HCl(aq)$ 이면 $0.2 M NaOH(aq)$ 200 mL를 가할 때 (나)와 (다)가 모두 산성이므로 조건에 부합하지 않는다. 따라서 (나)는 $H_2A(aq)$ 이고, (다)는 $HCl(aq)$ 이며, $0.4a > 0.2 \times 0.3$ 이므로 $a > 0.15$ 이다. $a \leq 0.3$ 이고, $0.1 \leq a < 0.2$ 이며, $a > 0.15$ 이므로 $0.15 < a < 0.2$ 이다.

(가)~(다)에 대한 자료를 정리하면 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
몰 농도와 부피	$a M$ 100 mL	$2a M$ 100 mL	$2a M$ 100 mL
용질의 종류	HCl	H_2A	HCl
H^+ 의 양(mol)	$0.015 < 0.1a < 0.02$	$0.06 < 0.4a < 0.08$	$0.03 < 0.2a < 0.04$

$0.2 M NaOH(aq)$ 250 mL에 존재하는 OH^- 의 양은 $0.05 mol$ 이므로 (가)~(다)에 각각 $0.2 M NaOH(aq)$ 250 mL를 가할 때, 혼합 수용액의 액성이 염기성인 것은 (가)와 (다) 2가지이다.

12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

수능 2점 테스트

본문 189~191쪽

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

01 산화수

공유 결합 물질에서 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자 쌍을 모두 가진다고 가정할 때 각 구성 원자의 전하이다.

㉠. 전기 음성도가 $Cl > H$ 이므로 HCl에서 산화수를 구할 때 공유 전자쌍은 Cl가 모두 가진다고 가정한다.

㉡. 산화수 규칙에 의해 NaH에서 H의 산화수는 -1 이다.

㉢. 산화수가 증가하는 반응은 산화 반응이고, 산화수가 감소하는 반응은 환원 반응이다.

02 산화 환원 반응

반응 후 전체 금속 이온의 양(mol)이 증가하였으므로 생성된 Y^+ 의 전하량이 X^{m+} 보다 작다.

㉠. Y^+ 이 생성되었으므로 $Y(s)$ 는 산화되고, X^{m+} 은 환원된다.

㉡. Y^+ 의 전하량이 X^{m+} 보다 작으므로 $m > 1$ 이다.

㉢. X^{m+} 은 환원되므로 전자는 Y에서 X^{m+} 으로 이동한다.

03 산화 환원 반응식

Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가하고, N의 산화수는 +5에서 +2로 감소하므로 $b=c=3$ 이고 $d=2$ 이다. N의 원자 수를 고려하면 $a=8$ 이고, H의 원자 수를 고려하면 $e=4$ 이다.

완성된 산화 환원 반응식은 다음과 같다.



㉡. $a+b=11$ 이고, $c+d+e=9$ 이므로 서로 같지 않다.

㉢. Cu는 산화되므로 환원제이다.

㉣. N의 산화수는 HNO_3 에서 +5이고, NO에서 +2이므로 HNO_3 에서 NO에서보다 크다.

04 산화 환원 반응식

(가)는 산화 환원 반응이고, (나)는 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

㉠. (가)에서 Mn의 산화수는 +4에서 +2로 감소한다.

㉡. (나)에서 산화수가 변하는 원자가 없다.

㉢. (가)에서 1 mol의 $MnCl_2$ 가 생성될 때 2 mol의 전자가 이동한다.

05 산화 환원과 전기 음성도

공유 결합 물질에서 전기 음성도가 큰 원자가 음의 산화수를 가진다.
 ㉠. 전기 음성도가 $Y > X$ 이므로 X_2Y 에서 산화수는 $X > Y$ 이다.
 ㉡. 전기 음성도가 $X > Z$ 라면 X 의 산화수는 (+)에서 (-)로 감소하고, Y 의 산화수는 (-)에서 0으로 증가, Z 의 산화수는 0에서 (+)로 증가한다. 따라서 $X \sim Z$ 중 산화수가 증가하는 원소는 1가지라는 조건에 맞지 않으므로 전기 음성도는 $Z > X$ 이다.
 ✕. Z 의 산화수는 0에서 (-)로 감소하므로 환원되었다. 따라서 Z_2 는 환원되므로 산화제이다.

06 분자 구조와 산화수

(다)에서 Z 의 산화수는 0이 될 수 없으므로 (가)에서 Z 의 산화수는 0이다.
 ㉠. (가)에서 Z 의 산화수가 0이고, X 의 산화수는 +1이므로 Y 의 산화수는 -2이다.
 ㉡. (가)에서 Y 의 산화수가 -2이므로 Y 와 Z 의 결합은 2중 결합이고, (다)에서도 Y 와 Z 의 결합이 2중 결합이다. 따라서 (가)~(다) 중 다중 결합을 포함하는 것은 2가지이다.
 ㉢. (가)에서 $X \sim Z$ 의 산화수를 통해 전기 음성도가 $Y > Z > X$ 임을 알 수 있다.

07 금속의 산화 환원

㉠. (가)에서 질산 은 수용액에 구리판을 넣었을 때 은이 석출되므로 Ag^+ 이 Ag 으로 환원된다.
 ✕. (나)에서 Cu^{2+} 이 Cu 로 환원되었으므로 Cu 의 산화수는 감소한다.
 ㉢. (가)와 (나)는 모두 산화 환원 반응이므로 전자가 이동한다.

08 산화 환원 반응식

㉠. (가)에서 Br^- 은 산화되어 Br_2 이 되므로 Br^- 은 환원제이다.
 ✕. (가)에서 Br_2 1 mol이 생성될 때, 2 mol의 전자가 이동하므로 Br_2 2 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 4 mol이다.
 ㉢. (가)에서 Cl 의 산화수는 0에서 -1로 감소하고, (나)에서 Cl 의 산화수는 +4에서 +3으로 감소한다.

09 흡열 반응

에어컨에서 냉매는 실내의 열을 흡수하여 액체에서 기체로 상태가 변한다.
 ㉠. ㉠은 흡열 반응이므로 주위의 온도가 감소한다.
 ㉡. ㉡은 연소 반응이므로 산화 환원 반응이다.
 ㉢. ㉢은 발열 반응이고 ㉠과 ㉡은 흡열 반응이다.

10 화학 반응과 열의 출입

발열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
 ㉠. (가)에서 $CaO(s)$ 이 용해될 때 수용액의 온도가 $25^\circ C$ 보다 높아졌으므로 $CaO(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이다.
 ㉡. CaO 의 용해 반응으로 생성된 $Ca(OH)_2(aq)$ 은 염기성이므로 $HCl(aq)$ 과의 중화 반응이 일어난다.
 ㉢. (나)에서 CaO 의 용해에 의한 열과 중화 반응에 의한 열이 모두 발생하므로 수용액의 최고 온도는 t_1 보다 높다.

11 물의 상태 변화와 열의 출입

물이 증발할 때 액체 상태의 물이 주위의 열을 흡수하여 기체 상태로 변하므로 남아 있는 물의 온도는 감소한다. 반면, 수증기가 응축할 때는 열을 방출하므로 주위의 온도는 증가한다.

12 열량계

$A(s)$ 는 용해될 때 수용액의 온도가 증가했으므로 발열 반응이고, $B(s)$ 는 용해될 때 수용액의 온도가 감소했으므로 흡열 반응이다.
 ✕. $A(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이므로 열을 방출한다.
 ㉡. $B(s)$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다.
 ㉢. 열량계에서 흡열 반응이 일어날 때 수용액으로부터 열을 흡수하므로 수용액의 온도가 감소한다.

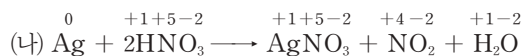
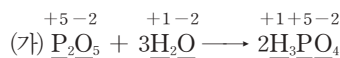
수능 3점 테스트						본문 192~197쪽
01 ①	02 ②	03 ③	04 ⑤	05 ⑤	06 ①	
07 ⑤	08 ②	09 ④	10 ③	11 ⑤	12 ③	

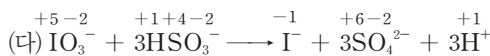
01 산화 환원 반응식

㉠. (가)에서 Cu 는 Cu^{2+} 으로 산화된다.
 ✕. (가)의 반응물과 생성물에서 산소의 산화수는 모두 -2이고, (다)의 H_2O_2 에서 산소의 산화수는 -1이다.
 ✕. (나)에서 산화제로 작용하는 물질은 Cl_2 이고, (다)에서 산화제로 작용하는 물질은 H_2O_2 이므로 (나)와 (다)에서 산화제로 작용하는 물질은 모두 분자이다.

02 산화수

(가)~(다)에서 각 원자의 산화수는 다음과 같다.





✕. (나)에서 N의 산화수는 +4와 +5가 있어 모두 같지 않다.

○. (가)~(다)에서 산화수가 가장 큰 원자를 포함하는 물질은 (다)의 SO_4^{2-} 이다.

✕. (가)는 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

03 산화 환원 반응식

○. (가)에서 Pb의 산화수가 +4에서 +2로 2만큼 줄어들었으므로 Mn의 산화수는 + m 에서 +7로 5만큼 커진다. 따라서 $m=2$ 이다.

○. (나)에서 반응 전과 후 산소의 수를 고려하면 $4a+2bx=28$ 이고, 탄소의 수를 고려하면 $bx=10$ 이며, 이를 연립하면 $a=2$ 이다. C_xO_{2x} 에서 탄소의 산화수를 w 라고 하면, Mn의 산화수 변화는 $2 \times (7-m)$ 이고, 탄소의 산화수 변화는 $40-wbx$ 이므로 $2 \times (7-m)=40-wbx$ 이다. $m=2$ 이고, $bx=10$ 이므로 $10=40-10w$ 에서 $w=3$ 이다. C_xO_{2x} 에서 $3x-4x=-2$ 이므로 $x=2$ 이고, $b=5$ 이다. 따라서 $a+b=7$ 이다.

✕. Mn는 (가)에서 산화되고, (나)에서 환원된다.

04 금속과 금속 이온의 반응

I에서 A^{2+} 과 B가 반응하지 않으면 수용액에 들어 있는 이온은 A^{2+} N mol이고, A^{2+} 과 B가 반응하면 수용액에 들어 있는 이온은 B^+ N mol과 A^{2+} $0.5N$ mol로 총 $1.5N$ mol이다. II에서 A^{2+} 과 C가 반응하지 않으면 수용액에 들어 있는 이온은 A^{2+} N mol이고, A^{2+} 과 C가 반응하면 수용액에 들어 있는 이온은 C^{3+} $\frac{2}{3}N$ mol이다.

○. I과 II에 들어 있는 금속 이온 양의 총합이 $2.5N$ mol이 되는 경우는 II에서 반응이 일어나지 않는 경우이므로 I에서 B는 B^+ 으로 산화된다.

○. (나) 과정 후 I에는 A^{2+} 과 B^+ 이 존재하고, II에는 A^{2+} 이 존재한다.

○. (나) 과정 후 수용액에 존재하는 A^{2+} 의 몰비는 I : II = $0.5N : N = 1 : 2$ 이다.

05 산화수와 전기 음성도

(다)에서 Z의 산화수는 W의 산화수보다 크므로 전기 음성도는 $W > Z$ 이다.

○. (가)에서 X의 산화수는 +4, 0 중 하나이고, (나)에서 전기 음성도가 $Y > X$ 이므로 X의 산화수는 +4, +2 중 하나이다. 따라서 (가)에서 X의 산화수는 +4이고, (나)에서 X의 산화수는 +2이다.

○. (가)에서 X의 산화수가 +4이므로 전기 음성도는 $W > X$ 이고, (나)에서 X의 산화수는 +2이므로 전기 음성도는 $X > Z$ 이다. 따라서 전기 음성도는 $Y > Z$ 이다.

○. XW_2 에서 전기 음성도는 $W > X$ 이므로 X의 산화수는 +4이다.

06 전기 음성도와 산화수

전기 음성도가 $X > Z > Y$ 이므로 $W \sim Z$ 로 가능한 조합은 다음과 같다.

	C	N	O	F
①	W	Y	Z	X
②	Y	W	Z	X
③	Y	Z	W	X
④	Y	Z	X	W

W, X, Y로 이루어진 화합물 (가)는 ①과 ②에서는 FCN이고, ③과 ④에서는 COF_2 이다. Y가 (+)의 산화수를 가져야 하므로 ①은 적절하지 않고, 분자당 구성 원자 수가 3이므로 ③과 ④는 적절하지 않다. 따라서 적절한 조합은 ②이고, W, X, Z로 이루어진 화합물 (나)는 FNO이다.

○. (가)에서 Y의 산화수는 +4이다.

✕. (나)에서 X의 산화수는 -1이고, Z의 산화수는 -2이므로 산화수는 $X > Z$ 이다.

✕. ZX_2 는 OF_2 이고, Z의 산화수는 +2이다.

07 구리의 산화 환원 반응

○. (가)에서 C는 O와 결합하여 CO_2 가 된다. 따라서 X는 CO_2 이다.

○. (가)에서 Cu는 산화수가 +2에서 0으로 감소한다.

○. (가)에서 C와 (나)에서 Zn은 산화되므로 환원제이다.

08 전기 음성도와 산화수

반응 전 $X \sim Z$ 의 산화수를 각각 $x \sim z$ 라고 하면, $x+3y=0$ 이고, $z=0$ 이다. 반응 후 Z의 산화수를 +2라고 하면, 반응 후 X의 산화수는 -2이고 반응 후 Y의 산화수는 -1이므로 $x+3y=0$ 을 만족하는 $x=+3$ 이고 $y=-1$ 인데 전기 음성도가 $X > Y$ 이므로 모순이다. 따라서 $X \sim Z$ 의 반응 후 산화수는 각각 +2, +1, -2이고 $x=-3$, $y=+1$, $z=0$ 이다.

✕. 반응 전 X의 산화수는 -3이다.

✕. XZ 에서 X의 산화수가 +2이고, Z의 산화수가 -2이므로 전기 음성도는 $Z > X$ 이다.

○. Z의 산화수는 감소하므로 Z_2 는 산화제이다.

09 금속의 산화 환원 반응

(나) 과정에서 $m=1$ 이라면 B^+ $2N$ mol이 반응하여 수용액 속에 3가지 종류의 양이온이 존재하게 되는데 이는 문제의 조건과

맞지 않다. $m=3$ 이라면 $B^+ 4N \text{ mol}$ 과 $A^{3+} \frac{2}{3}N \text{ mol}$ 이 반응하고 $A^{3+} \frac{10}{3}N \text{ mol}$ 과 $C^{3+} 2N \text{ mol}$ 이 남는다. 이때 두 양이온 수의 비가 1 : 2가 되지 않는다.

✗. $m=2$ 이고, (나)에서 $B^+ 4N \text{ mol}$ 이 반응하고 $A^{3+} 4N \text{ mol}$ 과 $C^{2+} 2N \text{ mol}$ 이 남는다.

⊙. 만약 A^{3+} 과 C 가 반응하지 않으면 (다) 과정 후 양이온 수의 비는 1 : 2로 유지되어야 한다. 따라서 A^{3+} 은 C 와 반응하여 환원된다.

⊙. (다)에서 $C^{2+} N \text{ mol}$ 이 생성될 때 $A^{3+} \frac{2}{3}N \text{ mol}$ 이 반응하므로 반응 후 $A^{3+} \frac{10}{3}N \text{ mol}$, $C^{2+} 3N \text{ mol}$ 이 남는다. 따라서

⊙은 A^{3+} 이다.

10 금속의 산화 환원 반응

⊙. 모형 하나의 양(mol)을 N 이라고 하면, (나)에서 X 이온 $2N \text{ mol}$ 이 줄어들 때 Y 이온 $4N \text{ mol}$ 이 생성되었으므로 X 이온은 X^{2+} 이고, Y 이온은 Y^+ 이다.

⊙. (나)에 $Z(s) w_2 \text{ g}$ 을 넣어 줄 때 $X^{2+} 4N \text{ mol}$ 은 모두 환원되고 $Y^+ N \text{ mol}$ 이 환원된다.

✗. $Z(s) w_2 \text{ g}$ 의 양(mol)은 $3N$ 이므로 $Z(s) \frac{1}{4}w_2 \text{ g}$ 의 양(mol)은 N 보다 작다. Z 이온의 전하는 $+3$ 이므로 (다)에 $Z(s) \frac{1}{4}w_2 \text{ g}$ 을 넣어서 반응을 완결시키면 수용액에는 Y^+ 과 Z^{3+} 이 모두 존재한다.

11 열량계와 발열 반응

⊙. (나)에서 NaOH 을 용해시킬 때 물의 온도가 증가하였으므로 NaOH 의 물에 대한 용해 반응은 발열 반응이다.

⊙. (다)에서 반응 후 수용액의 온도가 증가하였으므로 NaOH 과 HCl 의 반응은 발열 반응이다.

⊙. (다) 과정 후 수용액에 OH^- 이 남아 있으므로 열량계에 온도가 t_2 인 1 M 염산을 더 넣어 주면 중화 반응이 더 일어나 용액의 최고 온도는 t_2 보다 높다.

12 흡열 반응

광합성은 빛을 흡수하여 포도당을 합성하고, NaHCO_3 은 열을 흡수하여 분해된다.

⊙. (가)에서 C 와 O 의 산화수가 변하므로 산화 환원 반응이다.

⊙. (가)는 빛을 흡수하고, (나)는 열을 흡수하므로 모두 흡열 반응이다.

✗. (나)에서 C 의 산화수는 변하지 않는다.

01 우리 생활 속의 화학

수능 2점 테스트 본문 10~11쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ⑤	05 ①	06 ⑤
07 ②	08 ⑤				

수능 3점 테스트 본문 12~14쪽

01 ⑤	02 ⑤	03 ②	04 ③	05 ⑤	06 ④
------	------	------	------	------	------

02 화학식량과 물

수능 2점 테스트 본문 23~24쪽

01 ②	02 ①	03 ③	04 ③	05 ⑤	06 ③
07 ①	08 ⑤				

수능 3점 테스트 본문 25~29쪽

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

03 화학 반응식과 용액의 농도

수능 2점 테스트 본문 38~40쪽

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

수능 3점 테스트 본문 41~48쪽

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

04 원자의 구조

수능 2점 테스트 본문 54~55쪽

01 ②	02 ⑤	03 ①	04 ⑤	05 ③	06 ④
07 ⑤	08 ③				

수능 3점 테스트 본문 56~60쪽

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

05 현대적 원자 모형과 전자 배치

수능 2점 테스트 본문 69~71쪽

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

수능 3점 테스트 본문 72~77쪽

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

06 원소의 주기적 성질

수능 2점 테스트 본문 86~88쪽

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

수능 3점 테스트 본문 89~94쪽

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

07 이온 결합

수능	2점	테스트	본문 101~102쪽								
01	④	02	③	03	⑤	04	⑤	05	③	06	①
07	④	08	④								

수능	3점	테스트	본문 103~106쪽								
01	③	02	②	03	⑤	04	⑤	05	②	06	④
07	③	08	⑤								

08 공유 결합과 결합의 극성

수능	2점	테스트	본문 116~118쪽								
01	①	02	③	03	⑤	04	③	05	②	06	③
07	⑤	08	②	09	④	10	④	11	④	12	②

수능	3점	테스트	본문 119~124쪽								
01	④	02	③	03	③	04	⑤	05	④	06	⑤
07	②	08	①	09	⑤	10	③	11	④	12	④

09 분자의 구조와 성질

수능	2점	테스트	본문 133~135쪽								
01	②	02	③	03	②	04	③	05	②	06	③
07	④	08	①	09	④	10	③	11	④	12	⑤

수능	3점	테스트	본문 136~141쪽								
01	③	02	④	03	⑤	04	①	05	①	06	③
07	②	08	③	09	④	10	③	11	②	12	②

10 동적 평형

수능	2점	테스트	본문 150~152쪽								
01	⑤	02	①	03	⑤	04	④	05	③	06	③
07	⑤	08	③	09	①	10	⑤	11	①	12	③

수능	3점	테스트	본문 153~158쪽								
01	④	02	①	03	③	04	②	05	③	06	①
07	⑤	08	⑤	09	①	10	③	11	④	12	④

11 산 염기와 중화 반응

수능	2점	테스트	본문 167~169쪽								
01	⑤	02	⑤	03	③	04	③	05	⑤	06	③
07	①	08	⑤	09	②	10	⑤	11	①	12	③

수능	3점	테스트	본문 170~176쪽								
01	③	02	⑤	03	②	04	④	05	③	06	④
07	②	08	⑤	09	⑤	10	②	11	③	12	④
13	④	14	③								

12 산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

수능	2점	테스트	본문 189~191쪽								
01	⑤	02	①	03	②	04	①	05	③	06	⑤
07	④	08	③	09	⑤	10	⑤	11	④	12	④

수능	3점	테스트	본문 192~197쪽								
01	①	02	②	03	③	04	⑤	05	⑤	06	①
07	⑤	08	②	09	④	10	③	11	⑤	12	③