. 완벽한 자율학습서 .

완자

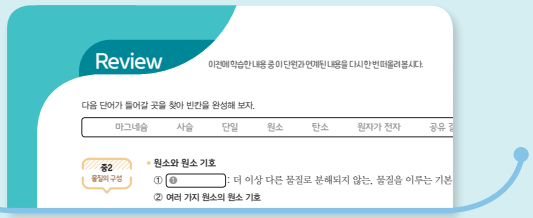


화학 I

Structure 구성과특징

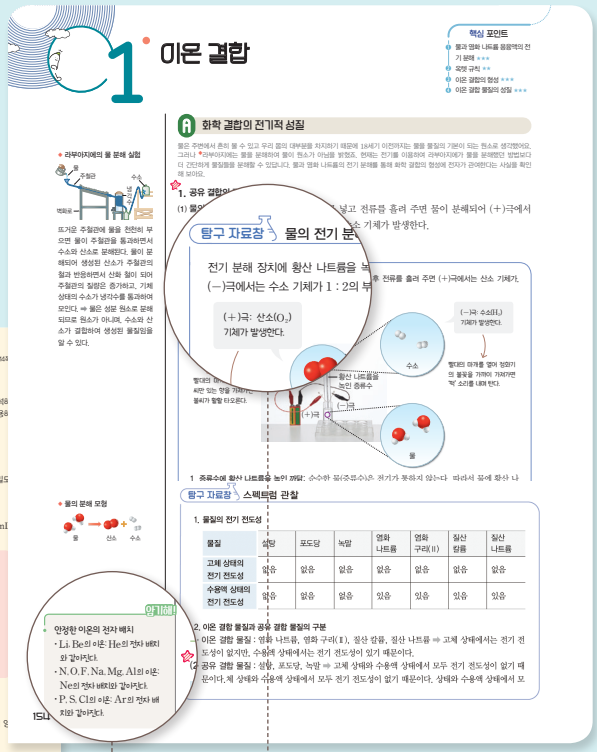
01 단원 시작하기

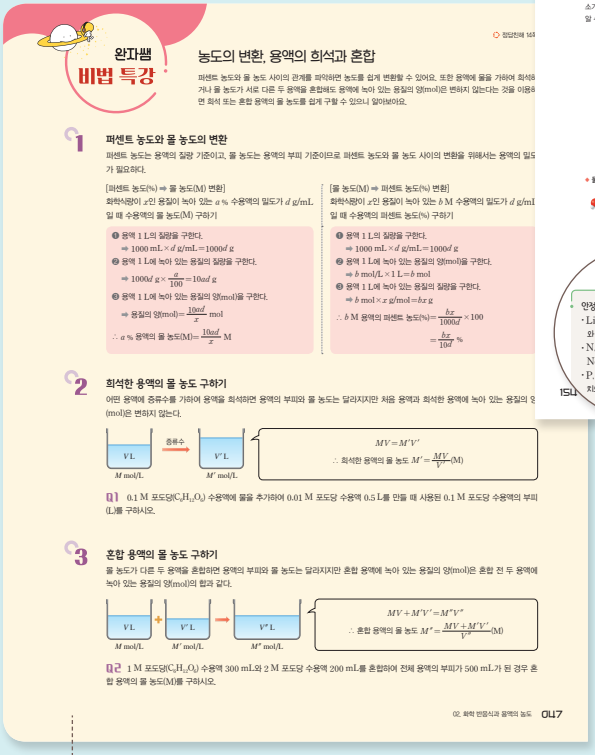
본 학습에 들어가기에 앞서
중등 과학이나 통합과학에서
배운 내용들을 간단히 복습한다.



02 단원 핵심 내용 파악하기

이 단원에서 꼭 알아야 하는 핵심 포인트를 확인하고,
친절하게 설명된 개념 정리로 개념을 이해한다.





탐구 자료창

교과서에 나오는 중요한 탐구를 명료하게
정리했으니 관련된 문제에 대비할 수 있어.

암기해! 주의해! 궁금해?

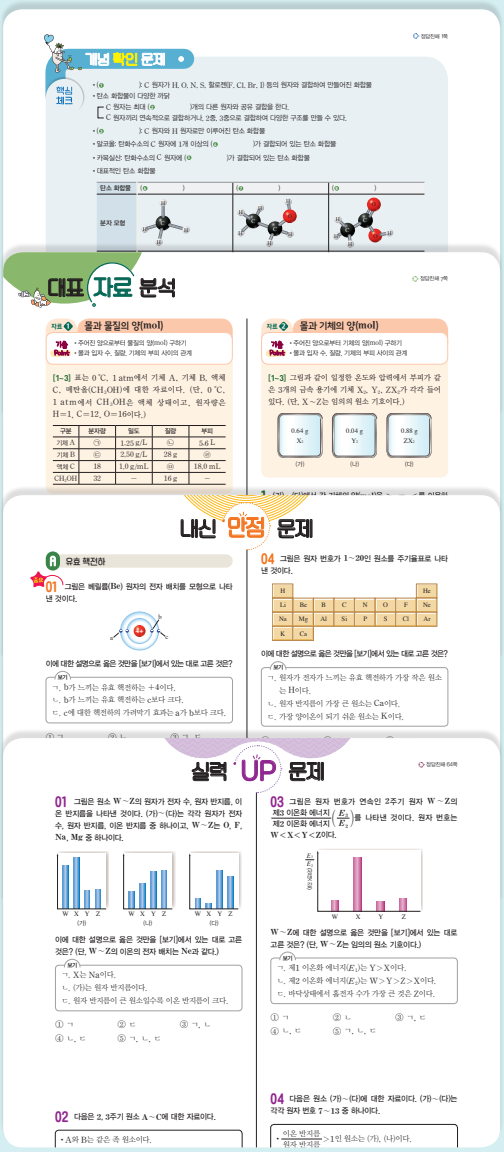
암기해야 하는 내용이나 주의해야 하는
내용이 꼼꼼하게 제시되어 있어.

완자쌤 비법 특강

더 자세하게 알고 싶거나 반복 학습이 필요한
경우 활용할 수 있도록 비법 특강을 준비했어.

03 내신 문제 풀기

개념을 확인하고, 대표 자료를 철저하게 분석한다.
내신 기출을 반영한 내신 만점 문제로 기본을 다지고,
실력 UP 문제에 도전하여 실력을 키운다.



04 반복 학습으로 실력 다지기

중단원 핵심 정리와 중단원 마무리 문제로
단원 내용을 완벽하게 내 것으로 만든 후,
수능 실전 문제에도 도전한다.

중단원
핵심 정리

중단원
마무리 문제

수능
실전 문제

시험 전 핵심 자료로 정리하기

시험에 꼭 나오는 핵심 자료만 모아놓아
시험 전에 한 번에 정리할 수 있다.

완자쌤의
비밀노트

QR 코드를 찍으면
완자쌤의 비밀노트로
최종 복습할 수 있어.

Contents 차례

Ⅰ 화학의 첫걸음

1 화학과 우리 생활

01 화학과 우리 생활 010

2 물질의 양과 화학 반응식

01 화학식량과 몰 030

02 화학 반응식과 용액의 농도 040

Ⅱ 원자의 세계

1 원자의 구조

01 원자의 구조 066

02 원자 모형과 전자 배치 080

2 원소의 주기적 성질

01 주기율표 114

02 원소의 주기적 성질 124

Ⅲ 화학 결합과 분자의 세계

1 화학 결합

01 이온 결합 154
02 공유 결합과 금속 결합 168

2 분자의 구조와 성질

01 결합의 극성 194
02 분자의 구조와 성질 208

Ⅳ 역동적인 화학 반응

1 화학 반응에서의 동적 평형

01 동적 평형 234
02 물의 자동 이온화 242
03 산 염기 중화 반응 256

2 화학 반응과 열의 출입

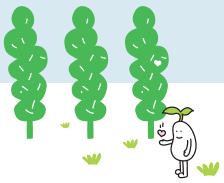
01 산화 환원 반응 284
02 화학 반응에서 열의 출입 298



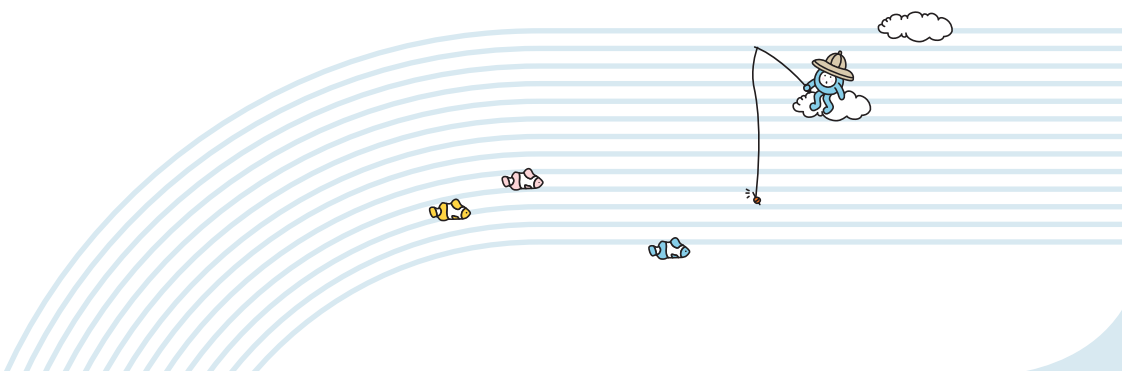
완자와 내 교과서 비교하기



대단원	중단원	소단원	완자	비상교육	교학사	금성	동아	미래엔	상상	지학사	천재교육	YBM
Ⅰ 화학의 첫걸음	1 화학과 우리 생활	01 화학과 우리 생활	010~027	11~22	13~23	13~25	11~23	14~27	15~19 23~27	13~23	11~18	13~19 23~30
	2 물질의 양과 화학 반응식	01 화학식량과 몰	030~039	27~39	27~35	29~33	29~35	28~35	31~37	27~33	23~29	35~40
		02 화학 반응식과 용액의 농도	040~063	40~42	39~45	34~43	36~40 42~45	36~47	41~45 49~51	34~42	30~38 40~43	41~43 47~56
Ⅱ 원자의 세계	1 원자의 구조	01 원자의 구조	066~079	55~59	57~61	55~61	57~58 60~63	58~67	63~66	57~61	55~64	67~73
		02 원자 모형과 전자 배치	080~111	60~68	65~77	62~73	66~74	68~79	71~79	62~65 67~70	65~77	77~87
	2 원소의 주기적 성질	01 주기율표	114~123	75~79	81~85	77~82	81~87	82~87	83~87	77~82	81~86	91~97
		02 원소의 주기적 성질	124~151	80~85	86~91	83~87	89~97	88~95	91~98	84~91	87~94	101~109
Ⅲ 화학 결합과 분자의 세계	1 화합 결합	01 이온 결합	154~167	99~105	103~107	99~108	109~119	106~116	109~110 113~116	107~115	107~115	119~126
		02 공유 결합과 금속 결합	168~191	106~111	108~111	109~114	120~124 126~130	118~125	119~122	116~119	116~123	127~133
	2 분자의 구조와 성질	01 결합의 극성	194~207	112~116	115~117 121~125	115~117 121~124	137~140 142~145	126~133	125~127 131~135	120~122	127~136	137~141 145~151
		02 분자의 구조와 성질	208~231	123~130	129~135	125~133	146~157	134~145	139~143 147~150	123~125 133~142	138~146	155~159



대단원	중단원	소단원	완자	비상교육	교학사	금성	동아	미래엔	상상	지학사	천재교육	YBM
Ⅳ 역동적인 화학 반응	1 화학 반응에서의 동적 평형	01 동적 평형	234~241	143~147	147~153	145~148	169~171	156~159	161~163	157~160	159~162	169~173
		02 물의 자동 이온화	242~255	148~152	154~157 163~164	149~153 157~161	172~173 175~176	160~165	167~170 173~174	165~169	163~172	174~177 181~184
		03 산 염기 중화 반응	256~281	159~165	161~163 165~171	162~167	176~178 180~183	166~173	175~180	170~174	173~181	185~189
	2 화학 반응과 열의 출입	01 산화 환원 반응	284~297	166~171	175~181	168~173	189~196	176~186	183~189	175~180	185~192 194~196	193~199
		02 화학 반응에서 열의 출입	298~319	172~175	185~189	174~176	201~208	188~193	193~198	187~191	197~199	203~209



I 화학의 첫걸음

1 화학과 우리 생활

Q1 화학과 우리 생활 010

Review

이전에 학습한 내용 중 이 단원과 연계된 내용을 다시 한 번 떠올려 봅시다.

다음 단어가 들어갈 곳을 찾아 빈칸을 완성해 보자.

마그네슘	사슬	단일	원소	탄소	원자가 전자	공유 결합	칼슘

중2 물질의 구성

- **원소와 원소 기호**

① ❶ : 더 이상 다른 물질로 분해되지 않는, 물질을 이루는 기본 성분

② **여러 가지 원소의 원소 기호**

원소	원소 기호	원소	원소 기호	원소	원소 기호
수소	H	헬륨	He	리튬	Li
❷	C	질소	N	산소	O
나트륨	Na	❸	Mg	알루미늄	Al
황	S	염소	Cl	❹	Ca

통합과학 자연의 구성 물질

- **탄소 화합물**

① **탄소 화합물**: 탄소(C)로 이루어진 기본 골격에 수소, 산소, 질소 등의 원소가 ❺ 을 하여 만들어진 물질

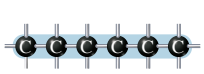
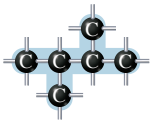
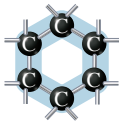
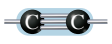
② **생명체를 구성하는 탄소 화합물**: 탄수화물, 포도당, 단백질 등

- **탄소 화합물의 결합 규칙성**

① 탄소는 ❻ 수가 4이며, 최대 4개의 다른 원자와 결합을 할 수 있다.

② **탄소의 결합 방식**

- 탄소는 다른 탄소와 결합하여 ❼ 모양, 가지 달린 사슬 모양, 고리 모양 등 다양한 모양의 구조를 만들 수 있다.
- 탄소는 다른 탄소와 ❽ 결합, 2중 결합, 3중 결합을 할 수 있다.

사슬 모양	가지 달린 사슬 모양	고리 모양	2중 결합	3중 결합
				

답 ❶ 원소 ❷ 탄소 ❸ 마그네슘 ❹ 칼슘 ❺ 공유 결합 ❻ 원자가 전자 ❼ 사슬 ❽ 단일

1 화학과 우리 생활

핵심 포인트
1. 식량 문제의 해결 ★★★
2. 의류, 주거, 건강 문제의 해결 ★★
3. 탄소 화합물 ★★
4. 탄소 화합물의 종류 ★★★

A 화학의 유용성

화학은 물질의 구조나 성질을 알아내고 물질들 사이의 반응을 연구하는 학문이에요. 화학은 식량, 의류, 주거, 건강 등 일상생활의 문제 해결에 큰 기여를 해왔을 뿐 아니라 인류의 풍요롭고 편안한 생활을 돕고 있죠. 그럼 화학이 어떻게 식량, 의류, 주거, 건강 등의 문제를 해결해 왔는지 살펴볼까요?

1. 식량 문제의 해결 19쪽 대표 자료 ❶

(1) ◆**식량 문제**: 산업 혁명 이후 인구의 급격한 증가로 인해 식물의 퇴비나 동물의 분뇨와 같은 천연 ❶비료에 의존하던 농업이 한계에 이르러 식량 부족 문제가 발생하였다.

(2) **식량 부족 문제의 해결**

① 화학 비료의 개발

화학 비료의 필요성 대두	◆질소(N), 인(P), 칼륨(K)이 식물 생장에 꼭 필요한 원소라는 것이 밝혀져 질소를 포함한 화학 비료를 개발하기 위해 노력하였다.
암모니아 합성	1906년 하버는 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 암모니아를 대량으로 합성하는 제조 공정을 개발하였다. ← 하버와 보슈가 함께 개발하여 하버-보슈법이라고 한다. $\text{질소}(N_2) + \text{수소}(H_2) \xrightarrow[\text{고온·고압}]{\text{철 ❷촉매}} \text{암모니아}(NH_3)$ ➡ 질소 기체와 수소 기체를 높은 온도와 압력에서 촉매와 함께 반응시켜 암모니아를 합성한다. ← 반응 속도를 빠르게 하는 촉매를 사용한다.
화학 비료의 대량 생산	대량 합성이 가능해진 암모니아를 원료로 화학 비료(질소 비료)를 대량 생산하게 되어 농업 생산량이 증대되었다.

② ◆**살충제, 제초제의 사용**: 잡초나 해충의 피해가 줄어 농산물의 질이 향상되고 생산량이 증대되었다.

③ **비닐의 등장**: 비닐하우스나 밭을 덮는 비닐의 등장으로 계절에 상관없이 작물 재배가 가능하게 되어 농업 생산량이 증대되었다.

(3) **미래의 식량 문제 해결**: 최근에는 곤충을 이용하여 식량을 개발하는 연구가 진행되고 있다. ← 단백질이 풍부하고 바이타민이 많으며, 가축보다 키우기 쉽고 메테인 기체 배출량이 적으며 좁은 면적에서 많이 키울 수 있어 효율이 크다.

어업 분야에서의 식량 생산량 증대 (동아 교과서에만 나와요.)

- 과거: 천연 소재로 만든 그물과 작살로 물고기를 잡아 식량을 얻었다. 그러나 천연 소재의 그물은 무겁고 물에 젖으면 쉽게 망가지며, 작살은 효율성이 낮아 물고기를 잡는 데 어려움이 있었다.
- 현재: 가볍고 질기며 물을 흡수하지 않는 합성 섬유로 그물을 만들어 물고기를 대량으로 잡거나 가두리 양식을 한다.



가두리 양식

(동아 교과서에만 나와요.)

◆ **원시 인류의 식량 생산**
원시 인류는 사냥, 채집을 통해 식량을 얻다가 우연한 기회에 농사를 짓기 시작했다. 처음 농사를 지을 때에는 돌로 만든 도구를 이용하였으나, 불을 이용하게 된 이후 청동 농기구와 철제 농기구를 만들어 이용하게 되면서 식량 생산량이 증가하였다.

◆ **생명체와 질소**
질소(N)는 생명체 내에서 단백질, 핵산 등을 구성하는 원소이지만 생명체는 공기 중의 질소(N_2)를 직접 이용하지 못한다.

◆ **살충제와 제초제 사용의 피해**
살충제와 제초제의 화학 물질은 토양 생태계를 파괴하고 지하수나 강을 오염시키기도 한다. 따라서 독성이 적고, 생태계에 미치는 영향이 적은 살충제와 제초제를 개발하기 위해 노력하고 있다.

(용어)
❶ **비료(肥 살찌다, 料 재료)** 식물이 잘 자라나도록 뿌려주는 영양 물질로, 주성분은 질소, 인, 칼륨, 황, 칼슘, 마그네슘 등이다.
❷ **촉매(觸 닿다, 媒 매개)** 자신은 변하지 않으면서 다른 물질의 화학 반응에 참여하여 반응 속도를 조절하는 물질

2. 의류 문제의 해결

(1) **의류 문제**: 식물에서 얻은 면이나 마, 동물에서 얻은 모, 비단(실크) 등의 천연 섬유는 흡습성과 촉감 등이 좋지만, 질기지 않아서 쉽게 닳고 대량 생산이 어려웠다.

(2) **의류 문제의 해결**

① 합성 섬유의 개발: ◆화석 연료를 원료로 하여 질기고 값이 싸며, 대량 생산이 쉬운 합성 섬유를 개발하였다. → 값싸고 다양한 기능이 있는 의복을 제작하고 이용할 수 있게 되었다.

합성 섬유	특징	이용
나일론 (폴리아마이드) (C, H, O, N로 이루어진 고분자 화합물)	• 최초의 합성 섬유이다. • 1937년 미국의 캐러더스가 개발하였다. • 매우 질기고 유연하며 신축성이 좋다. • 스타킹, 밧줄, 그물, 칫솔 등의 재료로 이용된다.	 밧줄
폴리에스터 (테릴렌)	• 가장 널리 사용되는 합성 섬유이다. • 강하고 탄성과 신축성이 있으며 잘 구겨지지 않는다. • 와이셔츠, 양복 등 다양한 의류용 섬유로 이용된다.	 양복
폴리아크릴 (폴리아크릴로나이트릴)	• 모와 유사한 보온성이 있다. • 니트, 양말 등에 이용된다.	 니트

② 합성염료의 개발: 천연염료는 구하기 어렵고 귀했지만, 합성염료가 개발되면서 다양한 색깔의 섬유와 옷감을 만들 수 있게 되었다.

예 모브: 최초의 합성염료로, 영국의 퍼킨이 말라리아 치료제를 연구하던 중 발견하였다.

(3) **미래의 의류 문제 해결**

① 최근에는 기능성 섬유나 첨단 소재의 섬유를 이용한 다양한 기능성 의복이 개발되고 있다.

② 정보 기술과 섬유 기술을 융합한 스마트 의류, 자동차의 차체 및 우주선의 동체에도 이용되는 슈퍼 섬유 등이 개발 중이다. → 고강도, 고탄성의 특성을 지닌 섬유로, 금속 이상의 강도를 지닌다.

3. 주거 문제의 해결

(1) **주거 문제**: 산업 혁명 이후 인구의 급격한 증가로 안락한 주거 환경과 대규모 주거 공간이 필요해졌다.

(2) **주거 문제의 해결**

① 화석 연료의 이용

- 가정에서 화석 연료를 난방과 취사에 이용하면서 안락한 주거 환경이 만들어졌다.
- 화석 연료를 화학 반응시켜 만든 ◆플라스틱 소재를 사용하면서 삶의 질이 높아졌다.

| 플라스틱(합성수지) |

플라스틱은 원유에서 분리한 나프타를 원료로 합성하며, 미국의 과학자 베이클랜드가 최초로 합성하였다. 플라스틱은 다음과 같은 특징이 있어 생활용품뿐만 아니라 가전제품, 건축 자재 등 우리 생활에 다양하게 이용된다.

- 가볍고, 외부의 힘과 충격에 강하며, 녹이 슬지 않는다.
- 다양한 색깔과 모양이 가능하다.
- 대량 생산이 가능하며, 값이 싸다.



다양한 플라스틱 제품

◆ **화석 연료**
화석 연료는 석탄, 석유, 천연가스 등의 연료로, 동물이나 식물의 사체가 땅속에서 오랜 세월에 걸쳐 분해되어 생성된 것이다.

금성 교과서에만 나와요.

◆ **플라스틱의 종류와 재활용**

- 열가소성 플라스틱: 가열하면 물러져서 모양이 쉽게 변한다.
- 열경화성 플라스틱: 굳어지면 가열해도 모양이 변하지 않는다.
- 플라스틱의 재활용: 음료수병으로 사용되는 페트(PET)는 가공 처리를 통해 폴리에스터 옷감으로 재활용할 수 있고, 포장지로 많이 쓰이는 폴리에틸렌은 모조 나무로 재활용할 수 있다.

② 건축 재료의 변화

천연 재료 나무, 흙, 돌과 같은 천연 재료는 건축에 시간이 오래 걸리고, 대규모로 건축하기도 어려웠다.

건축 재료 개발 화학의 발달과 함께 건축 재료가 바뀌면서 주택, 건물, 도로 등의 대규모 건설이 가능해졌다.

건축 재료	특징	이용
철	• 철의 제련: 철광석(Fe_2O_3)을 코크스(C)와 함께 용광로에서 높은 온도로 가열하여 얻는다. • 단단하고 내구성이 뛰어나 현재 가장 많이 사용되는 금속이다. • 크로뮴(Cr)을 섞어 더 단단하고 녹슬지 않는 합금(스테인리스강)으로 만들기도 한다. • 건축물의 골조나 배관 등 건축 자재로 이용될 뿐만 아니라 가전제품, 생활용품 등에도 이용된다.	 철로 만든 다리
시멘트	• 석회석($CaCO_3$)을 가열해 생석회(CaO)로 만든 후 점토를 섞은 건축 재료이다.	 철근 콘크리트로 만든 도로
콘크리트	• 모래와 자갈 등에 시멘트를 섞어 반죽한 건축 재료이다. • 압축하는 힘에는 강하지만 잡아당기는 힘에는 약하다.	
철근 콘크리트	• 콘크리트 속에 철근을 넣어 콘크리트 강도를 높인 건축 재료이다. • 대규모 건축물에 이용된다.	
알루미늄	• 알루미늄의 제련: 알루미늄 광석인 보크사이트를 가열하여 액체 상태로 녹인 후 전기 분해하여 얻는다. • 가볍고 단단하여 창틀, 건물 외벽 등에 이용된다.	 유리로 꾸민 건물
유리	• 모래에 포함된 이산화 규소(SiO_2)를 원료로 하여 만든다. • 다양한 기능을 갖춘 유리는 건물의 외벽, 창 등에 이용된다.	

(3) **미래의 주거 문제 해결**: 건축 재료의 성능이 점차 개량되고, 단열재, 바닥재, 창틀, 외장재 등도 새로운 소재로 변화되고 있다.

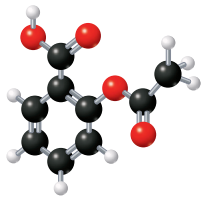
YBM 교과서에만 나와요.

4. 건강 문제의 해결 화학의 발전으로 합성 의약품이 개발되어 인간의 평균 수명이 과거보다 늘어나고 질병의 예방과 치료가 쉬워졌다.

합성 의약품	특징	이용
아스피린	• 최초의 합성 의약품이다. • 호프만이 버드나무 껍질에서 분리한 살리실산으로 합성한 아세틸 살리실산의 상품명이다. → 살리실산의 부작용을 줄이기 위해 화학적으로 합성한 물질이다. • 진통·해열제로 널리 이용된다.	 아스피린
페니실린	• 최초의 ❶항생제이다. • 플레밍이 푸른곰팡이에서 발견하였다. • 제2차 세계대전 중에 상용화되어 수많은 환자의 목숨을 구하였다.	 페니실린

◆ **그 밖의 건축 재료**
- 스타이로폼: 단열재로 이용하여 건물 내부의 열이 밖으로 빠져나가는 것을 막는다.
- 페인트: 건물 벽이 손상되지 않도록 보호하고, 건물을 아름답게 꾸민다.

◆ **아스피린 분자 모형**



탄소 산소 수소

YBM 교과서에만 나와요.

◆ **녹색화학(green chemistry)**
녹색화학은 환경을 오염시킬 수 있는 물질이나 위험 물질의 사용을 최소화하면서 화합물을 생산하는 과정을 설계하는 과학이다. 녹색화학은 과학의 발달과 함께 제기될 수 있는 문제를 예방하고 해결함으로써 인류의 삶을 더욱 풍요롭게 할 것이다.

(용어)

❶ **항생제(抗 막다, 生 살다, 劑 약)** 미생물에 의해 만들어진 물질로 다른 미생물의 성장이나 생존을 막는 물질



개념 확인 문제

핵심 체크

- 식량 문제의 해결
  - (❶)의 합성: 하버는 질소와 수소를 반응시켜 암모니아를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였다.
  - (❷)의 개발: 암모니아를 원료로 대량 생산하게 되어 농업 생산량이 증대되었다.
- 의류 문제의 해결
  - (❸)의 개발: 천연 섬유의 단점을 보완한 나일론, 폴리에스터, 폴리아크릴 등이 개발되었다.
  - (❹)의 개발: 원하는 색깔의 섬유와 옷감을 만들 수 있게 되었다.
- 주거 문제의 해결
  - (❺)의 이용: 가정의 연료, 생활용품의 원료로 이용되어 안락한 주거 환경 조성에 기여하였다.
  - (❻)의 변화: 주택, 건물, 도로 등의 대규모 건축물의 건설이 가능해졌다.
- 건강 문제의 해결: (❼)이 개발되어 인간의 평균 수명이 과거보다 늘어나고 질병의 예방과 치료가 쉬워졌다.

1 하버가 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 대량 생산하는 데 성공하였으며 화학 비료의 원료가 되는 물질의 이름과 화학식을 쓰시오.

2 의류 문제의 해결과 화학에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 천연 섬유는 값이 싸고 대량 생산이 쉽다. ····· ( )

(2) 합성 섬유가 개발되면서 천연 섬유를 완전히 대체하게 되었다. ····· ( )

(3) 나일론은 최초의 합성 섬유로 캐러더스가 개발하였다. ····· ( )

(4) 폴리에스터는 가장 널리 사용되는 합성 섬유이다. ····· ( )

(5) 합성염료의 개발로 다양한 색깔의 의류를 입을 수 있게 되었다. ····· ( )

3 합성 섬유와 그 이용을 옳게 연결하시오.

(1) 나일론 •	• ㉠ 니트
(2) 폴리에스터 •	• ㉡ 스타킹
(3) 폴리아크릴 •	• ㉢ 양복

4 주거 문제의 해결과 화학에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 화석 연료는 가정에서 난방과 취사에 이용된다. ····· ( )

(2) 현대의 건축 재료를 얻는 데 화학적 방법이 이용되고 있다. ····· ( )

(3) 철과 알루미늄은 철광석을 코크스와 함께 용광로에서 높은 온도로 가열하여 얻는다. ····· ( )

5 다음 설명과 관련된 건축 재료를 쓰시오.

- 모래와 자갈 등에 시멘트를 섞고 물로 반죽한 것이다.
- 철근을 넣어 강도를 높여 주택, 건물, 도로 건설에 이용한다.

6 다음 설명에 알맞은 물질의 이름을 각각 쓰시오.

(가) 플레밍이 푸른곰팡이에서 발견한 최초의 항생제

(나) 호프만이 버드나무 껍질에서 분리한 물질로 만든 최초의 합성 의약품의 상품명

B 탄소 화합물의 유용성

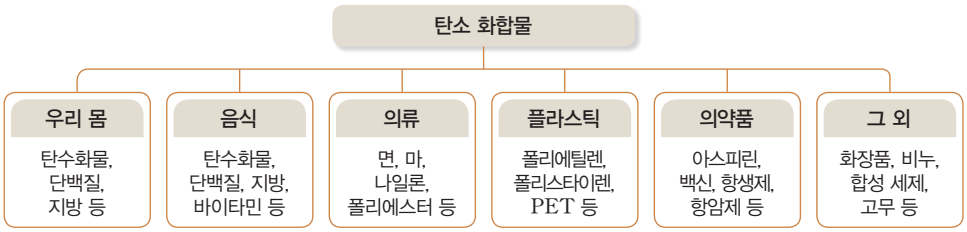
우리 몸은 탄소 화합물로 이루어져 있고, 우리가 먹는 음식도 탄소 화합물이에요. 또, 우리 주위에는 탄소 화합물로 이루어진 물질이 정말 많아요. 탄소 화합물이란 무엇일까요? 탄소 화합물에 대해 알아보고 어떻게 이용되고 있는지 살펴보아요.

1. 탄소 화합물 탄소(C) 원자가 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 할로젠(F, Cl, Br, I) 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물

2. 탄소 화합물의 다양성

(1) **우리 주변의 탄소 화합물**: 우리 주위의 많은 물질은 탄소 화합물로 이루어져 있다.

➡ 탄소 화합물은 생명 유지에 중요한 역할을 하며, 삶을 풍요롭게 하는 데에도 이용되고 있다.



원유의 분리

금성, YBM 교과서에만 나와요.

- 원유는 여러 가지 탄소 화합물이 섞여 있는 혼합물이다.
- 원유를 끓는점 차를 이용하여 분별 증류하면 석유 가스, 휘발유(나프타), 등유, 경유, 중유, 아스팔트를 얻을 수 있다.
- 원유를 분별 증류하여 얻은 물질을 원료로 다양한 석유 화학 제품을 만들 수 있는데, 이러한 제품은 모두 탄소 화합물이다.

우리는 일상생활에 필요한 많은 물질을 원유로부터 얻고 있어요.

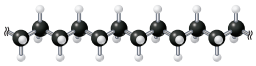


(2) 현재까지 알려진 탄소 화합물의 종류는 수천만 가지에 이르며, 매년 수만 가지의 새로운 탄소 화합물이 발견되거나 합성된다.

(3) **탄소 화합물이 다양한 까닭**

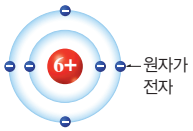
① ◆탄소(C) 원자는 원자가 전자 수가 4로, 최대 4개의 다른 원자(C, H, O, N 등)와 ❶공유 결합을 할 수 있다.

◆ **합성 고분자 물질**
고분자 물질은 수없이 많은 분자들이 결합하여 이루어진 물질을 뜻하며, 합성 고분자 물질은 합성 섬유, 플라스틱, 고무처럼 화학적으로 합성한 고분자 물질을 뜻한다.



합성 고분자 물질에 속하는 폴리에틸렌의 분자 모형

◆ **탄소 원자의 구조**
탄소(C) 원자는 원자핵과 전자 6개로 구성되어 있다. C의 전자 6개 중 2개는 안쪽 전자 껍질에 있고, 4개는 바깥 전자 껍질에 있는데, 바깥 전자 껍질에 있는 4개의 전자(원자가 전자)가 여러 종류의 다른 원자와 공유 결합을 할 수 있기 때문에 다양한 탄소 화합물을 만들 수 있다.



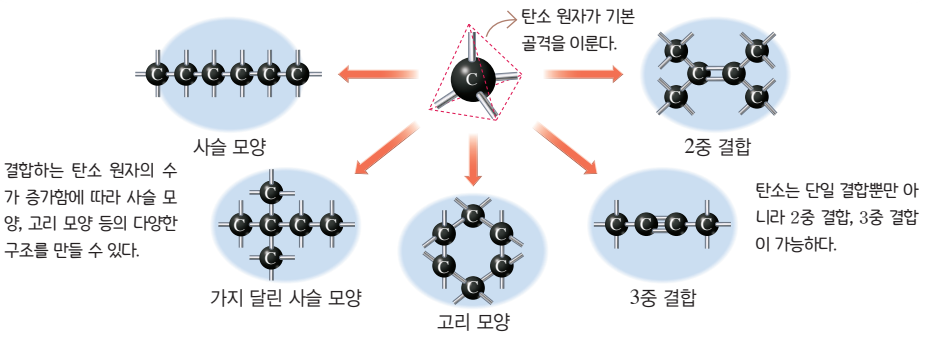
탄소의 원자 모형

(용어)

❶ **공유 결합(共 함께, 有 있다, 結 맺다, 合 합하다)** 두 원자가 서로 전자쌍을 공유함으로써 형성되는 화학 결합

② 탄소(C) 원자끼리 결합하여 다양한 길이와 구조의 화합물을 만들 수 있다.

탄소 화합물의 다양한 구조 금성, 상상 교과서에만 나와요.



3. 탄소 화합물의 종류 19쪽 대표 자료 ❷

(1) **탄화수소**: 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어진 탄소 화합물

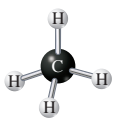
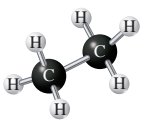
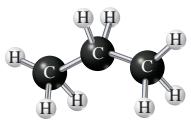
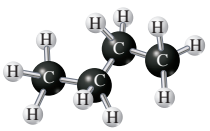
예 ◆메테인(CH_4), 에테인(C_2H_6), 프로페인(C_3H_8), 뷰테인(C_4H_{10}) 등

① 원유의 주성분으로, 완전 연소하면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성된다.

② 연소할 때 많은 에너지를 방출하므로 연료로 많이 이용된다.

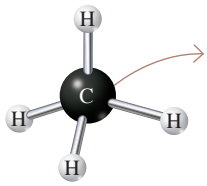
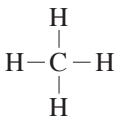
탄화수소의 끓는점 상상 교과서에만 나와요.

탄화수소는 탄소 수가 많을수록 분자 사이의 인력이 커서 끓는점이 높다.

탄화수소	메테인(CH_4)	에테인(C_2H_6)	프로페인(C_3H_8)	뷰테인(C_4H_{10})
분자 모형				
끓는점(℃)	−162	−89	−42	−0.5

액화 천연가스(LNG)의 주성분이다. / 액화 석유가스(LPG)의 주성분이다.

③ 대표적인 탄화수소의 구조와 특징 예 메테인(CH_4)

구조	• C, H만으로 이루어진 가장 간단한 탄소 화합물이다. • 정사면체 중심에 C 원자가 1개 있고, C 원자에 H 원자 4개가 결합하여 안정한 구조를 이룬다.  정사면체의 입체 구조이다. 분자 모형  ◆구조식
특징	• 천연가스에서 주로 얻으며, 냄새와 색깔이 없다. → 음식물이 소화되는 과정이나 쓰레기가 부패하는 과정에서도 발생한다. • 실온에서 기체 상태이며, 공기보다 가볍다. → 이산화 탄소와 함께 대표적인 온실 기체 중 하나이다. • 물에 대한 용해도가 작아 물에 거의 녹지 않는다. • 완전 연소하면 이산화 탄소와 물을 생성하며 많은 에너지를 방출한다. → $CH_4(g)+2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)$
이용	가정용 연료인 ◆액화 천연가스(LNG), 시내버스의 연료인 압축 천연가스(CNG)의 주성분

2중 결합과 3중 결합은 Ⅲ−1−02. 공유 결합과 금속 결합에서 더 자세히 배워요.

◆ **탄소 수에 따른 탄소 화합물의 이름**

탄소 화합물의 이름은 탄소 수에 따라 다음과 같은 규칙성을 갖는다.

탄소 수	물질 이름	
1	metha	메타
2	etha	에타
3	propa	프로파
4	buta	뷰타
5	penta	펜타
6	hexa	헥사

◆ **화학식의 종류**

- 화학식: 원소 기호와 숫자를 사용하여 물질을 구성하는 원자의 종류와 수를 나타낸 것
- 분자식: 화학식 중에서 분자를 이루는 원자의 종류와 수를 나타낸 것
- 구조식: 공유 결합 물질에서 각 원자 사이의 결합을 선으로 나타낸 화학식
- 시성식: 알코올의 하이드록시기(−OH)나 카복실산의 카복실기(−COOH)처럼 분자의 특성을 나타내는 부분을 작용기라고 하는데, 작용기를 따로 나타낸 화학식 예 에탄올의 분자식은 C_2H_6O이지만, 시성식은 C_2H_5OH이다.

◆ **액화 천연가스(LNG)**

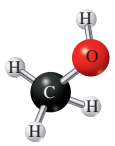
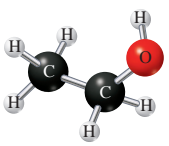
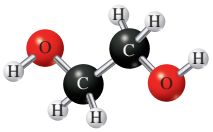
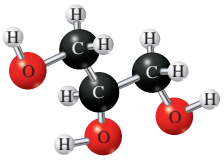
천연가스를 주성분인 메테인의 끓는점 이하로 냉각하여 액화한 것이다. 발열량이 크고 공해 물질을 배출하지 않아서 가정용 연료로 사용한다.

(2) **알코올**: 탄화수소의 탄소(C) 원자에 1개 이상의 하이드록시기(−OH)가 결합되어 있는 탄소 화합물

예 ◆메탄올(CH_3OH), 에탄올(C_2H_5OH), 프로판올(C_3H_7OH) 등

◆ **메탄올**
메탄올은 인체에 흡수되었을 때 폼알데하이드라는 독성 물질로 변환되어 실명하거나 사망에 이를 수 있다.

알코올의 구분 (금성 교과서에만 나와요.)

종류	−OH가 1개 있는 알코올		−OH가 2개 이상 있는 알코올	
	메탄올(CH_3OH)	에탄올(C_2H_5OH)	에틸렌 글리콜($C_2H_4(OH)_2$)	글리세롤($C_3H_5(OH)_3$)
분자 모형				
이용	플라스틱의 원료, 연료 전지	소독용 의약품	자동차 부동액, 폴리에스터의 원료	화장품의 원료

① 특유의 냄새가 있는 ❶가연성 물질이다.

② 완전 연소하면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성된다. → $2CH_3OH(l)+3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)+4H_2O(l)$

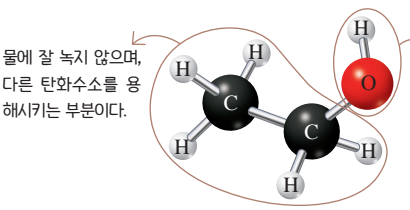
③ 대표적인 알코올의 구조와 특징 예 에탄올(C_2H_5OH)

주의해!

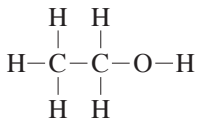
알코올 수용액의 액성
알코올은 분자 내에 −OH를 가지고 있고 물에 잘 녹지만, 물에 녹았을 때 수산화 이온(OH^-)을 내놓지 않으므로 염기성을 나타내지 않는다. 알코올의 액성은 중성이다.

구조

• C 원자 2개로 이루어진 탄화수소인 에테인(C_2H_6)에 H 원자 1개 대신 −OH 1개가 결합한 구조이다.



분자 모형


구조식

특징

• 예로부터 과일과 곡물을 발효시켜 얻을 수 있었다. → 과일이나 곡물 속 녹말이나 당이 효소에 의해 발효되어 에탄올이 된다. $C_6H_{12}O_6(s) \longrightarrow 2C_2H_5OH(l)+2CO_2(g)$

• 현대에는 에텐(C_2H_4)과 물을 반응시켜 얻는다. → $C_2H_4(g)+H_2O(l) \longrightarrow C_2H_5OH(l)$

• 특유의 냄새가 나고, 무색이다.

• 실온에서 액체 상태로 존재하지만 ❷휘발성이 강하며, 불이 잘 붙는다.

• 물에 잘 녹고, 기름과도 잘 섞일 수 있다. → 물에 잘 녹는 부분과 다른 탄화수소를 용해시키는 부분이 함께 존재하기 때문이다.

• 단백질을 응고시켜 살균, 소독 작용을 한다.

이용: 술의 성분, 소독용 알코올과 약품의 원료, 실험실 시약, 용매, 연료 등

탐구 자료창 손 소독제 만들기 (금성, 상상 교과서에만 나와요.)

비커에 소독용 에탄올과 끓인 물(정제수)을 4 : 1의 비율로 넣고 섞은 다음 글리세롤과 고농축 오일을 조금 넣고 저어 주어 완성한다.



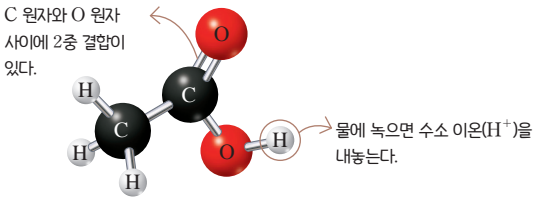
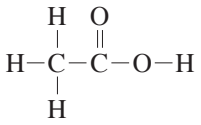
1. **물과 고농축 오일이 잘 섞이는 까닭**: 에탄올이 물에 잘 녹고, 기름과도 잘 섞일 수 있기 때문이다.
2. 손 소독제를 손에 뿌리면 시원한 느낌이 든다.
   ➡ 에탄올은 휘발성이 강하기 때문이다.

(용어)
❶ **가연성(可 옳다, 燃 타다, 性 성질)** 물질의 타기 쉬운 성질
❷ **휘발성(揮 흩어지다, 發 떠나다, 性 성질)** 끓는점이 낮은 액체의 표면에서 분자가 잘 떨어져 나오는 성질

(3) 카복실산: 탄화수소의 탄소(C) 원자에 카복실기(−COOH)가 결합되어 있는 탄소 화합물

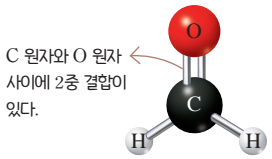
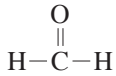
① 물에 녹으면 수소 이온(H^+)을 내놓으므로 약한 산성을 나타낸다.

② 대표적인 카복실산의 구조와 특징 예 아세트산(CH_3COOH)

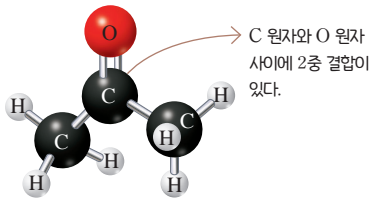
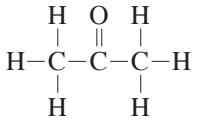
구조	• 메테인(CH_4) 분자의 H 원자 1개 대신 −COOH가 탄소 원자에 결합한 구조이다.  분자 모형  구조식
특징	• 일반적으로 에탄올을 발효시켜 얻는다. • 강한 자극성 냄새가 나며 무색이다. • 물에 잘 녹고, 물에 녹으면 약한 산성을 나타내어 신맛이 난다. ➡ $CH_3COOH(l) \longrightarrow CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$ • 실온에서 액체 상태로 존재하지만 17 °C보다 낮은 온도에서는 고체 상태로 존재하여 ❶빙초산이라고도 한다. (17 °C: 아세트산의 녹는점(어는점))
이용	식초의 성분, 음료, 식품의 장기 보관용 재료, 의약품, 염료, 합성수지의 원료 등 (식초: 아세트산의 2 %~5 % 수용액이다. / 의약품: 아스피린 합성에 이용된다. / 합성수지: 플라스틱을 의미한다.)

(4) 그 밖의 탄소 화합물 비상 교과서에만 나와요.

① 폼알데하이드(HCHO)

구조	• C 원자 1개에 H 원자 2개와 O 원자 1개가 결합한 구조이다.  분자 모형  구조식
특징	• 자극적인 냄새가 나고, 무색이며, 물에 잘 녹는다. (자극적인 냄새가 나고: 새집 증후군의 원인 물질이다.)
이용	플라스틱이나 가구용 접착제의 원료

② 아세톤(CH_3COCH_3)

구조	• C_3H_8에서 가운데 C 원자에 H 원자 2개 대신 O 원자 1개가 결합한 구조이다.  분자 모형  구조식
특징	• 특유의 냄새가 나고, 무색이다. • 물에 잘 녹을 뿐만 아니라 여러 탄소 화합물을 잘 녹인다.
이용	용매, 매니큐어 제거제

알기해!

탄소 화합물의 이용

- 메테인(CH_4): LNG, CNG의 주성분
- 에탄올(C_2H_5OH): 술의 성분, 소독용 알코올, 용매, 연료
- 아세트산(CH_3COOH): 식초의 성분, 의약품, 염료의 원료

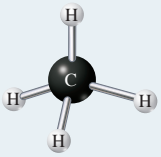
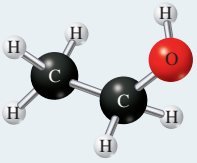
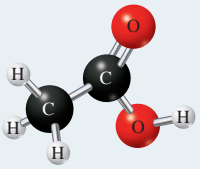
(용어)

❶ **빙초산**(氷 얼음, 醋 식초, 酸 산) 언 식초라는 뜻, 피부에 닿으면 심한 염증을 일으킨다.

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): C 원자가 H, O, N, S, 할로젠(F, Cl, Br, I) 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물
- 탄소 화합물이 다양한 까닭
  - C 원자는 최대 (❷)개의 다른 원자와 공유 결합을 한다.
  - C 원자끼리 연속적으로 결합하거나, 2중, 3중으로 결합하여 다양한 구조를 만들 수 있다.
- (❸): C 원자와 H 원자로만 이루어진 탄소 화합물
- 알코올: 탄화수소의 C 원자에 1개 이상의 (❹)가 결합되어 있는 탄소 화합물
- 카복실산: 탄화수소의 C 원자에 (❺)가 결합되어 있는 탄소 화합물
- 대표적인 탄소 화합물

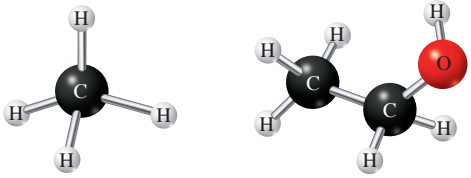
탄소 화합물	(❻)	(❼)	(❽)
분자 모형			
이용	LNG, CNG의 주성분	술의 성분, 소독용 알코올, 용매, 연료	식초의 성분, 의약품, 염료의 원료

1 탄소 화합물에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 탄소로만 이루어진 화합물이다. ····· ( )
(2) 탄소는 원자가 전자 수가 4로, 최대 4개의 다른 원자와 결합할 수 있다. ····· ( )
(3) 탄소 원자는 탄소 원자끼리 사슬 모양, 가지 달린 사슬 모양, 고리 모양 등 다양한 구조를 형성할 수 있다. ····· ( )
(4) 탄화수소가 완전 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성된다. ····· ( )
(5) 탄화수소는 일반적으로 탄소 수가 많을수록 끓는점이 낮다. ····· ( )

2 탄화수소는 ( ) 원자와 수소 원자로만 이루어진 탄소 화합물이다.

3 그림은 2가지 탄소 화합물의 분자 모형을 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) (가)는 메테인, (나)는 에탄올이다. ····· ( )
(2) (가)와 (나)는 모두 탄화수소이다. ····· ( )
(3) (가)와 (나)는 모두 연료로 이용할 수 있다. ····· ( )

4 ( ) 안에 알맞은 탄소 화합물의 이름을 쓰시오.

(1) ( )은 식초의 성분이다.
(2) ( )의 화학식은 HCHO이다.
(3) 화학식이 CH_3COCH_3인 ( )은 물에 잘 녹으며 여러 탄소 화합물을 녹이므로 용매로 이용된다.
(4) ( )은 술의 성분으로, 과일과 곡물을 발효시켜 얻을 수 있다.

대표 자료 분석

정답친해 2쪽

자료 ❶ 화학의 유용성

기출 Point • 식량, 의류, 주거 문제의 해결에 기여한 사례의 특징

[1~3] 다음은 화학이 우리 생활의 문제를 해결하는 데 기여한 사례들에 대한 설명이다.

(가) 하버는 ㉠를 대량으로 합성하는 제조 공정을 고안하여 화학 비료를 대량 생산할 수 있게 되었다.
(나) 철광석을 제련하여 ㉡을 만드는 기술이 개발되었다.
(다) 캐러더스는 최초의 합성 섬유인 ㉢을 개발하였고, 이후 다양한 합성 섬유가 개발되었다.

1 ㉠~㉢에 알맞은 말을 각각 쓰시오.

2 식량 문제, 의류 문제, 주거 문제의 해결에 기여한 사례를 (가)~(다)에서 각각 고르시오.

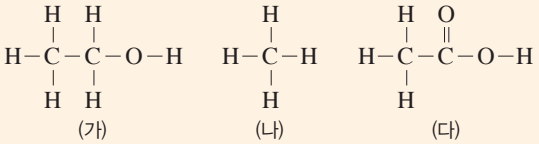
3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) ㉠은 공기 중의 질소와 산소를 반응시켜 합성한다. (○ / ×)
(2) ㉡에 크로뮴을 섞어 합금을 만들면 더 단단해지고, 녹이 슬지 않는다. (○ / ×)
(3) ㉢은 질기고 신축성이 좋아 스타킹, 밧줄, 그물 등에 이용된다. (○ / ×)
(4) 철근 콘크리트는 콘크리트 속에 ㉡을 넣어 강도를 높인 건축 재료이다. (○ / ×)
(5) (가)의 영향으로 농업 생산량이 크게 증대되었다. (○ / ×)
(6) (나)와 합성염료의 개발은 같은 문제의 해결에 기여하였다. (○ / ×)
(7) (다)의 합성 섬유는 대량 생산이 어려워 값이 비싸다. (○ / ×)

자료 ❷ 탄소 화합물의 종류

기출 Point • 탄소 화합물의 구분
• 탄소 화합물의 특성과 이용

[1~3] 다음은 탄소 화합물 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 메테인, 에탄올, 아세트산 중 하나이다.


(가) (나) (다)

1 (가)~(다)의 이름을 각각 쓰시오.

2 (가)~(다)가 완전 연소할 때 생성되는 공통적인 물질을 있는 대로 쓰시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)는 살균 효과가 있어 손 소독제의 원료로 이용된다. (○ / ×)
(2) (나)는 가정용 연료나 시내버스의 연료로 이용된다. (○ / ×)
(3) (가)와 (나)는 모두 물에 잘 녹는다. (○ / ×)
(4) (다)는 (가)를 발효시켜 얻을 수 있다. (○ / ×)
(5) (가)와 (다)는 물에 녹아 수소 이온을 내놓는다. (○ / ×)
(6) 실온에서 액체 상태로 존재하는 물질은 (가)와 (다)이다. (○ / ×)
(7) (가)~(다) 중 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$는 (나)가 가장 크다. (○ / ×)

내신 만점 문제

A 화학의 유용성

01 다음은 인류의 문제 해결에 기여한 반응식이다.

$$aN_2 + bH_2 \longrightarrow cNH_3$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, a~c는 가장 간단한 정수이다.)

보기

ㄱ. $a+b=c$이다.
ㄴ. 식물 생장에 필요한 원소가 포함된 반응이다.
ㄷ. NH_3의 합성 과정은 공기 중에서 쉽게 일어난다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **02** 다음은 화학이 인류의 문제 해결에 기여한 사례에 대한 자료이다.

- 20세기 초 하버는 ㉠를 합성하는 방법을 개발하여 화학 비료의 생산을 가능하게 함으로써 ㉡ 문제의 해결에 기여하였다.
- ㉢은 석유를 원료로 하여 개발한 최초의 합성 섬유이며, 이후 다양한 합성 섬유가 개발되어 의류 문제의 해결에 기여하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 화석 연료를 원료로 하여 합성한다.
ㄴ. '식량'은 ㉡으로 적절하다.
ㄷ. '나일론'은 ㉢으로 적절하다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 합성 섬유의 개발은 인류의 생활에서 의류 문제 해결에 기여하였다. 이에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① 대량 생산이 가능하다.
② 천연 섬유에 비해 질기고 값이 싸다.
③ 합성 섬유의 주요 성분 원소는 탄소와 수소이다.
④ 폴리에스터는 가장 널리 사용되는 합성 섬유이다.
⑤ 폴리아크릴은 질기고 신축성이 좋아 스타킹, 밧줄 등의 재료로 이용된다.

04 다음은 인류의 문제 해결에 기여한 물질에 대한 설명이다.

- 자연에서 산화물로 존재하므로 코크스(C)와 함께 용광로에 넣고 고온으로 가열하여 얻는다.
- 단단하고 내구성이 뛰어나 건축물의 골조 등에 이용된다.

이 물질은?

① 철 ② 유리 ③ 알루미늄
④ 플라스틱 ⑤ 스타이로폼

05 다음은 화학의 주거 문제 해결과 관련된 자료이다.

(가) 자연 상태의 석회석을 잘게 부숴 가열하고, 점토를 섞어서 만드는 건축 재료이다.
(나) 모래와 자갈 등에 (가)를 섞고 물로 반죽하여 사용하는 건축 재료이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 시멘트이다.
ㄴ. (나)는 철근을 넣는 공법이 개발되어 건물, 도로 건설에 이용되고 있다.
ㄷ. (가)와 (나)는 화학의 발달과 함께 점차 성능이 개량되고 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 화학이 인류의 문제 해결에 기여한 긍정적 사례로 옳지 않은 것은?

① 합성 의약품의 개발로 질병의 예방과 치료가 쉬워졌다.
② 비닐의 등장으로 계절에 상관없이 작물 재배가 가능해졌다.
③ 염료의 합성으로 다양한 색깔의 의류를 생산할 수 있게 되었다.
④ 화석 연료를 가정에서 이용하게 되면서 안락한 주거 환경을 누리게 되었다.
⑤ 플라스틱 제품이 널리 쓰이게 되면서 일회용품의 사용이 급격히 증가하였다.

B 탄소 화합물의 유용성

07 탄소 화합물에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 탄소 원자는 원자가 전자 수가 4이다.
ㄴ. 탄소는 여러 종류의 원자들과 안정한 공유 결합을 형성한다.
ㄷ. 탄소는 다른 탄소 원자와 결합하여 다양한 길이와 구조의 화합물을 생성할 수 있다.

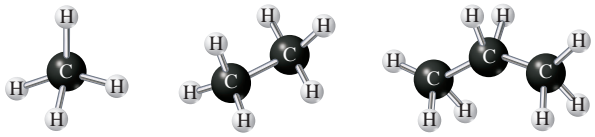
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 탄소 화합물에 해당하는 물질만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 물(H_2O) ㄴ. 프로페인(C_3H_8)
ㄷ. 암모니아(NH_3) ㄹ. 에탄올(C_2H_5OH)
ㅁ. 포도당($C_6H_{12}O_6$) ㅂ. 염화 나트륨(NaCl)

① ㄱ, ㄴ ② ㄷ, ㄹ ③ ㅁ, ㅂ
④ ㄱ, ㄷ, ㅂ ⑤ ㄴ, ㄹ, ㅁ

09 그림은 3가지 탄소 화합물의 모형을 나타낸 것이다.

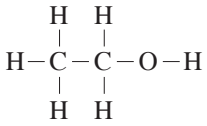

(가) (나) (다)

(가)~(다)의 공통점으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 물에 잘 녹는다.
ㄴ. 완전 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성된다.
ㄷ. 연소할 때 에너지를 많이 방출하여 연료로 이용된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **10** 다음은 어떤 탄소 화합물의 구조식을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 물에 녹으면 −OH를 내놓는다.
ㄴ. 휘발성이 강하며, 불이 잘 붙는다.
ㄷ. 살균·소독 작용을 한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **11** 폼알데하이드(HCHO)와 아세트산(CH_3COOH)의 공통점을 두 가지 서술하시오.

실력 UP 문제

정답친해 4쪽

01 다음은 탄소 화합물 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

탄소 화합물	(가)	(나)
분자식	CH_xO	CH_yO
O 원자와 결합한 H 원자 수	0	1
용도	㉠	연료

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $x+y=6$이다.
ㄴ. '가구용 접착제 원료'는 ㉠에 해당될 수 있다.
ㄷ. (나) 수용액의 액성은 산성이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 우리 생활에서 이용되는 4가지 물질을 3가지 기준에 따라 분류한 결과이다.

암모니아, 아스피린, 나일론, 메테인

분류 기준	예	아니요
탄소 화합물인가?	㉠	㉡
고분자 화합물인가?	㉢	㉣
(가)	아스피린, 나일론	암모니아, 메테인

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

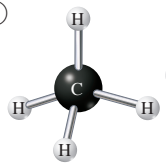
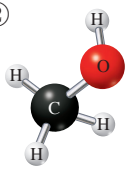
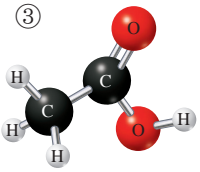
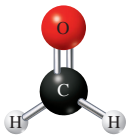
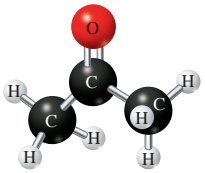
ㄱ. '산소(O)가 포함된 화합물인가?'는 (가)로 적절하다.
ㄴ. ㉠과 ㉣에 공통으로 해당되는 물질은 2가지이다.
ㄷ. 분류한 물질의 가짓수는 ㉡>㉢이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

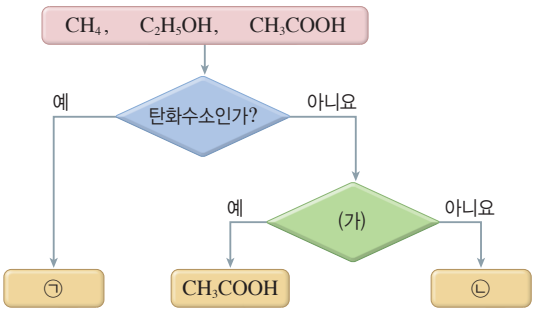
중요 12 다음은 어떤 탄소 화합물 X에 대한 설명이다.

- 탄화수소의 C 원자에 카복실기가 결합되어 있는 구조이다.
- 신맛이 나며 식초의 원료이다.

X의 분자 모형으로 옳은 것은?

① 
② 
③ 
④ 
⑤ 

13 그림은 메테인(CH_4), 에탄올(C_2H_5OH), 아세트산(CH_3COOH)을 2가지 기준에 따라 분류한 것이다. ㉠과 ㉡에 해당하는 분자 수는 각각 1이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 LNG의 주성분이다.
ㄴ. 분자당 원자 수는 ㉠<㉡이다.
ㄷ. '물에 잘 용해되는가?'는 (가)로 적절하다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원

핵심 정리

정답친해 4쪽

Q1 화학과 우리 생활

1. 화학의 유용성

(1) 식량 문제 해결

① 식량 문제: 산업 혁명 이후 인구의 급격한 증가로 천연 비료에 의존하던 농업이 한계에 이르렀다.

② 식량 문제 해결

화학 비료의 개발	하버가 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 (❶) 를 대량 합성하는 제조 공정 개발 ➡ (❶)를 원료로 화학 비료를 대량 생산하게 되어 농업 생산량 증대
살충제와 제초제의 사용	잡초나 해충의 피해가 줄어 농산물의 질이 향상되고 생산량 증대
비닐의 등장	비닐하우스를 이용하여 계절에 상관없이 작물 재배가 가능하게 되어 농업 생산량 증대

(2) 의류 문제 해결

① 의류 문제: 천연 섬유는 질기지 않아서 쉽게 닳고 대량 생산이 어려웠으며, 천연염료는 구하기 어렵고 귀했다.

② 의류 문제 해결

합성 섬유의 개발	• 천연 섬유의 단점을 보완한 합성 섬유 개발 • (❷): 최초의 합성 섬유로, 매우 질기고 유연하며 신축성이 좋아 스타킹, 밧줄 등에 이용 • (❸): 가장 널리 사용되는 합성 섬유로, 강하고 구겨지지 않아 양복 등에 이용 • (❹): 모와 유사한 보온성이 있어 니트, 양말 등에 이용
합성염료의 개발	다양한 색깔의 섬유와 옷감을 만들 수 있게 됨

(3) 주거 문제 해결

① 주거 문제: 산업 혁명 이후 인구의 급격한 증가로 안락한 주거 환경과 대규모 주거 공간이 필요해졌다.

② 주거 문제 해결

(❺)의 이용	화석 연료가 가정의 연료, 생활용품의 원료로 이용되어 안락한 주거 환경 조성에 기여
(❻)의 변화	흙, 나무 등의 천연 재료에서 철, 시멘트, 콘크리트 등으로 건축 재료가 바뀌면서 대규모 건축물의 건설 가능

(4) 건강 문제 해결: (❼)이 개발되어 인간의 평균 수명이 과거보다 길어지고 질병의 예방과 치료가 쉬워졌다.

2. 탄소 화합물의 유용성

(1) 탄소 화합물: C 원자가 H, O, N, S, 할로젠(F, Cl, Br, I) 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물

① 우리 주변의 탄소 화합물: 우리 몸, 음식, 의류, 플라스틱, 의약품, 화장품, 비누, 합성세제, 고무 등

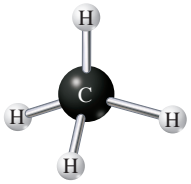
② 현재까지 알려진 탄소 화합물의 종류는 수천만 가지에 이를 정도로 매우 다양하다.

③ 탄소 화합물이 다양한 까닭: C 원자는 원자가 전자 수가 4로 최대 (❽)개의 다른 원자와 공유 결합을 하며, C 원자끼리 결합하여 다양한 길이와 구조의 화합물을 만들 수 있기 때문이다.

(2) 탄소 화합물의 종류

① (❾): C 원자와 H 원자로만 이루어진 탄소 화합물로, 원유의 주성분이며 연료로 많이 이용된다.

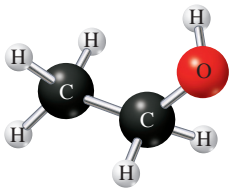
예 메테인(CH_4)



- 천연가스에서 주로 얻음
- 냄새와 색깔이 없음
- 실온에서 기체 상태
- 물에 거의 녹지 않음
- 연소하면 많은 에너지를 방출
- (❿)와 CNG의 주성분

② (⓫): 탄화수소의 C 원자에 1개 이상의 −OH가 결합되어 있는 탄소 화합물로, 특유의 냄새가 있는 가연성 물질이다.

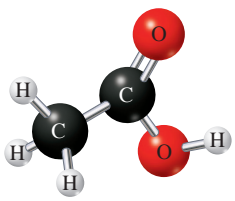
예 에탄올(C_2H_5OH)



- 예로부터 과일과 곡물을 발효시켜 얻음
- 현대에는 C_2H_4과 물을 반응시켜 얻음
- 특유의 냄새가 나고, 무색임
- 실온에서 (⓬) 상태, 휘발성 강함
- 물에 잘 녹고, 기름과 잘 섞일 수 있음
- 살균, 소독 작용
- 술의 성분, 소독용 알코올, 약품, 용매, 연료로 이용

③ (⓭): 탄화수소의 C 원자에 −COOH가 결합되어 있는 탄소 화합물로, 물에 녹으면 약한 산성을 나타낸다.

예 아세트산(CH_3COOH)



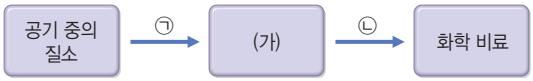
- 일반적으로 에탄올을 발효시켜 얻음
- 강한 자극성 냄새가 나고 무색임
- 물에 잘 녹으며, 물에 녹으면 약한 (⓮)을 나타내어 신맛이 남
- 17 °C보다 낮은 온도에서 고체 상태
- 식초의 성분, 합성수지, 의약품, 염료의 원료로 이용

중단원

마무리 문제

하 중 상

01 다음은 식량 문제의 해결과 관련하여 공기 중의 질소로부터 화학 비료가 공업적으로 생산되기까지의 과정을 모식도로 나타낸 것이다. (가)의 대량 생산이 가능해지면서 농업 생산량이 크게 증대되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 암모니아이다.
ㄴ. ㉠의 반응에 산소가 필요하다.
ㄷ. ㉡의 과정에 하버 보슈법이 이용된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

02 다음은 의류 문제 해결과 관련된 자료이다. ㉠과 ㉡은 각각 천연 섬유와 합성 섬유 중 하나이다.

- ㉠는 흡습성과 촉감이 좋지만 쉽게 닳는다.
- ㉡는 화석 연료를 원료로 만들며, 질기고 값이 싸다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 천연 섬유이다.
ㄴ. ㉡의 예에는 나일론, 폴리에스터가 있다.
ㄷ. ㉠과 ㉡은 모두 대량으로 생산하기 쉽다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

03 주거 문제 해결에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 제련 기술의 발달로 생산된 철과 알루미늄이 건축 재료로 이용될 수 있게 되었다.
ㄴ. 화석 연료가 연소할 때 발생하는 열을 이용하여 가정에서 난방과 조리를 한다.
ㄷ. 건축 재료의 성능이 점차 개량되고 새로운 소재로 변화되고 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

04 합성 의약품에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

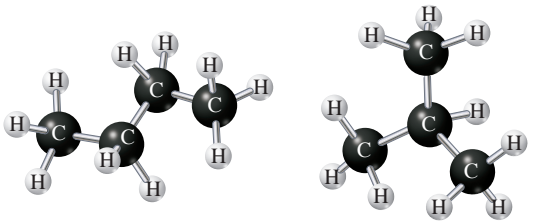
보기

ㄱ. 아스피린은 최초의 항생제이다.
ㄴ. 페니실린은 최초로 합성된 의약품이다.
ㄷ. 합성 의약품의 개발로 인간의 평균 수명이 늘어났다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

05 그림은 2가지 탄소 화합물의 분자 모형을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

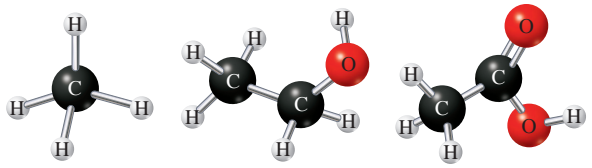
보기

ㄱ. (가)와 (나)는 분자식이 같다.
ㄴ. (가)와 (나)는 모두 탄화수소이다.
ㄷ. (가)와 (나)는 같은 물질이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

06 그림은 3가지 탄소 화합물의 분자 모형을 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 모두 물에 잘 녹는다.
ㄴ. (가)와 (나)는 연료로 이용된다.
ㄷ. (다)는 (나)를 발효시켜 얻을 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

07 다음은 탄소 화합물 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 폼알데하이드($HCHO$), 아세트산(CH_3COOH), 에탄올(C_2H_5OH) 중 하나이다.

- (가)와 (나)에는 O 원자에 결합된 H 원자가 있다.
- (나)와 (다)는 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{C 원자 수}}=1$이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 분자당 탄소 수는 (가)>(다)이다.
ㄴ. (나) 수용액의 액성은 산성이다.
ㄷ. (다)는 손 소독제의 원료이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 문제

하 중 상

08 인류의 (가)식량 문제와 (나)의류 문제를 각각 해결하는 데 기여한 화학의 역할을 다음 용어를 모두 포함하여 서술하시오.

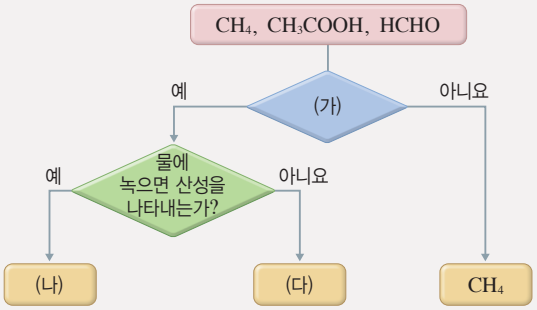
암모니아	화학 비료	천연 섬유	합성 섬유

하 중 상

09 수많은 탄소 화합물이 존재할 수 있는 까닭을 두 가지 서술하시오.

하 중 상

10 그림은 메테인(CH_4), 아세트산(CH_3COOH), 폼알데하이드($HCHO$)를 분류 기준에 따라 분류한 결과이다.



(1) (가)에 들어갈 조건으로 적절한 것을 한 가지 서술하시오.

(2) (나)와 (다)의 이름을 각각 쓰시오.

수능 실전 문제

• 수능 출제 경향

이 단원에서는 화학의 유용성과 관련하여 식량, 의류, 주거 문제의 해결에 대한 문제가 출제된다. 또, 탄소 화합물의 유용성과 관련하여 다양한 종류의 탄소 화합물이 일상생활에서 인간의 생명 유지와 편리한 삶을 위해 어떻게 이용되고 있는지를 묻는 문제와 다양한 구조의 탄소 화합물에 대한 문제가 출제된다.

수능 이렇게 나온다!

표는 일상생활에서 이용되고 있는 물질에 대한 자료이다.

❶ 카복실기(−COOH)가 결합되어 있다.
└ 물에 녹으면 수소 이온(H^+)을 내놓는다.

물질	이용 사례
아세트산(CH_3COOH)	식초의 성분이다.
암모니아(NH_3)	질소 비료의 원료로 이용된다.
에탄올(C_2H_5OH)	㉠

❷ 암모니아의 성분 원소는 질소와 수소이다.

❸ 하이드록시기(−OH)가 결합되어 있는 알코올이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. CH_3COOH을 물에 녹이면 산성 수용액이 된다.
ㄴ. NH_3는 탄소 화합물이다.
ㄷ. '의료용 소독제로 이용된다.'는 ㉠으로 적절하다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

출제개념

탄소 화합물의 유용성

▶ 본문 14~17쪽

출제의도

탄소 화합물의 종류를 파악하고, 탄소 화합물이 일상생활에서 다양한 용도로 이용되는 예를 확인하는 문제이다.

전략적 풀이

❶ 아세트산(CH_3COOH)은 카복실기(−COOH)가 결합되어 있음을 파악한다.

ㄱ. CH_3COOH은 CH_4 분자의 H 원자 1개 대신에 −COOH가 결합한 구조이며, 물에 녹으면 −COOH에서 (　　)을 내놓으므로 약한 (　　)을 나타낸다. 아세트산은 (　　)의 성분이다.

❷ 탄소 화합물의 정의를 파악한 뒤 암모니아(NH_3)의 성분 원소를 확인한다.

ㄴ. 탄소 화합물은 (　　) 원자가 H, O, N, S, 할로젠 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물이다. 암모니아의 성분 원소는 (　　)와 (　　)이므로 암모니아는 탄소 화합물이 아니다.

❸ 에탄올(C_2H_5OH)이 알코올임을 파악하고, 이용 사례를 생각해 본다.

C_2H_5OH은 에테인(C_2H_6) 분자의 H 원자 1개 대신에 (　　) 1개가 결합한 구조로, 의료용 소독제와 연료 등으로 이용된다.

❶ 수소 이온(H^+), 산성, 식초
❷ C, N, H
❸ −OH

답 ③

01 다음은 암모니아(NH_3)에 대한 자료이다.

> 20세기 초 ㉠암모니아의 대량 합성 방법이 개발되어 화학 비료의 대량 생산이 가능해졌다. 암모니아는 화학 비료 이외에도 약품의 제조나 토양의 산성화 방지 등 여러 분야에 이용되고 있다.

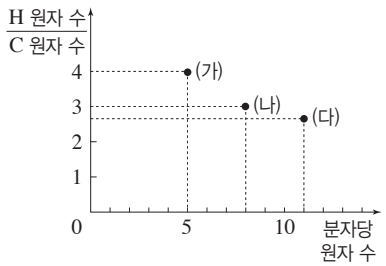
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 암모니아의 구성 원소는 질소와 수소이다.
ㄴ. 암모니아 수용액의 액성은 산성이다.
ㄷ. ㉠은 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 4가지 사슬 모양 탄화수소에 대하여 분자당 원자 수와 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$의 관계를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

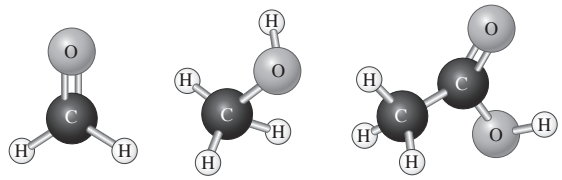
보기

ㄱ. (가)는 온실 기체 중 하나이다.
ㄴ. (다)는 액화 천연가스의 주성분 중 하나이다.
ㄷ. 끓는점은 (나)가 (다)보다 높다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 물질 (가)~(다)에 대한 자료와 분자 모형을 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가)와 (나)는 분자당 H 원자 수가 같다.
- (가)와 (다)는 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$가 같다.



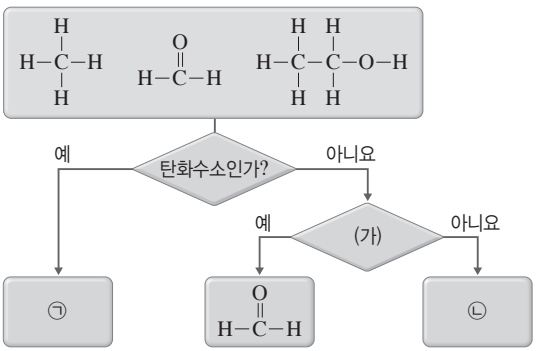
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 물에 녹아 수소 이온을 내놓는다.
ㄴ. (나)는 새집 증후군의 원인 물질이다.
ㄷ. (다)는 O 원자에 결합한 H 원자가 존재한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 3가지 탄소 화합물을 분류 기준에 따라 분류한 결과이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠의 분자식은 CH_4이다.
ㄴ. ㉡은 물에 잘 녹는다.
ㄷ. (가)에는 '다중 결합이 있는가?'가 해당된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

I 화학의 첫걸음

2 물질의 양과 화학 반응식

01 화학식량과 몰 030

02 화학 반응식과 용액의 농도 040

Review

이전에 학습한 내용 중 이 단원과 연계된 내용을 다시 한 번 떠올려 봅시다.

다음 단어가 들어갈 곳을 찾아 빈칸을 완성해 보자.

질량비	질량 보존	용액	용해

중3 화학 반응의 규칙성

- **화학 반응과 관련된 법칙**

① ❶ **법칙(1772년, 라부아지에)**: 화학 변화가 일어날 때 반응물의 총질량과 생성물의 총질량은 같다.

반응물의 총질량 = 생성물의 총질량

- **성립하는 까닭**: 화학 반응이 일어날 때 물질을 이루는 원자의 종류와 수가 변하지 않기 때문이다.
- 화학 변화와 물리 변화에서 모두 성립한다.

② **일정 성분비 법칙(1799년, 프루스트)**: 화합물을 구성하는 성분 원소 사이에는 항상 일정한 ❷가 성립한다.

- **성립하는 까닭**: 화합물이 만들어질 때 원자는 항상 일정한 개수비로 결합하기 때문이다.
- 화합물에서는 성립하지만, 혼합물에서는 성립하지 않는다.

③ **기체 반응 법칙(게이뤼삭)**: 같은 온도와 압력에서 기체가 반응하여 새로운 기체를 생성할 때 각 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다.

- **성립하는 까닭**: 일정한 온도와 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있기 때문이다.

중2 물질의 특성

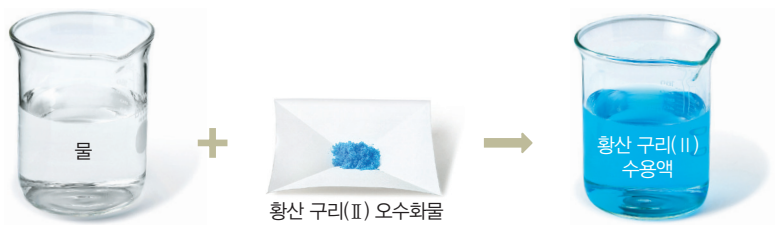
- **용해와 용액**

① ❸: 한 물질이 다른 물질에 녹아 고르게 섞이는 현상

② **용매**: 다른 물질을 녹이는 물질

③ **용질**: 다른 물질에 녹는 물질

④ ❹: 용매와 용질이 고르게 섞여 있는 물질



용매 용질 용액

답 ❶ 질량 보존 ❷ 질량비 ❸ 용해 ❹ 용액

1 화학식량과 몰

핵심 포인트
1. 원자량, 분자량, 화학식량 ★★
2. 몰과 아보가드로수 ★★★
3. 몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계 ★★★

A 화학식량

1. 원자량 ◆질량수가 12인 탄소(^{12}C) 원자의 질량을 12로 정하고 이를 기준으로 하여 나타낸 원자들의 상대적인 질량 ➡ 단위가 없다.

◆ **질량수**
원자핵을 구성하는 양성자수와 중성자수의 합을 질량수라고 한다.

질량수 = 양성자수 + 중성자수

◆ **원자 1개의 실제 질량**

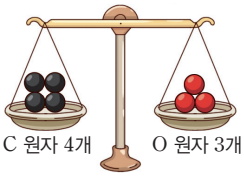
원자	질량(g)
수소(H)	1.67×10^{-24}
탄소(C)	1.99×10^{-23}
산소(O)	2.66×10^{-23}

탄소 원자와 다른 원자의 원자량 비교



H 원자 1개의 질량 $= \frac{1}{12}\times$C 원자 1개의 질량

➡ H의 원자량 $= \frac{1}{12}\times12=1$



O 원자 1개의 질량 $= \frac{4}{3}\times$C 원자 1개의 질량

➡ O의 원자량 $= \frac{4}{3}\times12=16$

(1) **원자량을 사용하는 까닭**: 원자는 ◆질량이 매우 작아서 실제의 값을 그대로 사용하는 것이 불편하므로 특정 원자와 비교한 상대적인 질량을 원자량으로 사용한다.

(2) **여러 가지 원소의 원자량**

원소	수소(H)	탄소(C)	질소(N)	산소(O)	나트륨(Na)	염소(Cl)
원자량	1	12	14	16	23	35.5

주의해!
평균 원자량
같은 원소이지만 중성자수가 달라 질량수가 다른 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 계산한 원자량을 평균 원자량이라고 한다. 이 단원에서 사용하는 원자량이라는 표현은 평균 원자량을 뜻한다.



동위 원소와 평균 원자량은 Ⅱ-1-01. 원자의 구조에서 더 자세히 배워요.

2. 분자량 분자의 상대적인 질량으로 분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합한 값

물의 분자량



물의 분자량	=	산소의 원자량	+	2× 수소의 원자량
18	=	16	+	2×1

3. ◆화학식량 물질의 화학식을 이루는 각 원자들의 원자량을 합한 값

염화 나트륨의 화학식량



나트륨의 원자량	+	염소의 원자량	=	염화 나트륨의 화학식량
23	+	35.5	=	58.5

◆ **화학식과 화학식량**
화학식은 분자식을 포함하는 개념이며, 이온 결합 물질이나 금속도 화학식으로 나타낸다. 마찬가지로 화학식량은 분자량을 포함하는 개념이며, 이온 결합 물질이나 금속의 양을 나타낼 때에도 화학식량을 이용한다.

B 몰

1. [1]몰

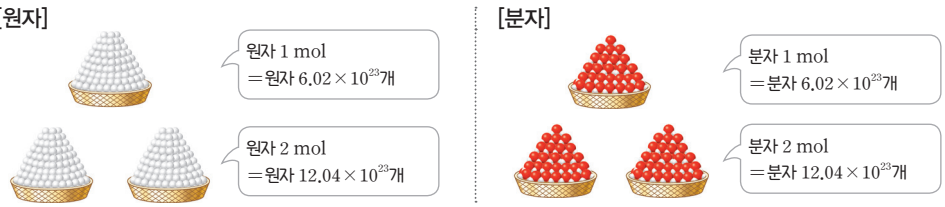
(1) **몰(mol)**: 원자, 분자, 이온 등과 같이 매우 작은 입자의 양을 나타내는 묶음 단위

(2) **몰과 [2]아보가드로수의 관계**: 1 mol은 입자 6.02×10^{23}개를 뜻하며, 6.02×10^{23}을 아보가드로수라고 한다.

> 1 mol = 입자 6.02×10^{23}개

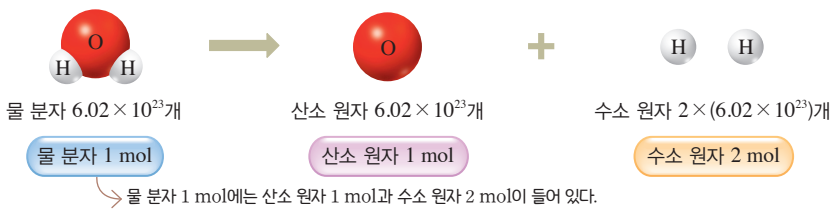
① 물질의 종류에 관계없이 물질 1 mol에는 물질을 구성하는 입자 6.02×10^{23}개가 들어 있다.

몰과 입자 수의 관계



② 물질의 양(mol)을 알면 그 물질을 구성하는 입자의 양(mol)도 알 수 있다.

물 분자 1 mol을 이루는 원자의 양(mol)



(3) **묶음 단위를 사용하는 까닭**: 원자, 분자와 같은 입자는 매우 작고 가벼워서 물질의 양이 적어도 그 속에는 매우 많은 수의 입자가 포함되어 있으므로 묶음 단위를 사용하면 편리하다.

2. 몰과 질량

(1) **[◆]1 mol의 질량**: 화학식량 뒤에 g을 붙인 값과 같다.

구분	1 mol	예
원자	원자량 g	[◆]탄소(C)의 원자량: 12 ➡ C 원자 1 mol의 질량 = 12 g
분자	분자량 g	물(H_2O)의 분자량: 18 ➡ H_2O 분자 1 mol의 질량 = 18 g
이온 결합 물질	화학식량 g	염화 나트륨(NaCl)의 화학식량: 58.5 ➡ NaCl 1 mol의 질량 = 58.5 g

(2) **몰 질량**: 물질 1 mol의 질량으로, 단위는 g/mol로 나타낸다. ◆물질을 구성하는 입자의 종류와 수에 따라 몰 질량은 달라진다.

(3) **물질의 양(mol)**: 물질의 질량을 몰 질량으로 나누어서 구할 수 있다.

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

예 물(H_2O) 54 g의 양(mol) $= \dfrac{H_2O\text{의 질량}}{H_2O\text{의 몰 질량}} = \dfrac{54\text{ g}}{18\text{ g/mol}} = 3\text{ mol}$

◆ **여러 가지 단위**



◆ **물질 1 mol의 질량 비교**



- 탄소 1 mol = 12 g
- 염화 나트륨 1 mol = 58.5 g
- 황 1 mol = 32 g
- 구리 1 mol = 63.5 g

◆ **탄소(C) 원자 1 mol의 질량과 탄소(C) 원자 1개의 질량**

원자량이 12인 탄소(C) 원자 1 mol, 즉 6.02×10^{23}개의 질량은 12 g이다. 따라서 탄소(C) 원자 1개의 질량은 $\dfrac{12\text{ g}}{6.02\times10^{23}} = 1.99\times10^{-23}$ g이다.

(용어)

[1] **몰** '더미'를 뜻하는 라틴어인 mole에서 유래되었으며, 분자를 뜻하는 molecule에서 따온 용어로, 물질을 구성하는 입자의 묶음 단위이다.

[2] **아보가드로수**(avogardro's number) 분자의 개념을 도입하고 아보가드로 법칙을 제안한 과학자인 아보가드로를 기념하기 위해 물질 1 mol에 들어 있는 입자 수를 아보가드로수라고 한다.

◆ **같은 온도와 압력에서 기체의 부피**
기체는 분자의 크기를 무시할 수 있을 정도로 분자의 크기보다 분자 사이의 공간이 훨씬 크다. 따라서 기체 분자의 크기가 서로 달라도 같은 온도와 압력에서 같은 부피 속에 들어 있는 기체 분자의 수가 같다.

3. 몰과 기체의 부피

(1) **아보가드로 법칙**: ◆온도와 압력이 같을 때 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다. → 아보가드로 법칙은 기체의 종류에 관계없이 모든 기체에 대하여 성립한다.

(2) **기체 1 mol의 부피**: 0 °C, 1 atm에서 모든 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.

> 기체 1 mol의 부피=22.4 L(0 °C, 1 atm)

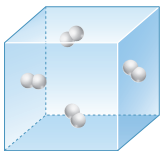
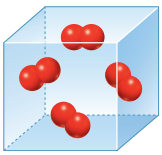
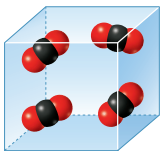
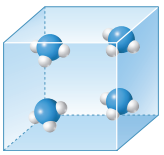
(3) **기체 물질의 양(mol)**: 0 °C, 1 atm에서 기체의 부피를 22.4 L/mol로 나누어 구한다.

$$\text{기체 물질의 양(mol)} = \frac{\text{기체의 부피(L)}}{22.4\,\text{(L/mol)}}\ (0\ ^\circ\text{C},\ 1\ \text{atm})$$

주의해!
부피와 양(mol)의 관계
부피와 양(mol)의 관계는 고체와 액체에서는 적용되지 않고, 기체의 경우에만 적용된다. 그리고 기체 1 mol의 부피가 22.4 L인 것은 0 °C, 1 atm에서만 적용된다.

4. 몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계

(1) **기체 1 mol의 양(0 °C, 1 atm)**

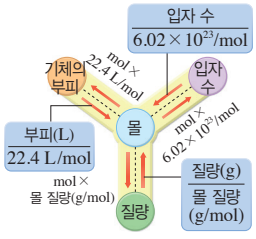
기체	수소(H_2) 1 mol	산소(O_2) 1 mol	이산화 탄소(CO_2) 1 mol	암모니아(NH_3) 1 mol
모형				
분자 수(개)	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}
원자 수(개)	$2\times(6.02\times10^{23})$	$2\times(6.02\times10^{23})$	$3\times(6.02\times10^{23})$	$4\times(6.02\times10^{23})$
질량(g)	2	32	44	17
부피(L)	22.4	22.4	22.4	22.4

암기해!
1 mol의 입자 수, 질량, 기체의 부피(0 °C, 1 atm)
1 mol = 6.02×10^{23}개
= 몰 질량 g
= 22.4 L

(2) ◆**몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계** 34쪽 대표 자료 ❶, ❷

$$\text{물질의 양(mol)} = \frac{\text{입자 수}}{6.02\times10^{23}\,\text{/mol}} = \frac{\text{질량(g)}}{\text{몰 질량(g/mol)}} = \frac{\text{기체의 부피(L)}}{22.4\,\text{(L/mol)}}\ (0\ ^\circ\text{C},\ 1\ \text{atm})$$

◆ **몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피(0 °C, 1 atm) 사이의 관계**



심화 + 아보가드로 법칙을 이용하여 기체의 분자량 구하기 천재 교과서에만 나와요.

❶ 같은 온도와 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있으므로 같은 부피의 두 기체의 질량비는 분자량 비와 같다. 즉, 한 기체의 분자량을 알고 있다면 두 기체의 질량을 비교하여 다른 기체의 분자량을 구할 수 있다.

❷ 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이므로 부피가 같을 때 두 기체의 질량비는 두 기체의 밀도비와 같다. 즉, 한 기체의 분자량을 알고 있다면 두 기체의 밀도를 비교하여 다른 기체의 분자량을 구할 수 있다.

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

예제 0 °C, 1 atm에서 기체 Y와 이산화 탄소(CO_2) 기체 5.6 L의 질량이 각각 8 g과 11 g일 때, 기체 Y의 분자량을 구하시오. (단, CO_2의 분자량은 44이다.)

해설 $\frac{\text{기체 Y의 질량}}{CO_2\text{의 질량}} = \frac{\text{기체 Y의 분자량}}{CO_2\text{의 분자량}}$이므로 $\frac{8\,\text{g}}{11\,\text{g}} = \frac{\text{기체 Y의 분자량}}{44}$에서 기체 Y의 분자량은 32이다.

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 질량수가 12인 탄소(^{12}C) 원자의 질량을 12로 정하고, 이를 기준으로 하여 나타낸 원자들의 상대적인 질량
- (❷): 분자의 상대적인 질량으로 분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합한 값
- (❸): 물질의 화학식을 이루는 각 원자들의 원자량을 합한 값
- (❹): 원자, 분자, 이온 등과 같이 매우 작은 입자의 양을 나타내는 묶음 단위
  - (❺): 1 mol에 들어 있는 입자 수, 6.02×10^{23}
  - (❻): 물질 1 mol의 질량
  - (❼): 온도와 압력이 같을 때 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다는 법칙
  - 기체 1 mol의 부피: 0 °C, 1 atm에서 (❽) L
- 몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계

$$\text{물질의 양(mol)} = \frac{\text{입자 수}}{(\text{❾ })/\text{mol}} = \frac{\text{질량(g)}}{(\text{❿ })(\text{g/mol})} = \frac{\text{기체의 부피(L)}}{(\text{⓫ })(\text{L/mol})} (0\ ^\circ\text{C},\ 1\ \text{atm})$$

1 원자량, 분자량, 화학식량에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 원자량은 질량수가 12인 탄소 원자의 질량을 1로 정하여 나타낸 상대적인 질량이다. ····· ( )

(2) 분자량은 분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합한 값이다. ····· ( )

(3) 염화 나트륨(NaCl)의 화학식량은 나트륨(Na) 원자와 염소(Cl) 원자의 원자량을 합한 값이다. ····· ( )

(4) 원자량, 분자량, 화학식량의 단위는 모두 그램(g)을 사용한다. ····· ( )

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

(1) 수소(H_2)　　(2) 메테인(CH_4)

(3) 이산화 탄소(CO_2)　　(4) 탄산 칼슘($CaCO_3$)

3 몰(mol)에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오. (단, 원자량은 H=1, O=16이다.)

(1) 분자 1 mol은 분자를 이루는 원자 6.02×10^{23}개를 의미한다. ····· ( )

(2) 물(H_2O)의 몰 질량은 18 g/mol이다. ····· ( )

(3) 기체 1 mol의 부피는 항상 22.4 L이다. ····· ( )

4 0 °C, 1 atm에서 메테인(CH_4) 기체 11.2 L가 있다. 이 메테인(CH_4) 분자의 양(mol)과 분자 수를 구하시오.

5 표는 0 °C, 1 atm에서 몇 가지 기체의 양을 나타낸 것이다. ㉠~㉤에 알맞은 값을 쓰시오.

기체	분자량	양(mol)	질량(g)	부피(L)
질소	28	㉠	28	22.4
산소	32	㉡	㉢	11.2
프로페인	㉣	0.25	11	㉤

6 다음 기체의 질량(g)을 각각 구하시오. (단, 원자량은 H=1, C=12, N=14, O=16이다.)

(1) 수소(H) 원자 1 mol이 포함된 물(H_2O) 분자

(2) 수소(H_2) 분자 5 mol

(3) 0 °C, 1 atm에서 산소(O_2) 기체 5.6 L

(4) 암모니아(NH_3) 분자 12.04×10^{23}개

(5) 이산화 탄소(CO_2) 분자 0.25 mol

대표 자료 분석

정답친해 7쪽

자료 ❶ 몰과 물질의 양(mol)

기출 Point
- 주어진 양으로부터 물질의 양(mol) 구하기
- 몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계

[1~3] 표는 0 ℃, 1 atm에서 기체 A, 기체 B, 액체 C, 메탄올(CH_3OH)에 대한 자료이다. (단, 0 ℃, 1 atm에서 CH_3OH은 액체 상태이고, 원자량은 H=1, C=12, O=16이다.)

구분	분자량	밀도	질량	부피
기체 A	㉠	1.25 g/L	㉡	5.6 L
기체 B	㉢	2.50 g/L	28 g	㉣
액체 C	18	1.0 g/mL	㉤	18.0 mL
CH_3OH	32	–	16 g	–

1 ㉠~㉤에 알맞은 값을 쓰시오

2 기체 A, 기체 B, 액체 C, CH_3OH 중 물질의 양(mol)이 가장 많은 것을 쓰시오.

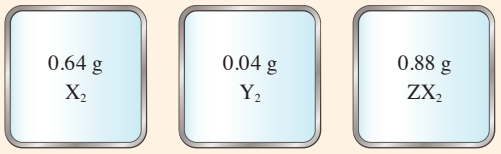
3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 기체의 분자 수비는 A : B=1 : 2이다. ····· (○ / ×)
(2) 1 mol의 질량이 가장 큰 것은 기체 B이다. (○ / ×)
(3) 질량이 가장 작은 것은 액체 C이다. ····· (○ / ×)
(4) 액체 C의 분자 수는 6.02×10^{23}개이다. ····· (○ / ×)
(5) 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. ····· (○ / ×)
(6) CH_3OH 16 g에 들어 있는 원자는 총 6 mol이다. ····· (○ / ×)
(7) CH_3OH 48 g을 구성하는 H의 질량은 12 g이다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 몰과 기체의 양(mol)

기출 Point
- 주어진 양으로부터 기체의 양(mol) 구하기
- 몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계

[1~3] 그림과 같이 일정한 온도와 압력에서 부피가 같은 3개의 금속 용기에 기체 X_2, Y_2, ZX_2가 각각 들어 있다. (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)



(가) (나) (다)

1 (가)~(다)에서 각 기체의 양(mol)을 >, =, <를 이용하여 비교하시오.

2 (가)~(다)에서 각 기체의 분자량 비(X_2 : Y_2 : ZX_2)를 구하시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)와 (나)에서 두 기체의 분자 수는 같다. ··· (○ / ×)
(2) (가)와 (다)에 들어 있는 X 원자의 양(mol)은 같다. ····· (○ / ×)
(3) X와 Z의 원자량 비는 8 : 3이다. ····· (○ / ×)
(4) Z의 원자량은 Y의 원자량의 12배이다. ····· (○ / ×)
(5) 밀도가 가장 큰 기체는 Y_2이다. ····· (○ / ×)
(6) (다)에서 X가 차지하는 질량은 0.64 g이다. (○ / ×)

내신 만점 문제

정답친해 8쪽

A 화학식량 B 몰

01 표는 몇 가지 물질의 분자식과 분자량을 나타낸 것이다.

화합물	분자식	분자량
메테인	CH_4	x
물	H_2O	18
이산화 탄소	㉠	44

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, C의 원자량은 12이다.)

보기

ㄱ. x는 16이다.
ㄴ. ㉠은 CO_2이다.
ㄷ. 물 분자 1개의 질량은 18 g이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **02** 표는 X와 Y로 이루어진 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

분자	(가)	(나)
분자당 원자 수	2	4
분자량(상댓값)	10	17

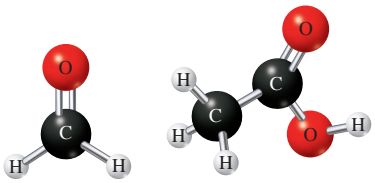
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, 원자량은 X > Y이다.)

보기

ㄱ. $\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{X 원자 수}}$는 (가) > (나)이다.
ㄴ. $\frac{\text{Y 원자량}}{\text{X 원자량}} > \frac{1}{2}$이다.
ㄷ. 1 g에 들어 있는 Y 원자 수비는 (가) : (나) = 1 : 3이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 2가지 물질의 분자 모형을 나타낸 것이다.



(가) (나)

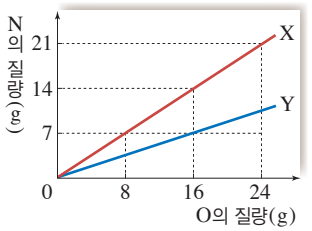
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H = 1, C = 12, O = 16이다.)

보기

ㄱ. 분자량은 (나)가 (가)의 2배이다.
ㄴ. 1 mol에 들어 있는 전체 원자 수는 (나)가 (가)의 2배이다.
ㄷ. 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (가)와 (나)가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 질소(N)와 산소(O)로 이루어진 화합물 X와 Y에서 성분 원소의 질량 관계를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 N = 14, O = 16이고, X의 분자량은 30이며, Y는 삼원자 분자이다.)

보기

ㄱ. X의 분자식은 NO이다.
ㄴ. Y를 구성하는 원자 수비는 N : O = 1 : 2이다.
ㄷ. 1 g에 들어 있는 산소 원자 수는 X > Y이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 표는 0 °C, 1 atm에서 몇 가지 기체에 대한 자료이다.

기체	분자량	질량(g)	부피(L)
(가)	44	11	x
(나)	28	y	11.2
(다)	z	32	22.4

x~z의 값을 옳게 짝 지은 것은?

	x	y	z		x	y	z
①	5.6	14	16	②	5.6	14	32
③	5.6	28	32	④	11.2	14	16
⑤	22.4	28	32				

06 0 °C, 1 atm에서 입자 수가 가장 많은 것은? (단, 원자량은 C=12, O=16이다.)

① 산소(O_2) 32 g에 들어 있는 산소 분자의 수
② 메테인(CH_4) 기체 22.4 L에 들어 있는 수소 원자의 수
③ 염화 나트륨(NaCl) 1 mol에 들어 있는 전체 이온의 수
④ 이산화 탄소(CO_2) 44 g에 들어 있는 전체 원자의 수
⑤ 수소(H_2) 분자 6.02×10^{23}개에 들어 있는 수소 원자의 수

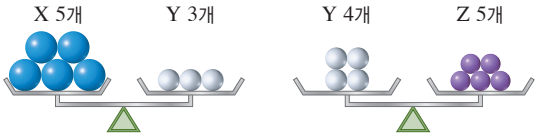
07 같은 온도와 압력에서 산소(O_2) 기체 1 mol과 질소(N_2) 기체 1 mol이 같은 값을 갖는 것을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 N=14, O=16이다.)

보기

ㄱ. 화학식량　ㄴ. 질량　ㄷ. 부피
ㄹ. 밀도　ㅁ. 분자 수　ㅂ. 원자 수

① ㄱ, ㄴ　② ㄷ, ㄹ　③ ㅁ, ㅂ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ　⑤ ㄷ, ㅁ, ㅂ

08 그림은 원자 X~Z의 질량 관계를 나타낸 것이다. X 원자 1개의 질량은 a g이고, 아보가드로수는 N_A이다.



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

보기

ㄱ. Y의 원자량은 $\frac{5}{3}a$이다.
ㄴ. 1 g에 들어 있는 원자 수비는 X : Z=4 : 3이다.
ㄷ. XZ_2 1 mol의 질량은 $\frac{11}{3}aN_A$ g이다.

① ㄱ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **09** 표는 X와 Y로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. 원자량은 X>Y이다.

분자	(가)	(나)	(다)
분자당 원자 수	2	3	5
몰 질량(g/mol)	$15m$	$22m$	$38m$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, 아보가드로수는 N_A이다.)

보기

ㄱ. (다)의 분자식은 X_2Y_3이다.
ㄴ. X 원자 1개의 질량은 $\frac{8m}{N_A}$ g이다.
ㄷ. $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{전체 질량}}$은 (가)가 (나)의 $\frac{22}{15}$배이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **10** 표는 t °C, 1 atm에서 기체 A와 액체 B, 메탄올(CH_3OH)에 대한 자료이다.

물질	기체 A	액체 B	CH_3OH
분자량		18	32
밀도	1.28 g/L	1.0 g/mL	–
질량			16 g
부피	12.5 L	9.0 mL	–

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이고, t °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 25 L이다.)

보기

ㄱ. 분자량은 A가 B보다 작다.
ㄴ. B와 CH_3OH의 분자 수는 같다.
ㄷ. CH_3OH에서 $\frac{\text{C의 질량}}{\text{전체 질량}}=\frac{3}{4}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 표는 t °C, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다.

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	XZ_4	XY_2	XY
1 g의 부피(상댓값)	77	28	44

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

보기

ㄱ. 분자량 비는 $XZ_4 : XY_2 = 4 : 11$이다.
ㄴ. 1 mol의 질량은 X_2Z_6와 XYZ_2가 서로 같다.
ㄷ. 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (나) : (다) = 21 : 22이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 표는 t °C, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에 포함된 수소(H) 원자의 전체 질량은 서로 같다.

기체	분자식	질량(g)	전체 원자 수
(가)	C_xH_y	4	㉠
(나)	NH_3	w	
(다)	H_2S	$3w$	$1.5N_A$

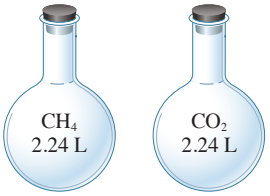
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H=1, C=12, N=14이고, N_A는 아보가드로수이다.)

보기

ㄱ. $x+y=5$이다.
ㄴ. ㉠은 $1.2N_A$이다.
ㄷ. 기체의 부피비는 (나) : (다) = 2 : 3이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 그림과 같이 0 °C, 1 atm에서 부피가 2.24 L인 2개의 플라스크에 메테인(CH_4) 기체와 이산화 탄소(CO_2) 기체가 각각 들어 있다.



(가) (나)

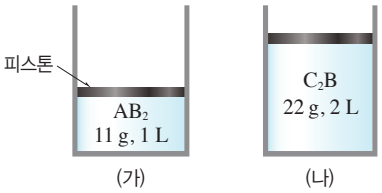
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이다.)

보기

ㄱ. (가)에서 CH_4의 질량은 1.6 g이다.
ㄴ. (가)와 (나)에서 두 기체의 분자 수는 같다.
ㄷ. 기체의 밀도는 (나)가 (가)보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **14** 그림은 t °C, 1 atm에서 실린더에 기체 AB_2와 C_2B가 각각 들어 있는 것을 나타낸 것이다.



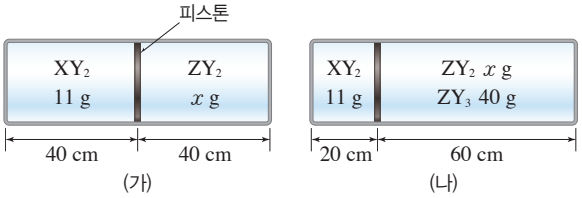
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, (가)와 (나)에서 각각 B만의 질량은 4 g으로 같다.)

보기

ㄱ. 분자량은 AB_2와 C_2B가 같다.
ㄴ. 원자량 비는 A : C = 7 : 9이다.
ㄷ. 같은 질량에 들어 있는 B 원자 수비는 $AB_2 : C_2B = 2 : 1$이다.

① ㄴ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림 (가)는 피스톤으로 분리된 용기에 기체 XY_2 11 g과 기체 ZY_2 x g이 들어 있는 것을, (나)는 ZY_2가 들어 있는 부분에 기체 ZY_3 40 g을 더 넣은 것을 나타낸 것이다. 온도는 일정하고, 각 기체는 서로 반응하지 않으며, 원자량은 Z가 Y의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이며, 피스톤의 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. $x = 16$이다.
ㄴ. 원자량 비는 X : Y = 3 : 4이다.
ㄷ. (나)에서 전체 원자 수는 ZY_2가 ZY_3의 $\frac{3}{8}$배이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 표는 t °C, 1 atm에서 실린더에 들어 있는 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 실린더 안에 들어 있는 전체 기체에서 $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}} = \frac{3}{4}$이고, (가)와 (나)는 서로 반응하지 않으며, 원자량 비는 X : Y = 8 : 7이다.

기체	분자식	분자량	$\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$ (상댓값)
(가)	XY_2	a	3
(나)	X_xY_{5-x}	76	1

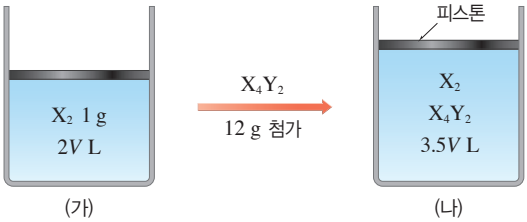
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. $x = 2$이다.
ㄴ. $a = 44$이다.
ㄷ. 실린더에서 $\frac{\text{기체 (가)의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{2}{3}$이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 t °C, 1 atm에서 그림 (가)는 실린더에 기체 X_2 1 g이 들어 있는 것을, (나)는 (가)의 실린더에 기체 X_4Y_2 12 g을 첨가한 것을 나타낸 것이다. X_2의 분자량은 2이고, X_2와 X_4Y_2는 서로 반응하지 않는다. (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, 기체의 온도와 압력은 일정하며, t °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.)



(1) Y_2 V L의 질량(g)을 구하시오.

(2) (나)에서 $\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$의 값을 구하시오.

실력 UP 문제

정답친해 12쪽

01 표는 t °C, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료의 일부이다.

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	XY_3	X_2Y_2	X_2Y_4
질량(g)	34	40	㉠
부피(L)	$2V$	$\frac{4}{3}V$	
원자 수(상댓값)	8		3

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

보기

ㄱ. ㉠은 16이다.
ㄴ. 원자량 비는 X : Y=12 : 1이다.
ㄷ. 기체의 밀도비는 (나) : (다)=3 : 4이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (나)의 분자식은 X_2Z이고, (가)~(다)는 분자당 Z 원자 수가 같다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	X, Y, Z	X, Z	Y, Z
분자당 원자 수	4	3	5
분자량	㉠	㉡	88
성분 원소의 질량비	X : Y : Z =8 : 19 : 6	X : Z =8 : 3	Y : Z =19 : 3

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

보기

ㄱ. 원자량 비는 X : Z는 3 : 4이다.
ㄴ. (가)의 분자식은 XY_2Z이다.
ㄷ. (가)와 (나)의 분자량 비 ㉠ : ㉡=3 : 2이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 원소 X와 Y로 이루어진 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)의 분자당 원자 수는 4 이하이다.

기체	(가)	(나)	(다)
$\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$(상댓값)	1	4	2
기체의 질량(g)	44	23	a
전체 분자의 양(mol) (상댓값)	4		3
전체 원자의 양(mol) (상댓값)	2	1	2

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

보기

ㄱ. (다)의 분자식은 X_2Y_2이다.
ㄴ. a=45이다.
ㄷ. 전체 질량에서 X가 차지하는 질량은 (나)가 (다)의 $\frac{2}{3}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 20 °C, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다.

기체	분자식	질량(상댓값)	부피(상댓값)
(가)	A_3B_x	3	1
(나)	A_4B_{x+2}	4	1
(다)	A_yB_{6-y}	4	2

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

보기

ㄱ. $x+y$=8이다.
ㄴ. $\frac{\text{A의 질량}}{\text{기체의 질량}}$은 (나)>(가)이다.
ㄷ. 같은 양(mol)의 B 원자를 포함하는 기체의 질량은 (나)와 (다)가 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2 화학 반응식과 용액의 농도

핵심 포인트
1. 화학 반응식 ★★
2. 화학 반응에서의 양적 관계 ★★★
3. 몰 농도 ★★★

A 화학 반응식

1. 화학 반응식

(1) **화학 반응식**: 화학 반응을 화학식과 기호를 이용하여 나타낸 식

(2) **화학 반응식을 나타내는 방법**

1단계 | 반응물과 생성물을 화학식으로 나타낸다.

- 반응물: 수소 기체(H_2), 산소 기체(O_2)
- 생성물: 수증기(H_2O)

2단계 | '→'를 기준으로 반응물은 왼쪽에, 생성물은 오른쪽에 쓴다. 반응물이나 생성물이 2가지 이상일 경우에는 각 물질을 '+'로 연결한다.

수소 + 산소 ⟶ 수증기 ➡ $H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$

3단계 | 반응 전후 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같도록 화학식 앞의 ❶계수를 맞춘다. 이때 계수는 가장 간단한 정수로 나타내고, 1이면 생략한다.

① 산소(O) 원자 수를 맞추기 위해 H_2O 앞에 계수 2를 붙인다.
➡ $H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

② 수소(H) 원자 수를 맞추기 위해 H_2 앞에 계수 2를 붙인다.
➡ $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

4단계 | 물질의 상태는 (　　) 안에 기호를 써서 화학식 뒤에 표시한다.

고체(solid): s, 액체(liquid): l, 기체(gas): g, 수용액(aqueous solution): aq
➡ $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$

◆ **화학 반응식을 나타낼 수 있는 까닭**
화학 반응이 일어날 때는 반응 전과 후에 원자가 새로 생겨나거나 없어지지 않으므로 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같다. 따라서 이를 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다.

◆ **앙금과 기체가 생성될 때의 표시**
화학 반응에서 앙금이 생성될 때는 화학식 뒤에 '↓'를 표시하고, 기체가 발생할 때는 화학식 뒤에 '↑'를 표시하기도 한다.
예 • 앙금 생성 반응
$NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow NaNO_3(aq) + AgCl(s)\downarrow$
• 기체 발생 반응
$Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)\uparrow$

심화 + 미정 계수법을 이용하여 화학 반응식의 계수 맞추기

복잡한 화학 반응식은 방정식을 이용하여 완성할 수 있다. 이를 미정 계수법이라고 한다.
예 메탄올(CH_3OH)의 연소 반응

[1단계] 반응물과 생성물의 계수를 a, b, c, d 등으로 나타낸다.
➡ $aCH_3OH + bO_2 \longrightarrow cCO_2 + dH_2O$

[2단계] 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같도록 방정식을 세운다.
➡ C 원자 수: $a = c$, H 원자 수: $4a = 2d$, O 원자 수: $a + 2b = 2c + d$

[3단계] 방정식의 계수 중 하나를 1로 놓고 다른 계수를 구한 다음, 구한 계수를 방정식에 대입하여 계수가 가장 간단한 정수가 되도록 조정한다.
➡ $a = 1$이라면 $b = \frac{3}{2}$, $c = 1$, $d = 2$이다. 따라서 계수 전체에 2를 곱한다.
$2CH_3OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 4H_2O$

[4단계] 물질의 상태를 표시하고, 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같은지 확인한다.
➡ $2CH_3OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 4H_2O(l)$

(용어)
❶ **계수(係 걸리다, 잇다 數 숫자)** 기호 문자와 숫자로 된 식에서 숫자를 가리키는 말

2. 화학 반응식으로 알 수 있는 것 반응물과 생성물의 종류를 알 수 있고, 반응물과 생성물의 계수비로부터 물질의 양(mol), 분자 수, 기체의 부피, 질량 등의 양적 관계를 파악할 수 있다.

(1) 화학 반응식의 계수비는 몰비 또는 분자 수비와 같다.

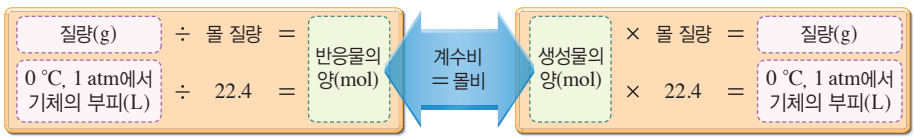
(2) 기체인 경우 일정한 온도와 압력에서 화학 반응식의 계수비는 기체의 부피비와 같다.

계수비 = 몰비 = 분자 수비 = 부피비(기체의 경우) ≒ 질량비

화학 반응식	예 $2H_2(g)$ + $O_2(g)$ ⟶ $2H_2O(g)$
물질의 종류	 수소 산소 수증기
물질의 양 (mol)	 2 1 2 H_2 2 mol과 O_2 1 mol이 반응하여 H_2O 2 mol이 생성된다. ➡ 몰비는 $H_2 : O_2 : H_2O = 2 : 1 : 2$이다.
분자 수(개)	 $2\times6.02\times10^{23}$ 6.02×10^{23} $2\times6.02\times10^{23}$ H_2 분자 2개와 O_2 분자 1개가 반응하여 H_2O 분자 2개가 생성된다. ➡ 분자 수비는 $H_2 : O_2 : H_2O = 2 : 1 : 2$이다.
기체의 부피 (0 °C, 1 atm)	 22.4 L 22.4 L 22.4 L 22.4 L 22.4 L $2\times22.4\ L = 44.8\ L$ 22.4 L $2\times22.4\ L = 44.8\ L$ H_2 44.8 L와 O_2 22.4 L가 반응하여 H_2O 44.8 L가 생성된다. ➡ 부피비는 $H_2 : O_2 : H_2O = 2 : 1 : 2$이다.
질량	 2 g 2 g 32 g 18 g 18 g $2\times2\ g = 4\ g$ 32 g $2\times18\ g = 36\ g$ 물질의 양(mol)과 몰 질량을 이용하면 H_2 4 g과 O_2 32 g이 반응하여 H_2O 36 g이 생성됨을 알 수 있다. ← 질량 보존 법칙이 성립한다. ➡ 질량비는 $H_2 : O_2 : H_2O = 1 : 8 : 9$이다.

← 계수비, 몰비, 분자 수비, 부피비는 모두 2 : 1 : 2이지만, 질량비는 1 : 8 : 9이다.

3. 화학 반응에서의 양적 관계 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 몰비와 같다는 것을 이용하여 반응물과 생성물의 질량이나 부피를 구할 수 있다. ← 이때 물질의 질량이나 부피를 양(mol)으로 먼저 환산하는 것이 편리하다.



암기해!

화학 반응식의 계수비

계수비 = 몰비 = 분자 수비 = 부피비(기체의 경우)

궁금해?

화학 반응식의 계수비와 질량비는 왜 같지 않을까?

물질의 질량(g) = 물질의 양(mol) × 몰 질량(g/mol)인데 물질에 따라 몰 질량이 다르기 때문에 화학 반응식의 계수비와 질량비는 같지 않다.

주의해!

화학 반응에서의 부피 관계

화학 반응에서의 부피 관계는 기체에 대해서만 성립하며, 모든 기체는 종류에 관계없이 온도와 압력이 일정할 때 1 mol의 부피가 같다는 사실을 이용한다.

(1) 화학 반응에서의 질량 관계

① 화학 반응 전후에 질량은 같다.

② 화학 반응식의 계수비가 몰비와 같으므로 이를 이용하면 반응물과 생성물 중 어느 한쪽의 질량만 알아도 다른 한쪽의 질량을 알 수 있다.

반응물과 생성물의 질량 관계를 알기 위해서는 반응물과 생성물의 양이 몇 mol인지 알아야 한다.

예제 14 g의 질소(N_2)가 충분한 양의 수소(H_2)와 모두 반응할 때 생성되는 암모니아(NH_3)의 질량을 구해 본다. (단, N_2의 분자량은 28, NH_3의 분자량은 17이다.)

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

해설 ❶ 반응물의 질량(g)을 양(mol)으로 바꾼다.

➡ N_2의 양(mol)$=\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰 질량(g/mol)}}=\frac{14\text{ g}}{28\text{ g/mol}}=0.5\text{ mol}$

❷ '계수비=몰비'를 이용하여 생성물의 양(mol)을 구한다.

➡ N_2와 NH_3의 계수비가 1 : 2이므로 몰비도 1 : 2이다. 따라서 N_2 0.5 mol이 모두 반응하면 NH_3 1 mol이 생성된다.

❸ 생성물의 양(mol)을 질량(g)으로 바꾼다.

➡ NH_3의 질량(g)=양(mol)×몰 질량(g/mol)=1 mol×17 g/mol=17 g

즉, NH_3는 17 g이 생성된다.

(2) 화학 반응에서의 부피 관계: 반응물과 생성물이 기체인 반응에서 화학 반응식의 계수비는 기체의 부피비와 같으므로 이를 이용하면 반응물과 생성물 중 어느 한쪽의 부피만 알아도 다른 한쪽의 부피를 알 수 있다.

반응물과 생성물의 부피 관계에서는 반응물과 생성물의 양을 mol로 전환하지 않아도 된다.

예제 일정한 온도와 압력에서 10 L의 프로페인(C_3H_8) 기체가 완전 연소할 때 생성되는 이산화 탄소(CO_2) 기체의 부피를 구해 본다.

$$C_3H_8(g)+5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(l)$$

해설 '계수비=기체의 부피비'를 이용하여 생성물의 부피(L)를 구한다.

➡ C_3H_8과 CO_2의 계수비가 1 : 3이므로 기체의 부피비도 1 : 3이다. 따라서 일정한 온도와 압력에서 C_3H_8 기체 10 L가 모두 반응하면 CO_2 기체 30 L가 생성된다.

주의해!

화학 반응에서의 부피 관계 구하기

온도와 압력이 일정한 조건에서만 기체의 부피를 구할 수 있다.

(3) 화학 반응에서의 질량과 부피 관계: 화학 반응식의 계수비가 몰비와 같으며, 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L인 것을 이용하여 반응물과 생성물 중 어느 한쪽의 질량으로부터 다른 한쪽의 부피를 구하거나, 어느 한쪽의 부피로부터 다른 한쪽의 질량을 구할 수 있다.

화학 반응식의 계수비는 질량비와 같지 않다. 따라서 질량과 부피 관계를 따질 때에는 반응물과 생성물의 양이 몇 mol인지 알아야 한다.

예제 0 °C, 1 atm에서 에탄올(C_2H_5OH) 11.5 g이 완전 연소할 때 생성되는 이산화 탄소(CO_2) 기체의 부피를 구해 본다. (단, C_2H_5OH의 분자량은 46이다.)

$$C_2H_5OH(l)+3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(l)$$

해설 ❶ 반응물의 질량(g)을 양(mol)으로 바꾼다.

➡ C_2H_5OH의 양(mol)$=\frac{\text{질량(g)}}{\text{몰 질량(g/mol)}}=\frac{11.5\text{ g}}{46\text{ g/mol}}=0.25\text{ mol}$

❷ '계수비=몰비'를 이용하여 생성물의 양(mol)을 구한다.

➡ C_2H_5OH과 CO_2의 계수비가 1 : 2이므로 몰비도 1 : 2이다. 따라서 C_2H_5OH 0.25 mol이 모두 반응하면 CO_2 0.5 mol이 생성된다.

❸ 생성물의 양(mol)을 부피(L)로 바꾼다.

➡ 0 °C, 1 atm에서 CO_2 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 CO_2 기체 0.5 mol의 부피는 11.2 L이다. 즉, CO_2 기체 11.2 L가 생성된다.

탐구 자료창 화학 반응에서의 양적 관계

49쪽 대표 자료 ❶

탄산 칼슘과 묽은 염산의 반응에서의 양적 관계

과정 >

❶ 탄산 칼슘($CaCO_3$) 가루 1.0 g, 2.0 g, 3.0 g을 각각 측정한다.

❷ 3개의 삼각 플라스크에 묽은 염산($HCl(aq)$)을 30 mL씩 넣고 질량을 측정한다.

❸ ◆묽은 염산이 들어 있는 삼각 플라스크를 저울 위에 올려놓은 후, 탄산 칼슘 1.0 g을 넣어 반응시킨다.

❹ 반응이 완전히 끝나면 삼각 플라스크 전체의 질량을 측정한다.

❺ 탄산 칼슘 2.0 g, 3.0 g을 사용하여 과정 ❸, ❹를 반복한다.



결과 >

1. **화학 반응식:** $CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$
2. 이산화 탄소 기체가 발생하여 플라스크 밖으로 빠져나가므로 반응 후 질량이 감소한다.
   ➡ ◆반응 전과 후의 질량 차이는 발생한 이산화 탄소의 질량에 해당한다.
3. **반응한 탄산 칼슘과 발생한 이산화 탄소의 양(mol)** (단, 화학식량은 탄산 칼슘이 100, 이산화 탄소가 44이다.)

실험	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
반응한 탄산 칼슘의 질량(g)	1.0	2.0	3.0
발생한 이산화 탄소의 질량(g)	0.4	0.9	1.3
반응한 탄산 칼슘의 양(mol)	$\frac{1.0}{100}=0.01$	$\frac{2.0}{100}=0.02$	$\frac{3.0}{100}=0.03$
발생한 이산화 탄소의 양(mol)	$\frac{0.4}{44}\fallingdotseq0.01$	$\frac{0.9}{44}\fallingdotseq0.02$	$\frac{1.3}{44}\fallingdotseq0.03$

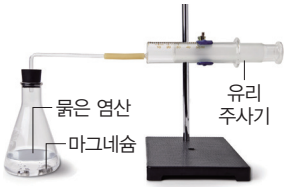
해석 > 반응한 탄산 칼슘과 발생한 이산화 탄소의 몰비는 1 : 1이며, 화학 반응식의 계수비와 같다.

같은 탐구 다른 실험

마그네슘과 묽은 염산의 반응에서의 양적 관계

교학사, 상상 교과서에만 나와요.

과정 > 그림과 같이 장치하고 충분한 양의 묽은 염산($HCl(aq)$)에 마그네슘(Mg) 리본 0.02 g을 넣어 반응시켰을 때 유리 주사기에 모이는 기체의 부피를 측정한다. 마그네슘 0.04 g, 0.06 g에 대해서도 같은 과정을 반복하여 기체의 부피를 측정한다.



결과 >

1. **화학 반응식:** $Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$
2. **반응한 마그네슘과 발생한 수소의 양(mol)** (단, 마그네슘의 원자량은 24이고, 25 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24.5 L이다.)
   ● 발생한 수소의 양(mol)을 계산할 때는 발생한 수소의 부피를 mL에서 L로 바꾸어 1 mol의 부피로 나누어 준다.

실험	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
반응한 마그네슘의 질량(g)	0.02	0.04	0.06
발생한 수소의 부피(mL)	20	41	61
반응한 마그네슘의 양(mol)	$\frac{0.02}{24}\fallingdotseq0.0008$	$\frac{0.04}{24}\fallingdotseq0.0017$	$\frac{0.06}{24}=0.0025$
발생한 수소의 양(mol)	$\frac{0.02}{24.5}\fallingdotseq0.0008$	$\frac{0.041}{24.5}\fallingdotseq0.0017$	$\frac{0.061}{24.5}\fallingdotseq0.0025$

해석 > 반응한 마그네슘과 발생한 수소의 몰비는 1 : 1이며, 화학 반응식의 계수비와 같다.

◆ **실험 오차 줄이기**
탄산 칼슘과 묽은 염산이 반응하면 열이 발생하는데, 이 열에 의해 묽은 염산 중의 물이 증발하여 플라스크 밖으로 빠져나갈 수 있다. 수증기가 빠져나가면 발생한 이산화 탄소의 질량이 실제보다 크게 측정되어 오차의 요인이 된다. 따라서 실험을 더 정확히 하기 위해 솜으로 플라스크 입구를 느슨하게 막아 발생한 이산화 탄소는 통과시키고 수증기는 응축시켜 빠져나가지 못하게 한다.

◆ **발생한 이산화 탄소의 질량을 구하는 방법**
발생한 이산화 탄소의 질량은 반응 전 묽은 염산이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량과 탄산 칼슘의 질량을 합한 값에서 반응 후 삼각 플라스크 전체의 질량을 빼서 구한다.

확인 문제

1 탄산 칼슘 10 g을 충분한 양의 묽은 염산과 반응시킬 때 생성되는 물의 질량은 몇 g인지 구하시오. (단, 물의 분자량은 18이다.)

2 마그네슘 0.24 g을 충분한 양의 묽은 염산과 반응시킬 때 발생하는 수소 기체의 부피는 0 °C, 1 atm에서 몇 L인지 구하시오.

확인 문제 답

1 1.8 g

2 0.224 L

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 화학 반응을 화학식과 기호를 이용하여 나타낸 식
- 화학 반응식으로 알 수 있는 것

(❷)=몰비=분자 수비=(❸)(기체의 경우)≒질량비

- 화학 반응에서의 양적 관계



1 화학 반응식에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 화학 반응에서 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같음을 이용하여 나타낸다. ····· ( )

(2) 화학 반응식의 계수비는 몰비와 같다. ····· ( )

(3) 반응물과 생성물이 기체인 경우 화학 반응식의 계수비는 질량비와 같다. ····· ( )

(4) 화학 반응식이 $2H_2(g)+O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$인 경우 H_2 1 mol이 모두 반응하면 H_2O 1 mol이 생성된다. ····· ( )

2 다음은 암모니아(NH_3)의 합성 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

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

이 화학 반응식으로 알 수 있는 화학 반응 관계로 옳지 않은 것은? (단, 원자량은 H=1, N=14이다.)

	$N_2(g)$	$H_2(g)$	$NH_3(g)$
① 몰비	1	3	2
② 분자 수비	1	3	2
③ 원자 수비	1	3	2
④ 부피비	1	3	2
⑤ 질량비	14	3	17

3 다음 화학 반응식에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오. (단, 원자량은 C=12, O=16이다.)

$$2CO(g)+O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)$$

(1) 일산화 탄소와 산소를 각각 1 mol씩 반응시키면 이산화 탄소 1 mol이 생성된다. ····· ( )

(2) 온도와 압력이 일정할 때 산소 기체 1 L가 충분한 양의 일산화 탄소 기체와 완전히 반응하면 이산화 탄소 기체 2 L가 생성된다. ····· ( )

(3) 일산화 탄소 10 g은 산소 5 g과 완전히 반응한다. ····· ( )

(4) 반응물의 전체 질량은 생성물의 전체 질량보다 크다. ····· ( )

4 다음은 에탄올(C_2H_5OH)의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$C_2H_5OH(l)+3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(l)$$

이 반응에서 생성된 이산화 탄소(CO_2) 기체의 부피가 0 °C, 1 atm에서 22.4 L였다. 다음에 해당되는 물질의 양을 구하시오. (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이고, 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이며, 아보가드로수는 6.02×10^{23}이다.)

(1) 반응한 에탄올의 질량

(2) 반응한 산소 기체의 부피(0 °C, 1 atm)

(3) 생성된 물 분자 수

B 용액의 농도

우리 주변의 화학 반응은 물을 용매로 한 수용액에서 일어나는 경우가 많아요. 이때 물에 섞여 있는 용질의 양을 농도로 표현하면 화학 반응의 양적 관계를 구할 때 편리해요. 그럼 용액의 농도에 대해 알아봅시다.

1. 퍼센트 농도

완자쌤 비법 특강 47쪽

(1) **퍼센트 농도**: 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 백분율로 나타낸 것으로, 단위는 %이다.

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

예 염화 나트륨(NaCl) 10 g을 물에 녹여 만든 염화 나트륨 수용액 100 g의 퍼센트 농도는 10 %이다.

(2) **특징**

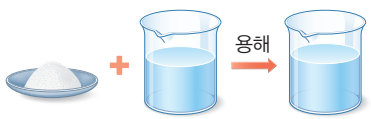
① 일상생활에서 가장 많이 사용되는 농도이다.

② 온도나 압력에 영향을 받지 않고 일정한 값을 갖는다.

③ 용액의 퍼센트 농도가 같더라도 용질의 종류에 따라 일정한 질량의 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수가 다르다. → 화학 반응의 양적 관계는 입자 수와 관련이 있으므로 양적 관계를 파악하기에 불편하다.

퍼센트 농도가 같은 용액에 포함된 용질의 입자 수

[10 % 포도당 수용액 100 g]

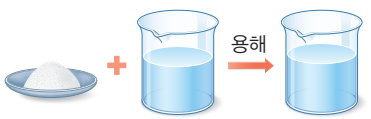


포도당 10 g　물 90 g　10 % 포도당 수용액

- 용액에 포함된 포도당의 질량: 10 g
- 용액에 포함된 포도당 분자의 수: 포도당의 분자량은 180이므로 $\frac{10\text{ g}}{180\text{ g/mol}} \fallingdotseq 0.056\text{ mol}$이다.

➡ $0.056 \times (6.02 \times 10^{23})$개의 포도당 분자가 용액에 포함되어 있다.

[10 % 설탕 수용액 100 g]



설탕 10 g　물 90 g　10 % 설탕 수용액

- 용액에 포함된 설탕의 질량: 10 g
- 용액에 포함된 설탕 분자의 수: 설탕의 분자량은 342이므로 $\frac{10\text{ g}}{342\text{ g/mol}} \fallingdotseq 0.029\text{ mol}$이다.

➡ $0.029 \times (6.02 \times 10^{23})$개의 설탕 분자가 용액에 포함되어 있다.

2. 몰 농도

49쪽 대표 자료 ❷

(1) **몰 농도**: 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)으로, 단위는 M 또는 mol/L이다.

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

예제 수산화 나트륨(NaOH) 4.0 g을 물에 녹여 만든 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 100 mL의 몰 농도(M)를 구해 본다. (단, NaOH의 화학식량은 40이다.)

해설 ❶ 용질의 양(mol)을 구한다.

$$\text{용질의 양(mol)} = \frac{\text{질량(g)}}{\text{몰 질량(g/mol)}} = \frac{4.0\text{ g}}{40\text{ g/mol}} = 0.1\text{ mol}$$

❷ 용액의 부피와 용질의 양(mol)을 이용하여 몰 농도(M)를 구한다.

$$\text{몰 농도(M)} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{0.1\text{ mol}}{0.1\text{ L}} = 1\text{ M}$$

◆ **용액, 용해, 용매, 용질**

- 용액: 두 종류 이상의 순물질이 균일하게 섞여 있는 혼합물
- 용해: 두 종류 이상의 순물질이 균일하게 섞이는 현상
- 용매: 다른 물질을 녹이는 물질
- 용질: 다른 물질에 녹아 들어가는 물질 → 용매에 녹는 물질

◆ **일상생활에서 사용되는 퍼센트 농도**



식초와 식염수

암기해!

몰 농도

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

주의해!

몰 농도의 성질

몰 농도는 온도의 영향을 받는다. 온도가 변할 때 용질의 양(mol)은 변하지 않지만, 용액의 부피가 변하기 때문이다. 따라서 일정한 몰 농도의 용액을 만드는 실험을 할 때는 온도를 일정하게 유지해야 한다.

(2) 특징

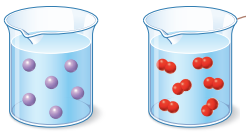
① 용액의 부피는 온도에 따라서 달라질 수 있으므로 몰 농도는 온도에 따라 달라진다.

② 용액의 몰 농도가 같으면 용질의 종류에 관계없이 일정한 부피의 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수가 같다. ← 반응물과 생성물이 용액인 화학 반응에서 양적 관계를 파악하기에 편리하다.

몰 농도가 같은 용액에 포함된 용질의 입자 수

동아 교과서에만 나와요.

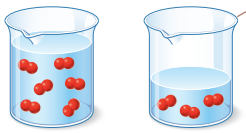
[몰 농도와 부피가 같은 용액]



0.1 M 50 mL　　0.1 M 50 mL

$0.1\ \text{M} \times 0.05\ \text{L} = 0.005\ \text{mol}$이므로 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수는 $0.005 \times (6.02 \times 10^{23})$개로 같다.

[몰 농도는 같지만 부피가 다른 용액]



0.1 M 50 mL　　0.1 M 25 mL

부피가 $\frac{1}{2}$이 되면 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수도 $\frac{1}{2}$이 된다.

③ 용액의 몰 농도와 부피를 알면 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구할 수 있다.

예제 0.2 M 포도당($C_6H_{12}O_6$) 수용액 500 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)과 질량을 구해 본다. (단, $C_6H_{12}O_6$의 분자량은 180이다.)

해설 ❶ 몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)이므로 용액 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(M)와 용액의 부피(L)를 곱해서 구한다.

포도당의 양(mol) $= 0.2\ \text{mol/L} \times 0.5\ \text{L} = 0.1\ \text{mol}$

❷ 포도당 1 mol의 질량이 180 g인 것을 이용하여 포도당의 질량을 구한다.

포도당의 질량 $= 0.1\ \text{mol} \times 180\ \text{g/mol} = 18\ \text{g}$

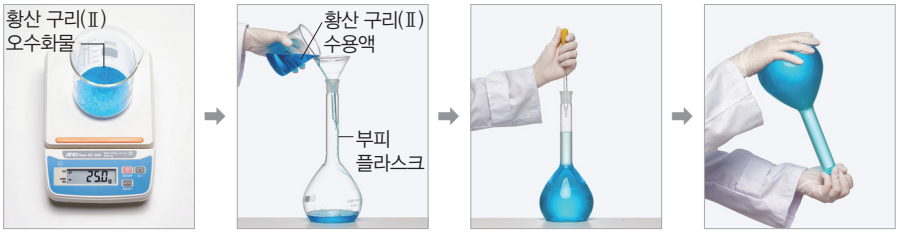
탐구 자료창 0.1 M 황산 구리(Ⅱ) 수용액 만들기

❶ 황산 구리(Ⅱ) 오수화물($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 0.1 mol의 질량을 계산하여 비커에 담아 측정하고, 여기에 적당량의 증류수를 붓고 유리 막대로 저어 모두 녹인다.

❷ 황산 구리(Ⅱ) 수용액을 깔때기를 이용하여 1 L ◆부피 플라스크에 넣는다. 증류수로 비커를 씻어 비커에 묻어 있는 용액까지 넣는다.

❸ 부피 플라스크에 증류수를 채운다. 스포이트나 ◆씻기병을 이용하여 눈금선까지 증류수를 넣는다.

❹ 부피 플라스크의 마개를 막고, 잘 흔들어 섞는다.



1. ❶에서 녹인 **황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 질량**: 황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 화학식량이 249.7이므로 황산 구리(Ⅱ) 오수화물 0.1 mol의 질량은 24.97 g이다.

$0.1\ \text{mol} \times 249.7\ \text{g/mol} = 24.97\ \text{g}$

2. **황산 구리(Ⅱ) 오수화물을 모두 녹인 후 증류수를 더 넣어 용액의 부피를 1 L로 맞추는 까닭**: 황산 구리(Ⅱ) 오수화물 0.1 mol이 녹아 있는 용액의 전체 부피가 1 L가 되어야 하기 때문이다.

← 증류수 1 L에 황산 구리(Ⅱ) 오수화물 0.1 mol을 넣어 녹이면 용액의 부피가 1 L를 넘으므로 용액의 몰 농도가 0.1 M보다 작아진다.

◆ 부피 플라스크



부피 플라스크는 눈금선까지 용액을 채워 일정 부피의 용액을 만들 때 사용한다.

◆ 씻기병을 이용하는 경우



정답친해 14쪽

완자쌤 비법 특강

농도의 변환, 용액의 희석과 혼합

퍼센트 농도와 몰 농도 사이의 관계를 파악하면 농도를 쉽게 변환할 수 있어요. 또한 용액에 물을 가하여 희석하거나 몰 농도가 서로 다른 두 용액을 혼합해도 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않는다는 것을 이용하면 희석 또는 혼합 용액의 몰 농도를 쉽게 구할 수 있으니 알아보아요.

1 퍼센트 농도와 몰 농도의 변환

퍼센트 농도는 용액의 질량 기준이고, 몰 농도는 용액의 부피 기준이므로 퍼센트 농도와 몰 농도 사이의 변환을 위해서는 용액의 밀도가 필요하다.

[퍼센트 농도(%) ➡ 몰 농도(M) 변환]

화학식량이 x인 용질이 녹아 있는 a % 수용액의 밀도가 d g/mL일 때 수용액의 몰 농도(M) 구하기

❶ 용액 1 L의 질량을 구한다.
➡ $1000\ \text{mL} \times d\ \text{g/mL} = 1000d\ \text{g}$

❷ 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 질량을 구한다.
➡ $1000d\ \text{g} \times \frac{a}{100} = 10ad\ \text{g}$

❸ 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구한다.
➡ 용질의 양(mol) $= \frac{10ad}{x}\ \text{mol}$

$\therefore$ a % 용액의 몰 농도(M) $= \frac{10ad}{x}\ \text{M}$

[몰 농도(M) ➡ 퍼센트 농도(%) 변환]

화학식량이 x인 용질이 녹아 있는 b M 수용액의 밀도가 d g/mL일 때 수용액의 퍼센트 농도(%) 구하기

❶ 용액 1 L의 질량을 구한다.
➡ $1000\ \text{mL} \times d\ \text{g/mL} = 1000d\ \text{g}$

❷ 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구한다.
➡ $b\ \text{mol/L} \times 1\ \text{L} = b\ \text{mol}$

❸ 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 질량을 구한다.
➡ $b\ \text{mol} \times x\ \text{g/mol} = bx\ \text{g}$

$\therefore$ b M 용액의 퍼센트 농도(%) $= \frac{bx}{1000d} \times 100$

$= \frac{bx}{10d}$ %

2 희석한 용액의 몰 농도 구하기

어떤 용액에 증류수를 가하여 용액을 희석하면 용액의 부피와 몰 농도는 달라지지만 처음 용액과 희석한 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않는다.



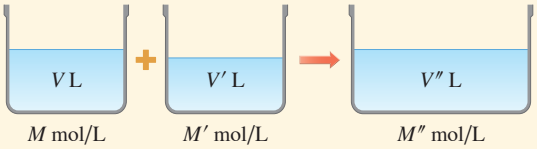
$MV = M'V'$

$\therefore$ 희석한 용액의 몰 농도 $M' = \frac{MV}{V'}$(M)

Q1 0.1 M 포도당($C_6H_{12}O_6$) 수용액에 물을 추가하여 0.01 M 포도당 수용액 0.5 L를 만들 때 사용된 0.1 M 포도당 수용액의 부피(L)를 구하시오.

3 혼합 용액의 몰 농도 구하기

몰 농도가 다른 두 용액을 혼합하면 용액의 부피와 몰 농도는 달라지지만 혼합 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 혼합 전 두 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)의 합과 같다.



$MV + M'V' = M''V''$

$\therefore$ 혼합 용액의 몰 농도 $M'' = \frac{MV + M'V'}{V''}$(M)

Q2 1 M 포도당($C_6H_{12}O_6$) 수용액 300 mL와 2 M 포도당 수용액 200 mL를 혼합하여 전체 용액의 부피가 500 mL가 된 경우 혼합 용액의 몰 농도(M)를 구하시오.

정답친해 14쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- 퍼센트 농도(%) = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{(\text{❶})\text{(g)}} \times 100$
- 몰 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{(\text{❷})\text{(L)}}$

➡ 몰 농도가 같으면 용질의 종류에 관계없이 일정한 부피의 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수가 같다.

1 용액의 농도에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 퍼센트 농도는 용매 100 g에 녹아 있는 용질의 질량을 백분율로 나타낸 것이다. ····· ( )

(2) 몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)이다. ····· ( )

(3) 몰 농도와 용액의 부피를 알면 용질의 양(mol)을 구할 수 있다. ····· ( )

(4) 용액에 용매를 추가하여 희석하면 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 변한다. ····· ( )

2 ( ) 안에 알맞은 숫자를 쓰시오.

(1) 염화 나트륨 10 g이 녹아 있는 수용액 50 g의 퍼센트 농도는 ( ) %이다.

(2) 35 % 염산 50 g에는 염화 수소 ( ) g이 녹아 있다.

3 표는 3가지 물질의 화학식량에 대한 자료이다.

물질	질산 나트륨	염화 나트륨	수산화 나트륨
화학식량	85	58.5	40

다음 용액의 몰 농도(M)를 각각 구하시오.

(1) 질산 나트륨 8.5 g이 녹아 있는 질산 나트륨 수용액 100 mL

(2) 염화 나트륨 0.3 mol을 녹여서 100 mL로 만든 수용액

(3) 수산화 나트륨 40 g이 녹아 있는 수산화 나트륨 수용액 500 mL

4 다음은 0.1 M 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$) 수용액 1 L를 만드는 실험 과정을 나타낸 것이다.

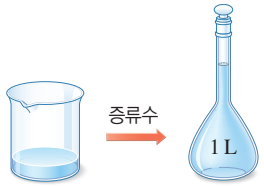
(가) 탄산수소 나트륨 ( ) g을 정확히 측정하여 증류수가 들어 있는 비커에서 완전히 녹인다.

(나) 1 L ( )에 탄산수소 나트륨 수용액을 넣고 증류수로 비커를 헹구어 다시 넣는다.

(다) 눈금선까지 증류수를 정확히 채운 후 수용액이 잘 섞이도록 흔들어 준다.

(가)와 (나)의 ( ) 안에 알맞은 말이나 숫자를 각각 쓰시오. (단, $NaHCO_3$의 화학식량은 84이다.)

5 그림과 같이 0.1 M 아세트산(CH_3COOH) 수용액 100 mL를 1 L 부피 플라스크에 넣고 증류수를 가하여 1 L 용액으로 만들었다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오. (단, CH_3COOH의 분자량은 60이다.)



0.1 M 아세트산 수용액 100 mL (가)　　(나)

(1) (가)에서 아세트산은 0.1 mol이 들어 있다. ····· ( )

(2) (가)에서 아세트산은 0.6 g이 들어 있다. ····· ( )

(3) (나)에서 아세트산 수용액의 몰 농도(M)는 0.01 M이다. ····· ( )

대표 자료 분석

정답친해 14쪽

자료 ❶ 화학 반응에서의 양적 관계

기출 Point
- 반응물의 양(mol) 계산
- 생성물의 분자량, 양(mol), 부피 계산

[1~3] 다음은 탄산 칼슘($CaCO_3$)과 묽은 염산($HCl(aq)$)의 반응에 대한 화학 반응식과 실험이다. (단, $CaCO_3$의 화학식량은 100이고, 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.)

[화학 반응식]

$$CaCO_3(s)+aHCl(aq) \longrightarrow bCaCl_2(aq)+A(g)+bH_2O(l)$$

(a, b는 반응 계수)

[실험 과정 및 결과]

(가) 탄산 칼슘의 질량을 측정하였더니 w_1 g이었다.

(나) 충분한 양의 묽은 염산이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 w_2 g이었다.

(다) (나)의 삼각 플라스크에 (가)의 탄산 칼슘을 넣었더니 A 기체가 발생하였다.

(라) 반응이 완전히 끝난 뒤 용액이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 w_3 g이었다.

1 A 기체의 이름을 쓰시오.

2 반응 계수 a, b를 구하시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 탄산 칼슘과 염산의 반응 몰비는 1 : 2이다. (○ / ×)

(2) 반응 전후의 전체 질량을 비교하면 $w_1+w_2>w_3$이다. (○ / ×)

(3) (가)에서 탄산 칼슘의 양(mol)은 $\frac{w_1}{100}$이다. (○ / ×)

(4) 발생한 A 기체의 질량은 $\{w_3-(w_1+w_2)\}$ g이다. (○ / ×)

(5) 발생한 A 기체의 부피는 0 °C, 1 atm에서 $\frac{w_2}{100}\times 22.4$ L이다. (○ / ×)

(6) A의 분자량은 $\frac{(w_1+w_2)-w_3}{w_1}\times 100$이다. (○ / ×)

자료 ❷ 몰 농도

기출 Point
- 특정한 몰 농도의 수용액 만들기
- 수용액의 몰 농도와 수용액에 포함된 용질의 양(mol) 계산

[1~4] 다음은 0.1 M 포도당($C_6H_{12}O_6$) 수용액 1 L를 만드는 실험 과정을 순서 없이 나타낸 것이다. (단, $C_6H_{12}O_6$의 화학식량은 180이다.)

(가) 증류수를 1 L ㉠의 눈금선까지 넣고 잘 섞는다.

(나) 비커에 남은 포도당 수용액을 증류수로 씻어 1 L ㉠에 넣는다.

(다) 소량의 증류수가 들어 있는 비커에 포도당 x g을 넣어 녹인 후, 이 수용액을 1 L ㉠에 넣는다.



1 실험 기구 ㉠의 이름을 쓰시오.

2 실험 과정을 순서대로 옳게 나열하시오.

3 필요한 포도당의 질량 x를 구하시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 과정 (나)에서 비커에 남은 포도당 수용액을 증류수로 씻어 넣지 않으면 수용액의 농도가 0.1 M보다 작아진다. (○ / ×)

(2) 포도당 18 g에 증류수 1 L를 넣고 완전히 녹인 용액의 몰 농도는 0.1 M이다. (○ / ×)

(3) 0.1 M 포도당 수용액 200 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 0.02 mol이다. (○ / ×)

(4) 포도당 9 g이 녹아 있는 0.1 M 수용액의 부피는 200 mL이다. (○ / ×)

(5) 0.1 M 포도당 수용액 100 mL에 증류수를 가하여 전체 부피를 1 L로 하면 포도당 수용액의 몰 농도는 0.01 M이다. (○ / ×)

내신 만점 문제

A 화학 반응식

중요 **01** 다음은 철(Fe)의 제련과 관련된 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

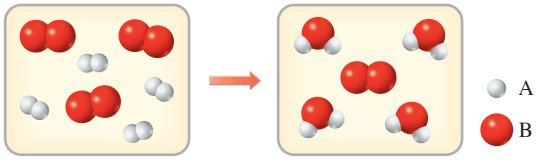
$$Fe_2O_3(s)+aCO(g) \longrightarrow bFe(s)+c\boxed{\text{㉠}}(g)$$
(a~c는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. a와 c는 같다.
ㄴ. b는 2이고, ㉠은 CO_2이다.
ㄷ. 전체 기체의 양(mol)은 반응 후가 반응 전보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 강철 용기에 기체 A_2와 B_2를 넣고 반응시켰을 때 새로운 기체가 생성되는 반응을 모형으로 나타낸 것이다.



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

보기
ㄱ. 화학 반응식은 $2A_2(g)+B_2(g) \longrightarrow 2A_2B(g)$이다.
ㄴ. A_2 1 mol이 모두 반응하려면 B_2 2 mol이 필요하다.
ㄷ. 용기에 B_2를 더 첨가하면 생성물의 양(mol)이 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 수증기(H_2O) 생성 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$2H_2(g)+O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$$

0 °C, 1 atm에서 부피가 4.48 L인 수소(H_2) 기체를 충분한 양의 산소(O_2) 기체와 모두 반응시켜 얻을 수 있는 수증기(H_2O)의 질량은? (단, 원자량은 H=1, O=16이고, 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.)

① 1.8 g ② 3.2 g ③ 3.6 g
④ 4.8 g ⑤ 6.4 g

04 금속 나트륨(Na) 조각을 물(H_2O)에 넣어 반응시키면 수소(H_2) 기체가 발생한다.

(1) 이 반응을 화학 반응식으로 나타내시오.

(2) 나트륨(Na) 9.2 g을 충분한 양의 물에 넣어 반응시켰을 때 발생한 수소(H_2) 기체의 부피는 0 °C, 1 atm에서 몇 L인지 구하시오. (단, Na의 원자량은 23이고, 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.)

중요 **05** 다음은 프로페인(C_3H_8)의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$C_3H_8(g)+aO_2(g) \longrightarrow bCO_2(g)+cH_2O(l)$$
(a~c는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이며, 아보가드로 수는 6.02×10^{23}이다.)

보기
ㄱ. $a+b+c=12$이다.
ㄴ. C_3H_8 22 g을 완전 연소시키면 H_2O 36 g이 생성된다.
ㄷ. 1.204×10^{24}개의 CO_2 분자가 생성되려면 O_2가 최소한 3.5 mol 필요하다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **06** 다음은 2가지 연소 반응의 화학 반응식이다. ㉡은 탄화수소이다.

- $C_2H_5OH(l)+xO_2(g) \longrightarrow 2$ ㉠ $(g)+xH_2O(l)$
- 2 ㉡ $(g)+7O_2(g) \longrightarrow y$ ㉠ $(g)+2xH_2O(l)$

(x, y는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 CO_2이다.
ㄴ. ㉡은 C_2H_6이다.
ㄷ. $x+y=5$이다.

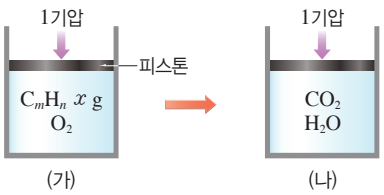
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 다음은 C_mH_n 연소 반응의 화학 반응식이다.

$C_mH_n(g)+aO_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g)+2H_2O(g)$

(a는 반응 계수)

그림 (가)는 실린더에 C_mH_n x g과 충분한 양의 O_2가 들어 있는 것을, (나)는 C_mH_n이 완전 연소된 후에 실린더에 들어 있는 기체를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이고, 온도와 압력은 일정하며, 반응물과 생성물은 모두 기체이고, (가)와 (나)의 부피는 같다.)

보기

ㄱ. $a=4$이다.
ㄴ. $m+n=7$이다.
ㄷ. 생성된 H_2O는 $0.9x$ g이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 아세트알데하이드(C_2H_4O)의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$2C_2H_4O(l)+aO_2(g) \longrightarrow bCO_2(g)+bH_2O(l)$

(a, b는 반응 계수)

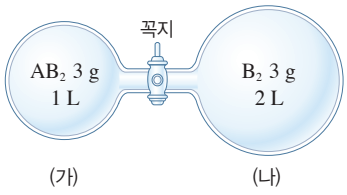
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이다.)

보기

ㄱ. $a<b$이다.
ㄴ. 1 mol의 C_2H_4O가 완전 연소하면 2 mol의 H_2O이 생성된다.
ㄷ. 0.5 mol의 C_2H_4O가 완전 연소하면 전체 생성물의 질량은 51 g이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 기체 AB_2와 B_2가 반응하면 기체 AB_3이 생성된다. 같은 온도와 압력에서 그림과 같이 3 g의 AB_2와 B_2가 각각 들어 있는 두 용기를 연결한 꼭지를 열어 어느 한 물질이 모두 소모될 때까지 반응시켰다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 기체의 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. 꼭지를 열기 전 전체 원자 수비는 (가) : (나)=1 : 2이다.
ㄴ. 원자량은 A가 B의 2배이다.
ㄷ. 생성된 AB_3의 질량은 3.5 g이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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

$$aA(g)+bB(g) \longrightarrow aC(g)\ (a,\ b\text{는 반응 계수})$$

표는 x g의 B(g)가 들어 있는 실린더에 A(g)의 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시켰을 때에 대한 자료이다.

실험	반응 전 전체 기체의 양 (mol)	반응 후	
		실린더 속 기체의 종류	전체 기체의 양(mol)
(가)	1.6	B(g), C(g)	0.8
(나)	2.0		
(다)	2.4	A(g), C(g)	1.2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 압력은 일정하다.)

보기

ㄱ. $a>b$이다.

ㄴ. B(g) 1 mol의 질량은 $\frac{5}{6}x$ g이다.

ㄷ. (나)에서 반응 후 $\frac{\text{기체 C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{1}{2}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 기체 A와 B가 반응하여 기체 C가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

$$aA(g)+B(g) \longrightarrow cC(g)\ (a,\ c\text{는 반응 계수})$$

표는 A(g) 5 mol이 들어 있는 실린더에 B(g)의 양(mol)을 달리하여 넣고 반응시켰을 때에 대한 자료이다. (나)와 (다)에서 반응 후 실린더 속 물질의 종류는 같다.

실험	(가)	(나)	(다)
반응 전 B(g)의 양(mol)	1	2	3
반응 후 $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{반응물의 양(mol)}}$	x	$\frac{10}{3}$	$\frac{10}{7}$

$x\times(a+c)$는?

① 10 ② 12 ③ 15
④ 18 ⑤ 20

서술형 **12** 다음은 금속 M과 묽은 염산(HCl(aq))의 반응에 대한 화학 반응식이다.

$$2M(s)+6HCl(aq) \longrightarrow 2MCl_3(aq)+3H_2(g)$$

금속 M 5.4 g을 충분한 양의 묽은 염산(HCl(aq))과 반응시켰을 때 t °C, 1 atm에서 수소(H_2) 기체 7.2 L가 생성되었다. 금속 M의 원자량을 풀이 과정과 함께 서술하시오. (단, M은 임의의 원소 기호이며, t °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 V L이다.)

중요 **13** 그림은 탄산 칼슘($CaCO_3$)과 묽은 염산(HCl(aq))의 반응에서 양적 관계를 알아보기 위한 실험 장치이고, 다음은 이 실험에서 일어나는 반응의 화학 반응식과 실험 결과를 나타낸 것이다.



$$CaCO_3(s)+2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq)+X(g)+H_2O(l)$$

실험	(가)	(나)	(다)
$CaCO_3$의 질량(g)	1.0	3.0	5.0
반응 전 HCl(aq)이 담긴 플라스크의 질량(g)	132.7	132.7	132.7
반응 후 플라스크의 질량(g)	133.26	134.38	136.38

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 화합물이고, $CaCO_3$의 화학식량은 100이며, 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.)

보기

ㄱ. (가)에서 발생한 X의 양(mol)은 0.01 mol이다.

ㄴ. (나)에서 발생한 X의 부피는 0 °C, 1 atm에서 672 mL이다.

ㄷ. (나)와 (다)에서 반응한 $CaCO_3$의 양(mol)은 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 용액의 농도

중요 **14** 다음은 25 °C의 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (단, NaOH의 화학식량은 40이다.)

(가) 10 % NaOH(aq) 10 g
(나) (가)의 수용액 4 g에 증류수를 넣어서 만든 0.1 M NaOH (aq) x mL

(1) (가)에 녹아 있는 NaOH의 양(mol)을 구하시오.
(2) x의 값을 구하시오.

15 25 °C에서 5 % X(aq) 200 g의 몰 농도를 구하기 위해 추가로 필요한 자료만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 증류수의 분자량
ㄴ. X의 화학식량
ㄷ. 25 °C에서 X(aq)의 밀도

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 표는 25 °C에서 x M X(aq)에 대한 자료이다.

용액의 부피	용질의 질량	용액의 밀도
500 mL	15 g	1.01 g/mL

25 °C에서 X(aq) 200 mL에 증류수 98 g을 더 넣었더니 희석된 수용액의 퍼센트 농도가 y %였다. $x \times y$는? (단, X의 화학식량은 60이다.)

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

17 그림과 같이 5 % 설탕 수용액 500 g과 5 % 포도당 수용액 500 g이 있다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 설탕의 화학식량은 342, 포도당의 화학식량은 180이고, 두 수용액의 밀도는 1 g/mL로 가정한다.)

보기
ㄱ. 수용액 속 용질의 질량은 (가)>(나)이다.
ㄴ. 수용액 속 용질의 입자 수는 (가)<(나)이다.
ㄷ. 수용액의 몰 농도는 (가)=(나)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 표는 요소 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

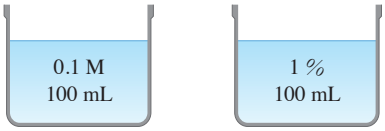
수용액	(가)	(나)
농도	15 %	x M
요소의 질량	w g	w g
수용액의 양	100 g	500 mL

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 요소의 분자량은 60이고, (가)의 밀도는 1.0 g/mL보다 크다.)

보기
ㄱ. x=0.5이다.
ㄴ. (가)의 몰 농도는 5x M보다 크다.
ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 후 증류수를 가해 전체 부피를 1 L로 만든 수용액의 몰 농도는 x M이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 그림은 포도당 수용액 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 모든 수용액의 밀도는 1 g/mL이며, 포도당의 분자량은 180이다.)

보기

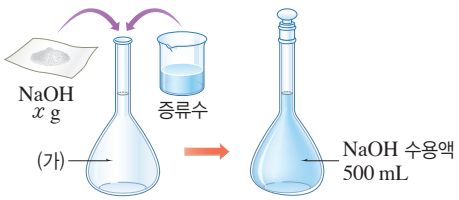
ㄱ. (나)의 몰 농도는 $\frac{1}{18}$ M이다.

ㄴ. 수용액 속 포도당의 질량은 (가)가 (나)의 $\frac{9}{5}$배이다.

ㄷ. (가)에 증류수 40 g을 더 넣으면 (나)의 농도와 같아진다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **20** 그림은 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 만드는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH의 화학식량은 40이다.)

보기

ㄱ. x는 2이다.

ㄴ. 용기 (가)는 부피 플라스크이다.

ㄷ. 0.1 M NaOH 수용액 500 mL에 포함된 NaOH의 양(mol)은 0.05 mol이다.

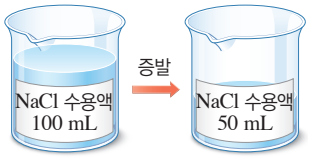
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **21** 다음은 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$)과 아세트산(CH_3COOH)의 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$NaHCO_3(s)+CH_3COOH(aq) \longrightarrow CH_3COONa(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$$

4.2 g의 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$)과 완전히 반응하는 데 필요한 0.1 M 아세트산(CH_3COOH) 수용액의 부피(L)를 구하시오. (단, $NaHCO_3$의 화학식량은 84이다.)

22 그림은 x M 염화 나트륨(NaCl) 수용액 100 mL에서 물을 증발시켜 염화 나트륨(NaCl) 수용액의 부피가 50 mL가 된 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaCl의 화학식량은 58.5이고, (가)와 (나)에서 NaCl은 모두 수용액에 녹아 있다.)

보기

ㄱ. 수용액의 몰 농도는 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄴ. (가)에 NaCl $\frac{x}{2}$ mol을 더 녹이면 (나)와 같은 몰 농도가 된다.

ㄷ. (나)에 증류수를 가해 전체 부피를 200 mL로 만들면 수용액의 몰 농도는 (나)의 $\frac{1}{4}$이 된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 20쪽

01 다음은 기체 A와 B가 반응하여 기체 C가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

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

표는 실린더에 A(g)와 B(g)의 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시켰을 때 반응 전과 후에 대한 자료이다. 실험 Ⅰ에서는 A가, 실험 Ⅱ에서는 B가 모두 반응한다.

실험		Ⅰ	Ⅱ
반응 전	A의 질량(g)	7	x
	B의 질량(g)	3	y
반응 후	$\frac{\text{C의 질량}}{\text{전체 질량}}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{8}{11}$

실험 Ⅱ에서 반응 전 A와 B의 질량비(x : y)는?

① 1 : 2 ② 1 : 5 ③ 1 : 10
④ 5 : 1 ⑤ 10 : 1

02 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다. 분자량은 B가 A의 2배이다.

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

표는 A(g) V_0 L가 들어 있는 실린더에 B(g)를 넣어 반응을 완결시켰을 때에 대한 자료이다.

구분	(가)	(나)	(다)
넣어 준 B(g)의 질량(g)	0	w	$2w$
실린더 속 기체의 부피(L)	V_0	–	–

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 기체의 온도와 압력은 일정하며, (나)에서 반응 후 실린더 속 기체는 C(g) 1가지이다.)

보기

ㄱ. A(g) V_0 L의 질량은 $\frac{1}{4}w$ g이다.
ㄴ. (다)에서 실린더 속 기체의 부피는 $4V_0$이다.
ㄷ. 실린더 속 기체의 밀도비는 (가) : (나) : (다) = 4 : 10 : 9이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 시판되는 진한 염산을 희석하여 1.0 M HCl(aq) 500 mL를 만드는 과정이다.

[시판되는 진한 염산]



염산(HCl(aq))
퍼센트 농도 = 36.5 %
밀도 = 1.25 g/mL
HCl 분자량 = 36.5

[진한 염산을 희석하는 과정]
(가) 시판되는 진한 염산을 피펫으로 x mL를 취한다.
(나) 소량의 증류수가 들어 있는 500 mL 부피 플라스크에 (가)에서 취한 진한 염산을 넣고 눈금선까지 증류수를 채운다.

x는?

① 10 ② 20 ③ 30
④ 40 ⑤ 50

04 표는 수용액 A(aq)와 B(aq)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
용질	A	B	
용질의 질량(g)	x	$4x$	$2x$
용액의 부피(L)	1	2	$1+V$
용액의 몰 농도(M)	$\frac{1}{6}$	1	$\frac{1}{3}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, B의 분자량은 60이다.)

보기

ㄱ. x = 60이다.
ㄴ. (다)는 A(aq)이다.
ㄷ. V = 2이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원

핵심 정리

정답친해 20쪽

1 화학식량과 몰

1. 화학식량

원자량	질량수가 12인 (❶) 원자의 질량을 12로 정하고 이를 기준으로 하여 나타낸 원자들의 상대적인 질량
분자량	분자의 상대적인 질량으로, 분자를 구성하는 모든 원자들의 (❷)을 합한 값
화학식량	물질의 화학식을 이루는 각 원자들의 (❸)을 합한 값

2. 몰

(1) **몰(mol)**: 원자, 분자, 이온 등과 같이 매우 작은 입자의 양을 나타내는 묶음 단위

(2) (❹): 6.02×10^{23}

몰과 아보가드로수	• 원자 1 mol = 원자 6.02×10^{23}개 • 분자 1 mol = 분자 6.02×10^{23}개 • 이온 1 mol = 이온 6.02×10^{23}개
몰과 질량	• 원자 1 mol의 질량 = 원자량 g • 분자 1 mol의 질량 = 분자량 g • 이온 결합 물질 1 mol의 질량 = 화학식량 g • (❺): 물질 1 mol의 질량(단위: g/mol) ➡ 물질의 양(mol) = $\frac{\text{물질의 질량(g)}}{\text{물질의 몰 질량(g/mol)}}$
몰과 기체의 부피	(❻) 법칙: 온도와 압력이 같을 때 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자를 포함한다. ➡ 기체 1 mol의 부피 = 22.4 L(0 ℃, 1 atm)

(3) 몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피 사이의 관계

$$\text{물질의 양(mol)} = \frac{\text{입자 수}}{(❼\quad)/\text{mol}} = \frac{\text{질량(g)}}{(❽\quad)(\text{g/mol})} = \frac{\text{기체의 부피(L)}}{(❾\quad)(\text{L/mol})}\ (0\ ℃,\ 1\ \text{atm})$$

2 화학 반응식과 용액의 농도

1. 화학 반응식

(1) **화학 반응식**: 화학 반응을 화학식과 기호를 이용하여 나타낸 식

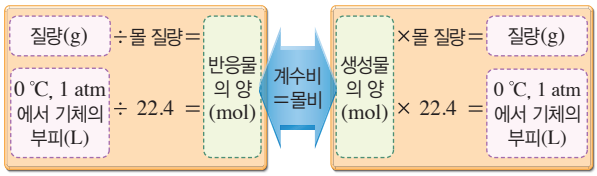
(2) 화학 반응식을 나타내는 방법

1단계	반응물과 생성물을 화학식으로 나타낸다.
2단계	'→'를 기준으로 반응물은 왼쪽에, 생성물은 오른쪽에 쓴다. 또, 반응물이나 생성물이 2가지 이상일 경우에는 각 물질을 '+'로 연결한다.
3단계	반응 전후 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같도록 화학식 앞의 계수를 맞춘다. 이때 계수는 가장 간단한 정수로 나타내고, 1이면 생략한다.
4단계	물질의 상태는 ( ) 안에 기호를 써서 화학식 뒤에 표시한다.

(3) 화학 반응식으로 알 수 있는 것

계수비 = 몰비 = 분자 수비 = (❿)(기체의 경우) ≒ 질량비

(4) 화학 반응에서의 양적 관계



2. 용액의 농도

(1) (⓫): 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 백분율로 나타낸 것

$$(⓫\quad)(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}}\times100$$

• 용액의 퍼센트 농도가 같더라도 용질의 종류에 따라 일정한 질량의 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수가 다르다.

(2) **몰 농도**: 용액 (⓬) 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)

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

① 용액의 몰 농도가 같으면 용질의 종류와 관계없이 일정한 부피의 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수가 같다.

② 용액의 몰 농도와 부피를 알면 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구할 수 있다.

③ 용액을 희석할 때 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 변하지 않는 것을 이용하여 희석한 용액의 몰 농도를 구할 수 있다.

마무리 문제

정답친해 20쪽

하 중 상

01 표는 화합물 (가)~(다)에 대한 자료이다.

화합물	성분 원소	분자당 구성 원자 수	분자량
(가)	X, Y	4	17
(나)	X, Y	2	15
(다)	X, Y, Z	3	27

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 원자량은 X가 Z보다 크다.)

보기

ㄱ. (가)의 분자식은 XY_3이다.

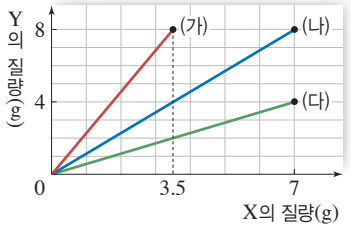
ㄴ. 화합물에서 $\frac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}}$은 (가)가 (나)의 $\frac{1}{3}$배이다.

ㄷ. ZY_4의 분자량은 (가)의 분자량보다 크고, (다)의 분자량보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

02 그림은 X와 Y로 이루어진 분자 (가)~(다)에서 성분 원소의 질량 관계를 나타낸 것이다. (가)~(다)의 분자식은 각각 XY, XY_2, X_2Y 중 하나이다.



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

보기

ㄱ. (가)의 분자식은 XY이다.

ㄴ. $\frac{\text{X 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$는 (나)가 (다)의 $\frac{4}{3}$배이다.

ㄷ. 1 g에 들어 있는 X 원자 수비는 (가) : (다)=11 : 23이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

03 그림은 기체 (가)와 (나)가 들어 있는 용기를 나타낸 것이고, 표는 기체 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 분자량은 $XY_2 > X_xY_y$이고, 두 기체는 서로 반응하지 않으며, 용기 안의 기체 혼합물에서 $\frac{\text{X의 질량}}{\text{전체 질량}}=\frac{1}{2}$이다.



기체	분자식	분자량	구성 원소의 질량비(X : Y)
(가)	XY_2	a	7 : 16
(나)	X_xY_y	44	7 : b

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

보기

ㄱ. $x > y$이다.

ㄴ. $a+b=54$이다.

ㄷ. 용기 안의 기체에서 $\frac{\text{기체 (가)의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}=\frac{2}{5}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

04 표는 일정한 온도와 압력에서 3가지 기체 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

분자	(가)	(나)	(다)
성분 원소	X, W	Y, W	Z, W
$\frac{\text{W의 질량}}{\text{전체 질량}}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{\text{W 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
분자당 원자 수	8	6	3

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

보기

ㄱ. 분자량은 (가)가 가장 크다.

ㄴ. 1 g에 들어 있는 원자 수비는 (나) : (다)=9 : 8이다.

ㄷ. 같은 질량의 W를 포함한 분자 수비는 (가) : (나)=2 : 3이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

05 다음은 탄소 화합물 (가)와 (나)에 대한 자료와 (가)와 (나)의 완전 연소 반응에 대한 화학 반응식을 나타낸 것이다.

탄소 화합물	(가)	(나)
성분 원소	C, H, O	C, H
분자당 원자 수	10	14
이용	매니큐어 제거제	연료

- $\boxed{\text{(가)}}+4O_2 \longrightarrow xCO_2+xH_2O$
- $2\boxed{\text{(나)}}+yO_2 \longrightarrow 8CO_2+zH_2O$

(x~z는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이다.)

보기

ㄱ. $x=4$이다.

ㄴ. $\frac{z}{y}<1$이다.

ㄷ. 1 mol의 질량은 (가)>(나)이다.

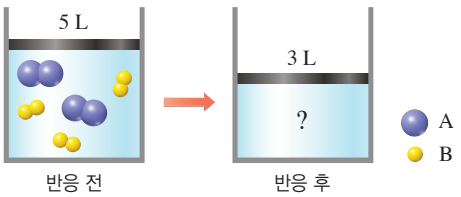
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

06 다음은 기체 A_2와 B_2의 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$aA_2(g)+bB_2(g) \longrightarrow 2X(g)$ (a, b는 반응 계수)

그림은 A_2 2 mol과 B_2 3 mol을 반응시켰을 때 기체 B_2는 모두 반응하고, 기체 X 2 mol이 생성된 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 반응 전과 후에 기체의 온도와 압력은 같다.)

보기

ㄱ. A_2와 B_2는 1 : 3의 몰비로 반응한다.

ㄴ. X의 분자식은 AB_2이다.

ㄷ. 반응 후 용기 안의 기체에서 $\frac{\text{X의 분자 수}}{\text{전체 분자 수}}=\frac{2}{3}$이다.

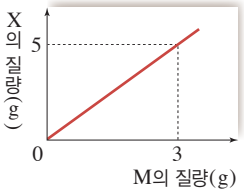
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

07 다음은 금속 M의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$2M(s)+O_2(g) \longrightarrow 2X(s)$

그림은 금속 M과 금속 산화물 X의 질량 관계를 나타낸 것이다. M의 원자량을 구하시오. (단, M은 임의의 원소 기호이고, O의 원자량은 16이다.)



하 중 상

08 다음은 탄산 칼슘($CaCO_3$)과 묽은 염산($HCl(aq)$)의 반응에서 양적 관계를 알아보기 위한 실험이다.

[화학 반응식]

$CaCO_3(s)+aHCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq)+X(g)+bH_2O(l)$

(a, b는 반응 계수)

[과정]

(가) $CaCO_3$의 질량(w_1)을 측정한다.

(나) 충분한 양의 묽은 염산이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량(w_2)을 측정한다.

(다) (나)의 삼각 플라스크에 $CaCO_3$을 넣어 반응시킨다.

(라) 반응이 완전히 끝난 후 삼각 플라스크의 질량(w_3)을 측정한다.

[결과]

w_1	w_2	w_3
x g	330.0 g	331.12 g

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 임의의 화합물이며, 원자량은 H=1, C=12, O=16, Ca=40이다.)

보기

ㄱ. $a+b=4$이다.

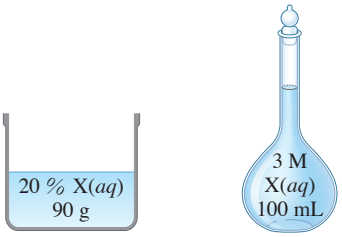
ㄴ. 발생한 X의 질량은 0.88 g이다.

ㄷ. 반응한 HCl의 양(mol)은 $\frac{x-1.12}{44}$ mol이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

09 그림은 X의 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X의 분자량은 60이며, 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. 수용액에 녹아 있는 X의 질량은 (가)>(나)이다.

ㄴ. (가)에 증류수 10 g을 더 넣으면 수용액의 농도가 18 %가 된다.

ㄷ. (나) 1 mL에 포함된 X의 양(mol)은 $\frac{3}{1000}$ mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

10 다음은 0.5 M HCl(aq) 1 L를 만드는 과정이다.

(가) 시판되는 12 M HCl(aq)을 준비한다.
(나) 피펫을 이용하여 12 M HCl(aq) ㉠ mL를 1 L ㉡에 넣는다.
(다) 증류수를 ㉡의 눈금선까지 채운 후 잘 섞는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, HCl의 분자량은 a이고, 0.5 M HCl(aq)의 밀도는 d g/mL이다.)

보기

ㄱ. ㉠은 $\frac{125}{3}$이다.

ㄴ. ㉡은 부피 플라스크이다.

ㄷ. 0.5 M HCl(aq) 1 L에 포함된 증류수의 질량은 $\frac{1000d-0.5a}{1000}$ kg이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 문제

하 중 상

11 다음은 일정한 온도와 압력에서 기체 A_2와 B_2가 반응하여 기체 X가 생성되는 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$aA_2(g)+bB_2(g) \longrightarrow cX(g)\ (a\sim c\text{는 반응 계수})$$

표는 A_2와 B_2의 부피를 달리하여 반응시켰을 때 생성되는 기체 X의 부피를 측정한 결과이다.

실험	반응물의 부피(L)		생성물의 부피(L)
	$A_2(g)$	$B_2(g)$	$X(g)$
(가)	1	3	2
(나)	1	4	2
(다)	2	3	2

화학 반응식의 계수 $a\sim c$를 구하고, 그 과정을 서술하시오.

하 중 상

12 다음은 금속 X가 포함된 탄산염(X_2CO_3)의 열분해 반응에서 양적 관계를 확인하기 위한 실험이다.

[화학 반응식]

$$X_2CO_3(s) \longrightarrow X_2O(s)+CO_2(g)$$

[실험 과정]

도가니에 X_2CO_3을 넣고 질량을 측정한 후, 도가니를 가열하면서 2분마다 질량을 다시 측정한다.

[실험 결과]

• 도가니 질량: 210 g

시간(분)	0	2	4	…	12	…	18	20
질량(g)	247	245	243	…	236	…	225	225

X의 원자량을 구하고, 그 과정을 서술하시오. (단, X는 임의의 원소 기호이고, 원자량은 C=12, O=16이다.)

수능 실전 문제

• 수능 출제 경향

이 단원에서는 화학 반응식의 계수를 결정하고, 화학 반응식의 계수비로부터 몰비, 분자 수비, 부피비(기체의 경우)를 파악하여 양적 관계를 파악하는 문제가 자주 출제된다. 물질의 양(mol)과 몰질량을 이용하여 질량비를 구하고, 이를 이용하여 양적 관계를 해결하는 문제도 고난도 문항으로 자주 출제되고 있다.

수능 이렇게 나온다!

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

$$aA(g)+B(g) \longrightarrow 2C(g)\ (a\text{는 반응 계수})$$

표는 B(g) x g이 들어 있는 실린더에 A(g)의 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시킨 실험 Ⅰ~Ⅳ에 대한 자료이다. Ⅱ에서 반응 후 남은 B(g)의 질량은 Ⅲ에서 반응 후 남은 A(g)의 질량의 $\frac{1}{4}$배이다.

❶ A(g)가 모두 반응하며, 남은 B(g)의 질량은 $\frac{x}{5}$ g이다.

❷ B(g)가 모두 반응하며, 남은 A(g)의 질량은 $\frac{w}{2}$ g이므로 $x=\frac{5}{8}w$이다.

실험	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
넣어 준 A(g)의 질량(g)	w	$2w$	$3w$	$4w$
반응 후 $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 부피(L)}}$(상댓값)	$\frac{4}{7}$	$\frac{8}{9}$		$\frac{5}{8}$

❸ Ⅲ에서 B(g)가 모두 반응하며, 반응 몰비는 A : B : C=2 : 1 : 2이다.

$a\times x$는? (단, 실린더 속 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

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

전략적 풀이

❶ 실험 Ⅱ에서 반응 후 남은 B(g)의 질량을 구한다.

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하며, 실험 Ⅱ에서 반응 후 $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 부피(L)}}=\frac{8}{9}$이므로 생성물의 양(mol)을 $8n$ mol, 반응 후 남은 B(g)의 양(mol)을 n mol이라고 하면, B(g)와 C(g)의 몰비가 ( )이므로 반응한 B(g)의 양(mol)은 ( ) mol이다. 따라서 B(g) x g의 양(mol)은 ( ) mol이며, 실험 Ⅱ에서 반응 후 남은 B(g)의 질량은 $x\times\frac{n}{5n}=\frac{x}{5}$ g이다.

❷ 실험 Ⅲ에서 반응 후 남은 A(g)의 질량을 구한 다음 x를 구한다.

실험 Ⅱ에서 A(g) $2w$ g이 B(g) ( ) g과 반응하므로 반응 질량비는 A : B=$5w$: $2x$이다. 실험 Ⅲ에서 B(g) x g이 모두 반응하므로 A(g)는 $\frac{5}{2}w$ g이 반응하며, 반응 후 남은 A(g)의 질량은 ( ) g이다.

실험 Ⅱ에서 반응 후 남은 B(g)의 질량은 실험 Ⅲ에서 반응 후 남은 A(g)의 질량의 $\frac{1}{4}$배이므로 x=( )이다.

❸ 실험 Ⅳ의 결과로부터 반응 몰비를 결정하여 반응 계수 a를 구한다.

B(g) $5n$ mol이 모두 반응하면 C(g) 10 mol이 생성된다. 실험 Ⅳ에서 반응 후 $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 부피(L)}}=\frac{5}{8}$이므로 남아 있는 A($g$)의 질량 $\frac{3}{2}w$ g은 ( ) mol이고, A(g) $4w$ g은 $16n$ mol이므로 반응한 A(g)의 양(mol)은 생성된 C(g)의 양(mol)과 같은 ( ) mol이고, 반응 계수는 a=( )이다. 따라서 $a\times x$=( )$\times\frac{5}{8}w$=( )이다.

출제개념

화학 반응에서의 양적 관계

▶ 본문 40~43쪽

출제의도

화학 반응에서 반응 후 남은 물질의 질량 관계를 이용하여 반응 질량비를 구하고, 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같다는 사실을 이용하여 화학 반응식의 계수를 결정할 수 있는지를 묻는 문항이다.

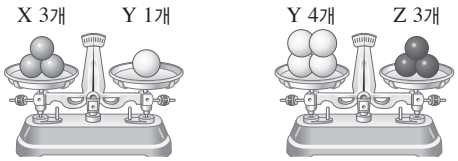
❶ Ⅰ : 2, $4n$, $5n$

❷ $\frac{4}{5}x$, $\frac{w}{2}$, $\frac{5}{8}w$

❸ $6n$, $10n$, 2, 2, $\frac{5}{4}w$

답 ④

01 그림은 원자 X~Z의 질량을 비교한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, Y 원자 1 mol의 질량은 12 g이며, 아보가드로수는 6.02×10^{23}이다.)

보기

ㄱ. X 원자 1개의 질량은 $\frac{1}{6.02\times10^{23}}$ g이다.
ㄴ. 1 g에 들어 있는 원자의 몰비는 Y : Z=4 : 3이다.
ㄷ. 1 mol의 질량은 YZ_2가 X의 11배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 표는 원소 A와 B로 이루어진 5가지 화합물에 대하여 분자량과 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$을 나타낸 것이다.

화합물	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
분자량	27	36	45	72	108
$\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$	2	1	4	3	5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, (마)의 분자식은 A_2B_5이다.)

보기

ㄱ. 원자량은 A가 B보다 크다.
ㄴ. (나)와 (다)는 분자당 원자 수가 같다.
ㄷ. 일정량의 B와 결합한 A의 질량비는 (가) : (라) =3 : 2이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 t °C, 1 atm에서 기체 (가)~(다)에 대한 자료이다. t °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.

기체	분자식	질량(g)	분자량	부피(L)	전체 원자 수 (상댓값)
(가)	XY_2	18		8	1
(나)	ZX_2	23			1.5
(다)	Z_2Y_4	26	104		a

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

보기

ㄱ. (나)의 분자량은 46이다.
ㄴ. a는 1.5이다.
ㄷ. 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (다)>(가)이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 포도당($C_6H_{12}O_6$)의 연소 반응에 대한 화학 반응식이다.

$$C_6H_{12}O_6(s)+aO_2(g)\longrightarrow bCO_2(g)+6H_2O(l)$$
(a, b는 반응 계수)

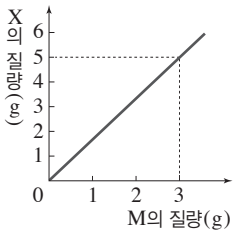
산소(O_2) 3.0 mol이 들어 있는 용기에서 포도당 x g을 완전 연소시켰더니 산소가 48 g 남았다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이다.)

보기

ㄱ. x=45이다.
ㄴ. 생성된 H_2O의 질량은 27 g이다.
ㄷ. 반응 후 용기 안 $\frac{CO_2\text{의 양(mol)}}{\text{전체 물질의 양(mol)}}=\frac{1}{3}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 금속 M의 질량을 달리하여 연소시킬 때 M과 산화물 X의 질량을 나타낸 것이다. 금속 M의 연소 반응식은 $2M(s)+O_2(g) \longrightarrow 2X(s)$이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, M은 임의의 원소 기호이고, O의 원자량은 16이다.)



보기

ㄱ. X의 화학식은 MO이다.

ㄴ. M의 원자량은 24이다.

ㄷ. X 10 g이 생성되는 데 필요한 O_2는 $\frac{1}{4}$ mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 기체 A와 B가 반응하여 기체 C가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

$$aA(g)+bB(g) \longrightarrow 2C(g)\ (a,\ b\text{는 반응 계수})$$

표는 기체 A와 B의 부피를 달리하여 반응시켰을 때 반응 전과 후에 기체의 부피를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 반응 후 남은 기체의 종류는 서로 다르다.

실험	반응 전 기체의 부피(L)		반응 후 전체 기체의 부피(L)
	A(g)	B(g)	
(가)	3	5	6
(나)	12	2	10

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 압력은 일정하다.)

보기

ㄱ. $a+b=4$이다.

ㄴ. 반응 후 $\frac{\text{C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$은 (가)>(나)이다.

ㄷ. 반응 전 A(g)와 B(g)의 몰비를 1 : 1로 하면 전체 기체의 양(mol)은 반응 후가 반응 전의 $\frac{2}{3}$배이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 표는 물질 X_mY_n을 Z_2와 완전히 반응시켰을 때 생성되는 물질의 질량을 나타낸 것이다.

생성물	XZ_2	Y_2Z
질량(g)	5.5	4.5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 원자량은 X=12, Y=1, Z=16이다.)

보기

ㄱ. $\frac{n}{m}=4$이다.

ㄴ. 반응한 Z_2의 질량은 8 g이다.

ㄷ. X_mY_n에서 $\frac{\text{X의 질량}}{\text{전체 질량}}=\frac{3}{4}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 기체 A_2와 B_2가 반응하여 기체 X가 생성되는 반응의 화학 반응식은 $aA_2(g)+bB_2(g) \longrightarrow 2X(g)$이고, 표는 실린더 안에서 기체의 부피를 달리하여 어느 한 기체가 모두 소모될 때까지 반응시켰을 때 발생한 X의 부피를 나타낸 것이다.

실험	반응 전 기체의 부피(L)		발생한 X(g)의 부피(L)
	$A_2(g)$	$B_2(g)$	
(가)	3	5	2
(나)	12	2	4
(다)	15	1	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, a와 b는 화학 반응식의 계수이고, A와 B는 임의의 원소 기호이며, 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

보기

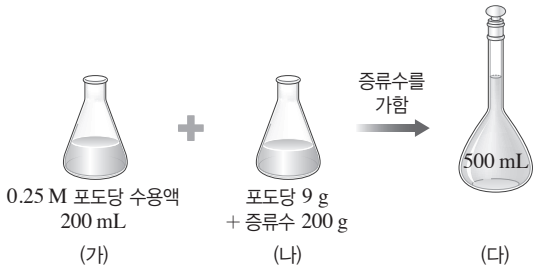
ㄱ. X는 삼원자 분자이다.

ㄴ. 같은 양(mol)의 A_2와 B_2를 반응시키면 용기 안의 $\frac{\text{반응 후 기체의 전체 부피}}{\text{반응 전 기체의 전체 부피}}=\frac{2}{3}$이다.

ㄷ. 반응 후 용기 안의 $\frac{\text{X의 분자 수}}{\text{전체 분자 수}}$는 (나)<(다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 포도당 수용액 (가)와 (나)를 혼합하여 포도당 수용액 (다)를 만드는 과정을 나타낸 것이다.



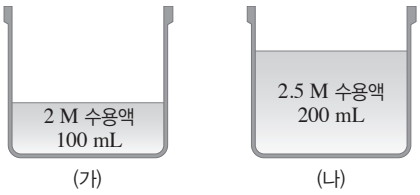
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 포도당의 분자량은 180이고, 수용액의 밀도는 (가)>(나)이다.)

보기

ㄱ. 녹아 있는 포도당 분자 수는 (가)와 (나)가 같다.
ㄴ. 수용액의 몰 농도는 (가)와 (나)가 같다.
ㄷ. 수용액 (다)의 몰 농도는 0.2 M이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 물질 X가 각각 녹아 있는 수용액이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X의 화학식량은 100이고, 혼합 용액의 부피는 각 용액의 부피를 합한 값과 같다고 가정한다.)

보기

ㄱ. (가)에 녹아 있는 X의 양(mol)은 2 mol이다.
ㄴ. (나)에 녹아 있는 X의 질량은 50 g이다.
ㄷ. (가)와 (나)를 1 : 1의 부피비로 혼합한 용액의 몰 농도는 4.5 M이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 일정한 농도의 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 만드는 과정을 나타낸 것이다.

(가) NaOH 4 g을 증류수 100 mL에 녹인다.
(나) (가)의 수용액을 1 L 부피 플라스크에 넣고 눈금선까지 증류수를 넣는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaOH의 화학식량은 40이고, (가)와 (나)에서 만든 수용액의 밀도는 1 g/mL로 가정한다.)

보기

ㄱ. (가) 수용액의 몰 농도는 1 M보다 크다.
ㄴ. (나) 수용액의 몰 농도는 0.1 M이다.
ㄷ. (나) 수용액 10 g에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $\frac{1}{1000}$ mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 밀도가 1.25 g/mL인 12.5 M A(aq)을 이용하여 0.5 M A(aq) 1 L를 만드는 과정이다. A의 화학식량은 a이고, 0.5 M A(aq)의 밀도는 d g/mL이다.

(가) 12.5 M A(aq)을 준비한다.
(나) 피펫으로 (가)의 A(aq) ㉠ mL를 취한다.
(다) 1 L 부피 플라스크에 (나)에서 취한 A(aq)을 넣고 증류수를 가하여 눈금선까지 채운다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용액의 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. ㉠은 40이다.
ㄴ. 12.5 M A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{a}{10}$ %이다.
ㄷ. 0.5 M A(aq) 1 g에 들어 있는 A의 질량은 $\frac{a}{2000d}$ g이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Ⅲ 원자의 세계

1 원자의 구조

Q1 원자의 구조 066

Q2 원자 모형과 전자 배치 080

Review

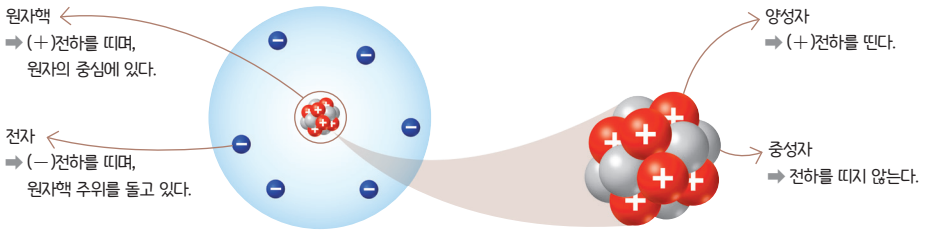
이전에 학습한 내용 중 이 단원과 연계된 내용을 다시 한 번 떠올려 봅시다.

다음 단어가 들어갈 곳을 찾아 빈칸을 완성해 보자.

원자 번호	전자 껍질	중성	2	4	0	원자가 전자

통합과학 물질의 규칙성과 결합

- **원자의 구조** 원자는 원자핵과 전자로, 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다.



탄소(C) 원자의 구조

① 원자는 양성자수와 전자 수가 같다. ➡ 원자는 전기적으로 ❶ 이다.

② 양성자수는 원자마다 다르므로 양성자수로 ❷ 를 정한다.

❷ = 양성자수 = 원자의 전자 수

- **원자 모형과 전자 배치**

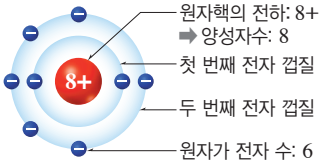
① **에너지 준위:** 원자핵 주위를 돌고 있는 전자가 갖는 특정한 에너지 값

② ❸ : 원자핵 주위의 전자가 돌고 있는 특정한 에너지 준위의 궤도로, 원자핵에서 가까울수록 에너지 준위가 낮다.

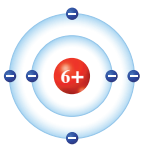
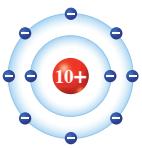
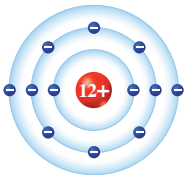
③ **원자의 전자 배치 원리**

- 전자는 원자핵에서 가까운 전자 껍질부터 차례대로 채워진다.
- 전자는 첫 번째 전자 껍질에 최대 2개, 두 번째 전자 껍질에 최대 8개가 채워진다.

④ ❹ : 원자의 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자로, 화학 결합에 참여하므로 원소의 화학적 성질을 결정한다.



산소(O) 원자의 전자 배치

원자	수소(H)	탄소(C)	네온(Ne)	마그네슘(Mg)
원자 모형				
원자가 전자 수	1	❺	❻	❼

답 ❶ 중성 ❷ 원자 번호 ❸ 전자 껍질 ❹ 원자가 전자 ❺ 4 ❻ 0 ❼ 2

1 원자의 구조

핵심 포인트

1. 음극선의 성질, 톰슨의 음극선 실험 ★★
2. 알파(α) 입자 산란 실험 ★★
3. 원자의 구성 입자의 성질 ★★★
4. 동위 원소의 특성 ★★★

A 원자를 구성하는 입자의 발견

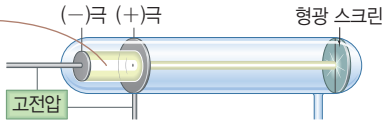
1803년 돌턴은 "물질은 더 이상 쪼갤 수 없는 ❶원자로 이루어져 있다."라고 주장하였어요. 하지만 이후 여러 과학자들이 실험을 통해 원자를 구성하는 더 작은 입자가 있음을 밝혀내었죠. 과학자들이 어떻게 원자를 구성하는 입자를 발견했는지 알아볼까요?

1. 전자의 발견(톰슨, 1897년)

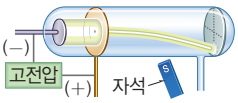
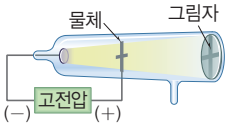
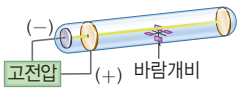
(1) **음극선**: ❷진공 방전관에 높은 전압을 걸어 주면 (−)극에서 (+)극 쪽으로 빛을 내는 선이 나오는데, 이 선을 음극선이라고 한다.

음극선

진공 상태의 유리관에 높은 전압을 걸어 주면 (−)극에서 (+)극 쪽으로 음극선이 방출된다.



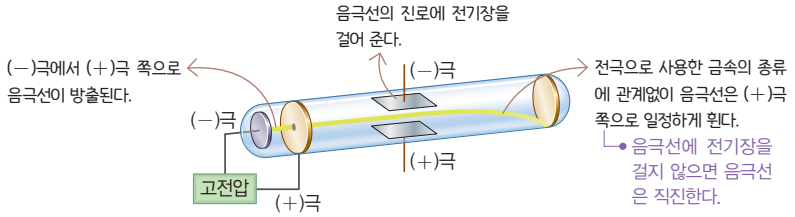
(2) **음극선의 성질**

실험 장치			
결과	음극선이 지나가는 길에 자석을 가까이 가져가면 음극선이 휜다.	음극선이 지나가는 길에 물체를 놓아두면 그림자가 생긴다.	음극선이 지나가는 길에 바람개비를 놓아두면 바람개비가 회전한다.
음극선의 성질	음극선은 전하를 띤다.	음극선은 직진하는 성질이 있다.	음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이다.

(3) **톰슨의 음극선 실험**: 톰슨은 음극선 실험을 통해 음극선이 (−)전하를 띠고 질량을 가진 입자의 흐름임을 밝혀내었다.

73쪽 대표 자료 ❶

톰슨의 음극선 실험 장치



① 음극선이 지나가는 길에 전기장을 걸어 주면 음극선이 (+)극 쪽으로 휜다. ➡ 음극선은 질량을 가지며 (−)전하를 띠는 작은 입자의 흐름이다.

② 금속의 종류에 관계없이 음극선은 같은 특성을 나타낸다.

➡ 음극선을 이루는 입자는 원자를 구성하는 공통적인 입자이며, 과학자들은 톰슨이 발견한 이 입자를 전자라고 하였다.

(용어)

❶ **원자(原 근원, 子 아들)** 물질의 기본적 구성 단위. a(=not)와 tom(divide)의 합성어로 '나누어지지 않는'의 뜻

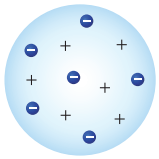
❷ **진공 방전관(眞 본질, 空 비다, 放 내놓다, 電 전기, 管 관)** 진공에서 강한 전기장을 걸어 주어 전류가 흐를 수 있도록, 즉 방전 현상이 나타나도록 만든 관

(4) 톰슨의 원자 모형

① 전기적으로 중성인 원자에 높은 전압을 걸어 주었을 때 음극선과 같은 (−)전하를 띠는 전자의 흐름이 생기려면 (+)전하를 띠는 부분이 존재해야 한다.

② 톰슨은 전체적으로 (+)전하를 띠는 공 모양의 물질 속에 (−)전하를 띠는 전자가 띄엄띄엄 박혀 있는 새로운 원자 모형을 제안하였다.

• 원자를 구성하는 더 작은 입자인 전자의 발견으로 돌턴의 원자 모형은 수정되어야 했다.



톰슨의 원자 모형

2. 원자핵의 발견(러더퍼드, 1911년)

(1) **러더퍼드의 ◆알파(α) 입자 ①산란 실험**: 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 원자의 대부분은 빈 공간이며, 원자의 중심에 부피가 작고 원자 질량의 대부분을 차지하며 (+)전하를 띠는 입자가 존재한다는 것을 밝혀내었고, 이를 원자핵이라고 하였다.

◆ **알파(α) 입자**
헬륨 원자가 전자 2개를 잃은 상태(He^{2+}), 즉 헬륨의 원자핵으로 방사성 물질에서 방출된다.

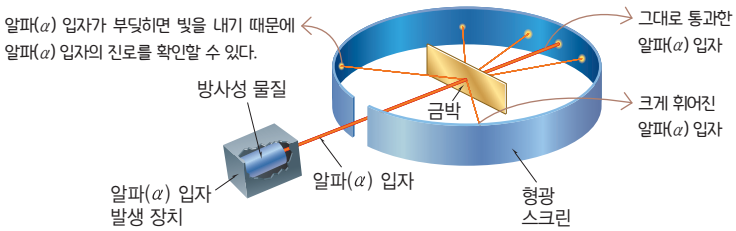


알파(α) 입자 모형

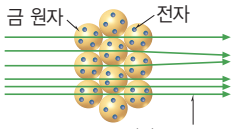
탐구 자료창 러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험

73쪽 대표 자료 ①

얇은 금박 주위에 그림과 같이 형광 스크린을 설치하고, 알파(α) 입자 발생 장치로부터 나오는 알파(α) 입자를 금박에 쪼여 알파(α) 입자의 진로를 알아본다.



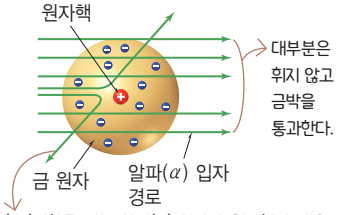
[예측] 톰슨의 원자 모형이 옳다면 전자에 비해 질량이 매우 큰 알파(α) 입자를 빠른 속도로 원자에 충돌시킬 때 대부분의 알파(α) 입자는 금 원자를 그대로 통과하고 일부의 알파(α) 입자는 약간 휘어질 것이다.



1. 실제 결과

- 대부분의 알파(α) 입자가 직진하여 금박을 통과한다.
  ➡ 원자의 대부분은 빈 공간이다.
- 알파(α) 입자의 극히 일부만이 크게 휘거나 튕겨져 나온다.
  ➡ 매우 좁은 공간에 (+)전하를 띠며, 원자 질량의 대부분을 차지하는 부분이 존재한다.

2. 결론: 원자의 대부분은 빈 공간이고, 중심에 (+)전하를 띠고 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 존재한다.



(+)전하를 띠는 알파(α) 입자가 원자핵과 매우 가깝게 지나면 원자핵의 (+)전하에 의해 반발하여 진로가 크게 휜다.

확인 문제 **1** 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 발견된 원자의 구성 입자를 쓰시오.

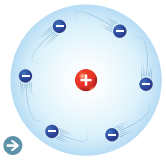
2 대부분의 알파(α) 입자가 금박을 통과하여 직진하는 까닭은 원자의 대부분이 (　　)이기 때문이다.

주의해!

알파(α) 입자 산란 실험에서 발견된 입자
알파(α) 입자 산란 실험에서는 원자핵의 존재를 알아내었고, 원자핵의 구성 입자인 양성자와 중성자는 이후에 발견되었다.

확인 문제 답
1 원자핵
2 빈 공간

(2) **러더퍼드의 원자 모형**: 원자의 중심에 (+)전하를 띠는 원자핵이 위치하고, (−)전하를 띠는 전자가 원자핵 주위를 움직이고 있는 원자 모형을 제안하였다.



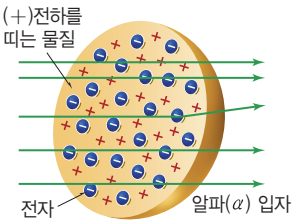
러더퍼드의 원자 모형

(용어)
① **산란(散 흩어지다, 亂 어지럽다)** 여러 방향으로 진로가 흩어지는 현상

심화+ 알파(α) 입자 산란 실험과 원자 모형

톰슨의 원자 모형이 옳았다면 알파(α) 입자 산란 실험의 결과는 어떻게 나왔을까?

톰슨의 원자 모형에서는 (+)전하가 원자 내부에 골고루 퍼져 있기 때문에 빛의 속도의 $\frac{1}{10}$ 정도로 움직이고, 질량이 상대적으로 매우 큰 알파(α) 입자가 크게 휘거나 튕겨져 나올 수 없다. 따라서 모든 알파(α) 입자가 원자를 통과해야 하며, 이때 분산되어 있는 (+)전하나 전자의 (−)전하의 영향을 받아 진로가 약간 휘는 경우가 생길 수는 있다.



톰슨의 원자 모형에서 알파(α) 입자의 경로

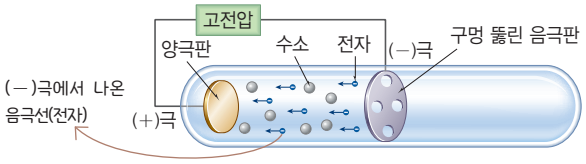
◆ 양성자
수소(H) 원자는 양성자 1개와 전자 1개로 이루어져 있으므로, 전자를 잃어 양이온(H^+)이 되면 양성자 1개만 남는다. 따라서 수소 이온(H^+)이 양성자이다.

3. ◆양성자의 발견

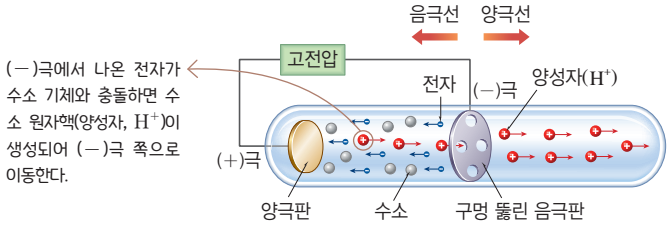
(1) **양극선의 발견(골트슈타인, 1886년)**: 진공 방전관에 소량의 수소 기체를 넣고 방전시킬 때 (+)극에서 (−)극 쪽으로 이동하는 입자의 흐름을 발견하고, 이를 양극선이라고 하였다.

양극선 실험

❶ 소량의 수소 기체가 들어 있는 방전관에 높은 전압을 걸어 주면 (−)극에서 (+)극 쪽으로 음극선이 방출된다.



❷ 음극선이 수소와 충돌하여 생성된 수소 원자핵(H^+)이 빛을 내며 (+)극에서 (−)극 쪽으로 이동하는데, 이를 양극선이라고 하였다.



(2) **양성자의 발견(러더퍼드, 1919년)**: 양극선이 (+)전하를 띤 입자인 수소 원자핵(H^+)이라는 것을 알게 되었으며, 이 입자를 양성자라고 하였다.

4. 중성자의 발견

(1) **러더퍼드의 예측**: 러더퍼드는 헬륨 원자핵의 전하량은 양성자의 2배이지만 질량은 양성자의 약 4배라는 사실을 통해 원자핵 속에 질량이 크고 전기적으로 중성인 입자가 존재함을 예측하였다.

(2) **중성자의 발견(채드윅, 1932년)**: 베릴륨 원자핵에 알파(α) 입자를 충돌시키는 실험에서 전하를 띠지 않는 입자가 방출되는 것을 발견하고, 이를 중성자라고 하였다. → 러더퍼드의 예측을 입증하였다.

① 중성자는 전하를 띠지 않기 때문에 존재를 알아내기 어려워 원자를 구성하는 입자 중에서 가장 늦게 발견되었다.

② 중성자의 발견으로 헬륨 원자핵의 질량을 설명할 수 있게 되었으며, 원자를 이루는 전자, 양성자, 중성자의 존재가 모두 밝혀지게 되었다.

지학사 교과서와 천재 교과서에서는 러더퍼드가 질소 기체에 알파(α) 입자를 충돌시켰을 때 튀어나온 (+)전하를 양성자라고 하였다고 설명해요.

암기해!

원자의 구성 입자와 발견 실험

입자	실험
전자	음극선 실험
원자핵	알파(α) 입자 산란 실험
양성자	양극선 실험
중성자	베릴륨에 알파(α) 입자를 충돌시키는 실험

정답친해 29쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 진공 방전관에 높은 전압을 걸어 주었을 때 (−)극에서 (+)극 쪽으로 빛을 내며 나오는 선
- 음극선 실험: 음극선의 진로에 전기장을 걸어 주면 음극선이 (❷)극 쪽으로 휘어진다. ➡ 음극선은 질량을 가지며 (❸)전하를 띠는 입자의 흐름으로, 음극선을 이루는 입자는 원자의 구성 입자인 (❹)이다.
- 알파(α) 입자 산란 실험: 대부분의 알파(α) 입자는 원자를 통과해 직진하고, 극소수의 알파(α) 입자는 경로가 크게 휘거나 튕겨져 나온다. ➡ 원자는 대부분 빈 공간이고, 매우 좁은 공간에 (❺)전하를 띠고 원자 질량의 대부분을 차지하는 (❻)이 존재한다.
- (❼)의 원자 모형: (+)전하를 띠는 물질 속에 (−)전하를 띠는 전자가 띄엄띄엄 박혀 있다.
- (❽)의 원자 모형: 원자의 중심에 (+)전하를 띠는 원자핵이 위치하고, (−)전하를 띠는 전자가 원자핵 주위를 움직이고 있다.
- (❾): 원자핵을 구성하는 입자로, (+)전하를 띤다.
- (❿): 원자핵을 구성하는 입자로, 전하를 띠지 않는다.

1 음극선의 성질에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

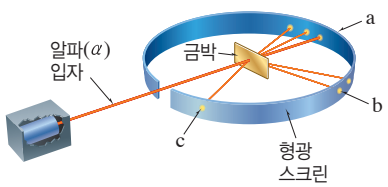
(1) 음극선이 지나가는 길에 전기장을 걸어 주면 음극선이 (+)극 쪽으로 휘는 것으로 보아 음극선은 (−)전하를 띤다. ( )

(2) 음극선이 지나가는 길에 물체를 놓아두면 그림자가 생기는 것으로 보아 음극선은 질량을 가진다. ( )

(3) 음극선이 지나가는 길에 바람개비를 놓아두면 바람개비가 회전하는 것으로 보아 음극선은 직진하는 성질이 있다. ( )

(4) 음극선이 지나가는 길에 자석을 가까이 가져가면 음극선이 휘어지는 것으로 보아 음극선은 전하를 띤다. ( )

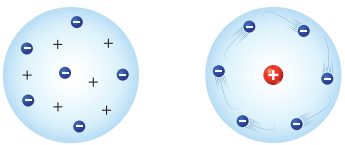
2 그림은 러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험 장치를 나타낸 것이다.



(1) a~c 중 알파(α) 입자가 가장 많이 도달하는 위치를 쓰시오.

(2) 원자의 구성 입자 중 알파(α) 입자가 c 위치에서 발견되는 원인이 되는 입자의 이름을 쓰시오.

3 그림은 2가지 원자 모형을 나타낸 것이다.


(가) (나)

(1) 각 모형을 제안한 과학자의 이름을 쓰시오.

(2) 각 모형을 제안한 근거가 되는 원자의 구성 입자를 쓰시오.

4 다음에서 설명하는 원자의 구성 입자를 쓰시오.

(1) 수소 원자가 전자를 잃어 형성되는 입자로, 양극선을 이룬다.

(2) 음극선을 이루며, (−)전하를 띤다.

(3) 전기적으로 중성이며, 가장 늦게 발견되었다.

5 ( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

(가) 러더퍼드는 금박에 알파(α) 입자를 쪼여 알파(α) 입자의 진로를 관찰하여 ( )을 발견하였다.

(나) 톰슨은 고압 진공 방전관의 (−)극에서 나오는 음극선의 성질을 관찰하여 ( )를 발견하였다.

(다) 채드윅은 베릴륨 원자핵에 알파(α) 입자를 충돌시킬 때 전하를 띠지 않는 ( )가 방출되는 것을 발견하였다.

B 원자의 구조

1. 원자를 구성하는 입자

(1) 원자의 구조와 크기

① 원자는 (+)전하를 띠는 원자핵이 중심에 있고, 그 주위에 (−)전하를 띠는 전자가 운동하고 있다. —● (+)전하를 띠는 원자핵의 양성자와 (−)전하를 띠는 전자 사이에 정전기적 인력이 작용한다.

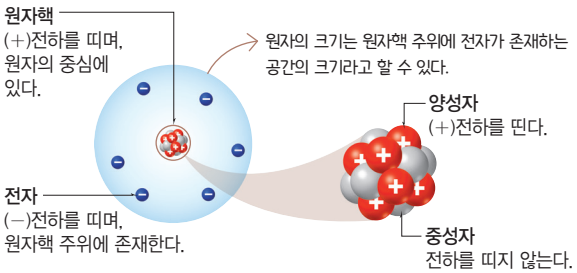
② 원자핵은 (+)전하를 띠는 양성자와 전하를 띠지 않는 중성자로 이루어져 있다.

③ 원자의 지름은 10^{-10} m 정도이고, 원자핵의 지름은 10^{-15} m~10^{-14} m 정도로 매우 작다.

➡ 원자핵의 크기는 원자의 크기에 비해 매우 작다.

└● 원자 1개의 크기가 축구장의 크기와 같다면, 원자핵의 크기는 축구장 중앙에 놓인 구슬 1개의 크기에 비유할 수 있다.

원자의 구조와 크기



(2) 원자를 구성하는 입자의 성질

① 전하량: 양성자와 전자는 전하량의 크기는 같고 부호는 반대이다. ➡ 원자는 양성자수와 전자 수가 같으므로 전기적으로 중성이다.

② 질량: 양성자와 중성자의 질량은 비슷하고, 전자의 질량은 이들에 비해 무시할 수 있을 정도로 작다. ➡ 원자핵은 원자 질량의 대부분을 차지한다.

구성 입자		전하량(◆C)	상대적인 전하	질량(g)	상대적인 질량
원자핵	양성자	$+1.602\times10^{-19}$	+1	1.673×10^{-24}	1
	중성자	0	0	1.675×10^{-24}	1
전자		-1.602×10^{-19}	−1	9.109×10^{-28}	$\frac{1}{1837}$

2. ◆원자 번호와 질량수 73쪽 대표 자료 ❷

(1) 원자 번호: 원자핵 속에 들어 있는 양성자수

① 원자핵 속에 들어 있는 양성자수에 따라 원소의 성질이 달라지므로 양성자수로 원자 번호를 정한다.

② 원자는 양성자수와 전자 수가 같으므로 원자의 전자 수도 원자 번호와 같다.

원자 번호=양성자수=원자의 전자 수

(2) 질량수: 양성자수와 중성자수의 합 ➡ 전자의 질량은 무시할 수 있을 정도로 작으므로 양성자수와 중성자수의 합으로 원자의 상대적인 질량을 나타낸다. —● 질량수가 클수록 무거운 원자이다.

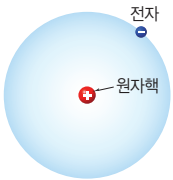
질량수=양성자수+중성자수

◆ **쿨롱(C)**
전하량의 단위로, 1암페어(A)의 전류가 흐르는 도선의 한 단면을 1초 동안 지나는 전하량이다.

1 C=1 A·초

◆ **원자 번호와 질량수**

• 수소 원자: 양성자수가 1이므로 원자 번호는 1이고, 전자 수도 1이다. 중성자가 없으므로 질량수는 1이다.



수소 원자 모형

• 헬륨 원자: 양성자수가 2이므로 원자 번호는 2이고, 전자 수도 2이다. 중성자수가 2이므로 질량수는 4이고 수소 원자보다 질량이 4배 정도 크다.



헬륨 원자 모형

암기해!

원자 번호와 질량수
• 원자 번호=양성자수
=원자의 전자 수
• 질량수=양성자수+중성자수

(3) **원자의 표시**: 원자 번호는 원소 기호의 왼쪽 아래, 질량수는 왼쪽 위에 작은 글씨로 표시한다.

질량수 = 양성자수 + 중성자수

$^{A}_{Z}X$ — 원소 기호

원자 번호 = 양성자수 = 원자의 전자 수

예 $^{23}_{11}Na$

- 원자 번호 = 양성자수 = 원자의 전자 수 = 11
- 질량수 = 23
- 중성자수 = 23 − 11 = 12

3. 동위 원소와 평균 원자량

74쪽 대표 자료 ❸, ❹

73쪽 대표 자료 ❷

(1) **동위 원소**: 양성자수(원자 번호)는 같지만 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소

수소의 동위 원소



수소($^{1}_{1}H$) 중수소($^{2}_{1}H$) 3중 수소($^{3}_{1}H$)

- 모든 원자핵이 양성자와 중성자로 이루어진 것은 아니다.
  ➡ $^{1}_{1}H$는 중성자를 포함하지 않는다.

동위 원소	수소 ($^{1}_{1}H$)	중수소 ($^{2}_{1}H$)	3중 수소 ($^{3}_{1}H$)
양성자수	1	1	1
중성자수	0	1	2
질량수	1	2	3

- 같은 원소의 원자는 양성자수는 항상 같지만, 중성자수는 다를 수 있다.

① 자연계에는 서로 다른 동위 원소들이 일정한 비율로 섞여 있다.

원소	동위 원소	원자량	존재 비율(%)	원소	동위 원소	원자량	존재 비율(%)
◆수소	$^{1}_{1}H$(H)	1.008	99.9885	산소	$^{16}_{8}O$	15.995	99.757
	$^{2}_{1}H$(D)	2.014	0.0115		$^{17}_{8}O$	16.999	0.038
	$^{3}_{1}H$(T)	–	–		$^{18}_{8}O$	17.999	0.205
탄소	$^{12}_{6}C$	12.000	98.93	염소	$^{35}_{17}Cl$	34.969	75.76
	$^{13}_{6}C$	13.003	1.07		$^{37}_{17}Cl$	36.966	24.24

② 동위 원소는 화학적 성질이 같다. ➡ 양성자수와 전자 수가 같기 때문이다.

③ 동위 원소는 밀도, 녹는점, 끓는점 등 물리적 성질이 다르다. ➡ 질량수가 다르기 때문이다.

(2) **평균 원자량**

① 원소의 원자량은 각 동위 원소의 자연 존재 비율을 고려하여 구한 평균 원자량으로 나타낸다.

② ◆**평균 원자량**: 각 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 곱한 값을 더하여 구한다.

예 염소(Cl)의 평균 원자량 $= \left(^{35}_{17}Cl\text{의 원자량}\right) \times \left(^{35}_{17}Cl\text{의 존재 비율}\right) + \left(^{37}_{17}Cl\text{의 원자량}\right) \times \left(^{37}_{17}Cl\text{의 존재 비율}\right)$

$$= \left(34.969 \times \frac{75.76}{100}\right) + \left(36.966 \times \frac{24.24}{100}\right) \fallingdotseq 35.5$$

◆ **수소의 동위 원소 표시**

수소의 3가지 동위 원소를 아래와 같은 기호를 사용하여 표시하기도 한다.

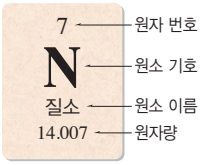
- H: Hydrogen(수소)
- D: Deuterium(중수소)
- T: Tritium(3중 수소)
  - 3중 수소(T)는 핵융합 반응에서 생성되는 원소로, 자연계에는 존재하지 않는다.

암기해!

동위 원소의 공통점과 차이점

공통점	차이점
양성자수	중성자수
원자 번호	질량수
화학적 성질	물리적 성질

◆ **주기율표와 평균 원자량**



주기율표에 주어진 각 원소의 원자량은 여러 동위 원소들이 섞여 있는 자연 상태에서 측정한 것이므로 평균 원자량이다.

탐구 자료창 구성 입자의 수에 따른 원자와 이온의 구분

표는 몇 가지 원자 또는 이온을 구성하는 입자의 수를 나타낸 것이다.

원자 또는 이온	양성자수	중성자수	전자 수
A	8	8	8
B	8	9	8
C	8	8	10
D	10	10	10

1. A와 B는 양성자수는 같지만 중성자수가 다르다.
   ➡ A와 B는 동위 원소 관계이다.
2. A와 C는 양성자수와 중성자수는 같지만 전자 수는 C가 A보다 크다. ➡ C는 A의 음이온이다.
3. C와 D는 전자 수는 같지만 양성자수가 다르다.
   ➡ C와 D는 다른 원소이다.

정답친해 29쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- 원자의 구조: 원자의 중심에는 (+)전하를 띠는 (❶)와 전하를 띠지 않는 (❷)로 구성된 원자핵이 있고, 원자핵 주위에는 (❸)가 운동하고 있다.
- 원자를 구성하는 입자의 전하량: 양성자의 전하량을 +1이라고 하면, 전자의 전하량은 (❹)이고, 중성자의 전하량은 (❺)이다.
- 원자를 구성하는 입자의 질량: 양성자와 (❻)의 질량은 비슷하고, (❼)의 질량은 이들에 비해 무시할 수 있을 정도로 작다.
- 원자 번호와 질량수 ┌ 원자 번호=(❽)=원자의 전자 수
  └ 질량수=양성자수+(❾)
- 원자의 표시: 원자 ${}_{p}^{q}\mathrm{X}$에서 X의 양성자수는 (❿), 전자 수는 (⓫), 중성자수는 (⓬)이다.
- (⓭): 양성자수는 같지만 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소로, 화학적 성질이 같다.

1 원자를 구성하는 입자에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

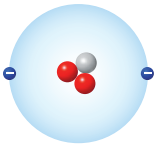
(1) 양성자와 중성자는 원자핵을 구성한다. ····· ( )
(2) 원자핵은 (+)전하를 띤다. ····· ( )
(3) 원자핵은 원자 부피의 대부분을 차지한다. ··· ( )
(4) 전자는 (−)전하를 띠며, 질량이 없다. ····· ( )

2 표는 원자를 구성하는 입자에 대한 자료이다.

구성 입자		상대적인 전하	상대적인 질량
원자핵	양성자	+1	1
	중성자	(가)	(나)
전자		(다)	$\frac{1}{1837}$

(가)~(다)에 들어갈 값을 각각 쓰시오.

3 그림은 원자 X의 구조를 모형으로 나타낸 것이다.



X에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오. (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. ●는 양성자이다.
ㄴ. 질량수는 5이다.
ㄷ. 원자 번호는 2이다.
ㄹ. ●와 ⊖의 전하량의 절댓값은 같다.

4 나트륨 이온의 ㉠양성자수, ㉡중성자수, ㉢전자 수를 각각 쓰시오.

$${}_{11}^{23}\mathrm{Na}^{+}$$

5 표는 몇 가지 원자 또는 이온을 구성하는 입자 수에 대한 자료이다.

원자 또는 이온	양성자수	중성자수	전자 수
A	7	7	7
B	7	9	7
C	8	8	8
D	11	12	10

(1) A~D 중 동위 원소를 있는 대로 쓰시오.
(2) A~D 중 질량수가 서로 같은 것을 있는 대로 쓰시오.
(3) A~D 중 이온과 이온이 띠는 전하의 종류를 쓰시오.

6 X는 원자량이 각각 10과 12인 동위 원소 ${}^{10}\mathrm{X}$와 ${}^{12}\mathrm{X}$가 존재한다. 자연계에서 존재비가 ${}^{10}\mathrm{X} : {}^{12}\mathrm{X} = 1 : 3$이라고 할 때 X의 평균 원자량을 구하시오. (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

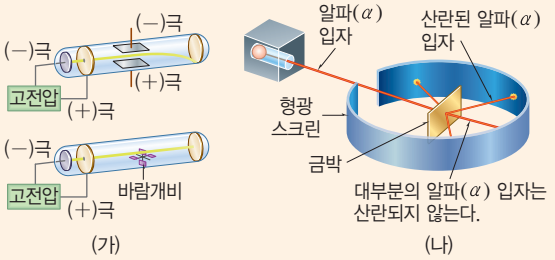
대표 자료 분석

정답친해 30쪽

자료 ❶ 음극선 실험과 알파(α) 입자 산란 실험

기출 Point
- 음극선 실험과 알파(α) 입자 산란 실험 결과 해석
- 실험 결과에 근거하여 발견된 원자의 구성 입자와 원자 모형

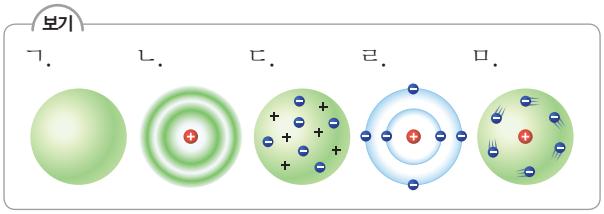
[1~3] 그림 (가)는 음극선 실험을, (나)는 알파(α) 입자 산란 실험을 나타낸 것이다.



1 (가)와 (나)에서 발견된 입자를 각각 쓰시오.

2 이 실험의 결과로부터 톰슨과 러더퍼드가 제안한 원자 모형을 [보기]에서 각각 고르시오.

보기



3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)의 첫 번째 실험에서 음극선은 (−)전하를 띤다는 것을 알 수 있다. ····· (○ / ×)
(2) (가)의 두 번째 실험에서 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이라는 것을 알 수 있다. ····· (○ / ×)
(3) (가)에서 발견된 입자는 원자 질량의 대부분을 차지한다. ····· (○ / ×)
(4) (나)에서 발견된 입자는 (−)전하를 띤다. ····· (○ / ×)
(5) (나)에서 원자는 대부분 빈 공간이라는 것을 알 수 있다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 원자의 구성 입자와 동위 원소

기출 Point
- 원자를 구성하는 입자의 성질
- 동위 원소의 의미와 성질

[1~3] 표는 원자 또는 이온 W, X, Y^+, Z^{2-}을 구성하는 입자에 대한 자료이다. (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

원자 또는 이온	양성자수	질량수	전자 수
W	7	14	7
X	7	15	a
Y^+	11	23	10
Z^{2-}	b	16	10

1 $a+b$의 값을 구하시오.

2 W~Z 중 동위 원소를 있는 대로 쓰시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 원자 번호가 가장 큰 것은 Y이다. ····· (○ / ×)
(2) X와 Z의 중성자수는 같다. ····· (○ / ×)
(3) W와 X는 원자 번호가 같다. ····· (○ / ×)
(4) W와 X는 화학적 성질이 같다. ····· (○ / ×)
(5) 원자량이 가장 큰 것은 Y이다. ····· (○ / ×)
(6) 전자 수는 Y>Z이다. ····· (○ / ×)
(7) 중성자수가 가장 큰 것은 Z이다. ····· (○ / ×)
(8) W를 원자 표시 방법으로 나타내면 $^{21}_{7}W$이다. ····· (○ / ×)
(9) 화합물 WZ와 XZ의 화학적 성질은 같다. ····· (○ / ×)

자료 3 평균 원자량

기출 Point
- 동위 원소의 존재 비율에 따른 분자의 존재 비율
- 평균 원자량 구하기

[1~3] 다음은 염소(Cl)의 동위 원소에 대한 자료이다.

- 자연계에서 염소(Cl)의 동위 원소는 $^{35}_{17}Cl$, $^{37}_{17}Cl$ 2가지만 존재한다.
- 동위 원소의 존재비는 $^{35}_{17}Cl : {}^{37}_{17}Cl = 3 : 1$이다.
- $^{35}_{17}Cl$, $^{37}_{17}Cl$의 원자량은 각각 35, 37이다.

1 염소(Cl)의 평균 원자량을 구하시오.

2 표는 자연계에 존재 가능한 염소(Cl_2) 분자에 대한 자료이다. ㉠~㉤에 알맞은 값을 각각 쓰시오.

분자	$^{35}Cl_2$	$^{35}Cl^{37}Cl$	$^{37}Cl_2$
구성 동위 원소	^{35}Cl, ^{35}Cl	^{35}Cl, ^{37}Cl	^{37}Cl, ^{37}Cl
분자량	㉠	㉡	㉢
존재 비율	㉣	㉤	㉥

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) $^{35}_{17}Cl$의 중성자수는 18이다. ····· (○ / ×)

(2) 염소(Cl) 원자 1 mol에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 19 mol이다. ····· (○ / ×)

(3) 염소(Cl) 원자 1 mol에 들어 있는 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}} < 1$이다. ····· (○ / ×)

(4) 염소(Cl_2) 분자 1 mol에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 37 mol이다. ····· (○ / ×)

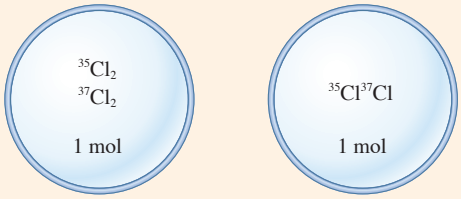
(5) 자연계에 수소 원자가 $^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$만 존재한다고 가정할 때 자연계에 존재 가능한 염화 수소(HCl) 분자의 종류는 4가지이다. ····· (○ / ×)

자료 4 동위 원소와 구성 입자

기출 Point
- 혼합 기체를 구성하는 입자의 양(mol) 구하기
- 혼합 기체의 질량 구하기

[1~3] 다음은 용기 (가)와 (나)에 각각 들어 있는 염소(Cl_2) 분자에 대한 자료이다.

- (가)에는 $^{35}Cl_2$와 $^{37}Cl_2$의 혼합 기체가, (나)에는 $^{35}Cl^{37}Cl$ 기체가 들어 있다.
- (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 전체 양(mol)은 각각 1 mol이다.



(가) (나)

- ^{35}Cl 원자의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{2}$배이다.
- ^{35}Cl, ^{37}Cl의 원자량은 각각 35, 37이다.

1 (가)에서 $^{35}Cl_2$와 $^{37}Cl_2$의 양(mol)을 각각 구하시오.

2 (가)와 (나)에서 기체의 질량비 (가) : (나)를 구하시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 용기 속 양성자수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. ····· (○ / ×)

(2) (가)에서 $\frac{^{35}Cl_2\text{의 분자 수}}{^{37}Cl_2\text{의 분자 수}} > 1$이다. ····· (○ / ×)

(3) ^{37}Cl 원자 수는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다. ····· (○ / ×)

(4) 중성자의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같다. ····· (○ / ×)

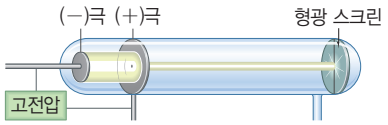
내신 만점 문제

정답친해 32쪽

A 원자를 구성하는 입자의 발견

[01~02] 다음은 음극선의 성질을 알아보기 위한 실험 과정이다.

[실험]
(가) 진공 방전관에 고전압을 걸어 주면 음극선이 발생한다.



(나) 음극선이 지나가는 길에 전기장을 걸어 준다.
(다) 음극선이 지나가는 길에 바람개비를 설치한다.
(라) 음극선이 지나가는 길에 장애물을 설치한다.

01 (나)~(라)에서 예상되는 결과로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (나)에서 음극선이 (−)극 쪽으로 휜다.
ㄴ. (다)에서 바람개비가 회전한다.
ㄷ. (라)에서 장애물의 그림자가 생긴다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

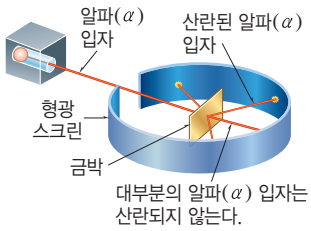
중요 **02** (나)~(라)의 실험 결과로부터 추론할 수 있는 음극선의 성질을 [보기]에서 골라 옳게 짝 지은 것은?

보기
ㄱ. 음극선은 직진하는 성질이 있다.
ㄴ. 음극선은 (−)전하를 띠고 있다.
ㄷ. 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이다.

	(나)	(다)	(라)
①	ㄱ	ㄴ	ㄷ
②	ㄱ	ㄷ	ㄴ
③	ㄴ	ㄱ	ㄷ
④	ㄴ	ㄷ	ㄱ
⑤	ㄷ	ㄴ	ㄱ

[03~05] 다음은 원자를 구성하는 입자의 발견에 대한 실험이다.

얇은 금박에 알파(α) 입자를 쪼였더니 대부분의 알파(α) 입자는 금박을 통과하고 일부만이 크게 휘거나 튕겨져 나왔다.

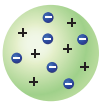
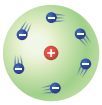


중요 **03** 이 실험의 결과로부터 알 수 있는 사실만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 원자는 대부분 빈 공간이다.
ㄴ. 원자핵은 (+)전하를 띠고 있다.
ㄷ. 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

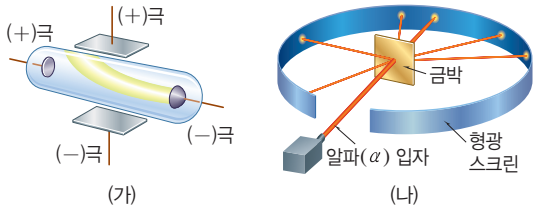
04 이와 같은 결과를 나타낼 것으로 예상되는 원자 모형만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 
ㄴ. 
ㄷ. 

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **05** 이와 동일한 실험 조건에서 금($_{79}$Au)박 대신 알루미늄($_{13}$Al)박을 사용했을 때 알파(α) 입자의 진로를 예상하여 서술하시오.

06 그림은 원자를 구성하는 입자를 발견한 2가지 실험을 나타낸 것이다.



(가)에서 발견된 입자 A와 (나)에서 발견된 입자 B에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

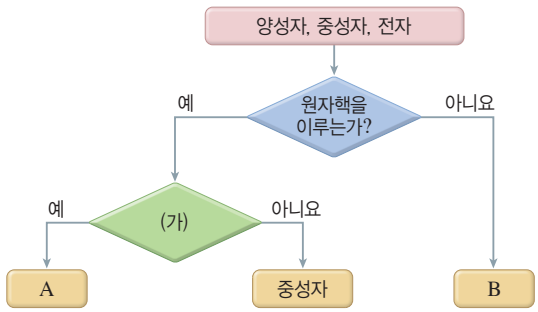
보기

ㄱ. 원자에서 A와 B의 수는 같다.
ㄴ. A는 (나)의 실험 결과에 거의 영향을 주지 않는다.
ㄷ. B는 원자의 대부분의 공간을 차지한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 원자의 구조

07 그림은 원자를 구성하는 입자를 2가지 기준에 따라 분류한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. B는 양성자이다.
ㄴ. 원자에서 입자 수는 A=B이다.
ㄷ. '전하를 띠는가?'는 (가)로 적절하다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 원자를 구성하는 입자에 대한 자료이다.

구성 입자	전하량(C)	질량(g)
(가)	$+1.6\times10^{-19}$	1.673×10^{-24}
(나)	0	1.675×10^{-24}
(다)	-1.6×10^{-19}	9.109×10^{-28}

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)와 (나)는 원자핵을 구성하는 입자이다.
ㄴ. 원자에서 (가)와 (다)의 수는 같다.
ㄷ. 원자핵의 전하량이 $+1.6\times10^{-18}$ C이고, 질량수가 20인 원자 X의 중성자수는 10이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **09** 표는 원자 X~Z를 구성하는 입자 a~c의 수를 나타낸 것이다. a~c는 각각 전자, 양성자, 중성자 중 하나이다.

원자	a	b	c
X	1	1	1
Y	1	2	1
Z	2	1	2

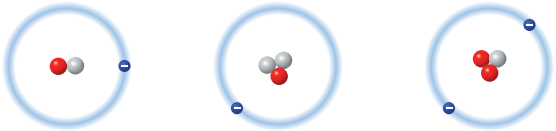
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. Y와 Z의 질량수는 같다.
ㄴ. X와 Y는 원자 번호가 같다.
ㄷ. 원자핵은 a와 c로 이루어져 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **10** 그림은 원자 X~Z의 구조를 모형으로 나타낸 것이다.



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

보기
ㄱ. ●은 양성자이다.
ㄴ. X와 Y는 화학적 성질이 같다.
ㄷ. 질량수의 비는 X : Z=3 : 5이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 표는 원자 X~Z의 질량수와 $\frac{\text{중성자수}}{\text{전자 수}}$를 나타낸 것이다.

원자	X	Y	Z
질량수	12	14	14
$\frac{\text{중성자 수}}{\text{전자 수}}$	1	$\frac{4}{3}$	1

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

보기
ㄱ. X와 Z는 동위 원소이다.
ㄴ. 중성자수는 Z가 Y보다 크다.
ㄷ. 원자 번호가 가장 큰 것은 Z이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 원소를 표시하는 방법을 나타낸 것이다.

$${}_{a}^{b}\mathrm{X}$$

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

보기
ㄱ. X의 양성자수는 a이다.
ㄴ. a는 b보다 항상 큰 값을 갖는다.
ㄷ. b가 같고 a가 다른 원소를 동위 원소라고 한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **13** 표는 이온 또는 원자 X^{2-}, Y^{+}, Z에 들어 있는 양성자수와 전자 수를 나타낸 것이다.

이온 또는 원자	양성자수	전자 수
X^{2-}	a	10
Y^{+}	11	b
Z	b	c

$a+b+c$는? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

① 12 ② 20 ③ 26
④ 28 ⑤ 30

14 산소(O)는 자연계에 다음과 같은 3종류의 동위 원소가 존재한다.

(가) ^{16}O (나) ^{17}O (다) ^{18}O

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 각 원소의 원자량은 질량수와 같다.)

보기
ㄱ. 양성자수가 가장 작은 것은 (가)이다.
ㄴ. 중성자수가 가장 큰 것은 (다)이다.
ㄷ. 1 g에 들어 있는 원자 수가 가장 큰 것은 (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형

15 표는 원소 A의 2가지 동위 원소에 대한 자료이다.

동위 원소	원자량	존재 비율(%)
(가)	10	80
(나)	11	20

A의 평균 원자량을 계산 과정과 함께 서술하시오. (단, A는 임의의 원소 기호이다.)

16 표는 자연계에 존재하는 원소 X의 동위 원소인 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

동위 원소	원자량	존재 비율(%)
(가)	35	75
(나)	37	25

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

보기

ㄱ. X의 평균 원자량은 36이다.
ㄴ. (가)와 (나)는 화학적 성질이 같다.
ㄷ. 분자량이 다른 X_2는 3종류가 존재한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 표는 자연계에 존재하는 원소 X의 동위 원소에 대한 자료이다. X의 동위 원소는 2가지만 존재한다.

동위 원소	원자량	평균 원자량
${}^{b}_{a}X$	b	$b+0.4$
${}^{b+2}_{a}X$	$b+2$	

자연계에 존재하는 X 원자 1 mol에 들어 있는 중성자의 양(mol)은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

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

중요

18 다음은 원소 X에 대한 자료이다.

- 자연계에서 X의 동위 원소는 ${}^{a}_{n}X$, ${}^{b}_{n}X$ 2가지만 존재한다.
- 동위 원소의 존재비는 ${}^{a}_{n}X : {}^{b}_{n}X = 1 : 3$이다.
- ${}^{a}_{n}X$, ${}^{b}_{n}X$의 원자량은 각각 a, b이다.

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

보기

ㄱ. X의 평균 원자량은 $\frac{a+3b}{4}$이다.
ㄴ. 분자 X_2의 존재비는 ${}^{a}X{}^{a}X : {}^{b}X{}^{b}X = 1 : 9$이다.
ㄷ. X_2 1 mol에 존재하는 중성자의 양(mol)은 $\frac{a+3b-n}{2}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 그림은 용기 (가)와 (나)에 각각 들어 있는 $O_2(g)$와 $CO_2(g)$에 대한 자료이다.

(가): ${}^{16}O{}^{16}O(g)$ 1 mol, ${}^{18}O{}^{18}O(g)$ 1 mol
(나): ${}^{12}C{}^{16}O{}^{16}O(g)$ 2 mol, ${}^{14}C{}^{18}O{}^{18}O(g)$ 1 mol

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, ${}^{12}C$, ${}^{14}C$, ${}^{16}O$, ${}^{18}O$의 원자량은 각각 12, 14, 16, 18이다.)

보기

ㄱ. 양성자수의 비는 (가) : (나) = 1 : 2이다.
ㄴ. 중성자수의 비는 (가) : (나) = 3 : 4이다.
ㄷ. 전체 기체의 질량비는 (가) : (나) = 34 : 69이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ,

실력 UP 문제

정답친해 34쪽

01 표는 X 이온과 Y 이온에 대한 자료이다. 양성자 1개의 전하량은 $+1.6\times10^{-19}$ C이다.

입자	전하량(C)	전자 수	질량수
X 이온	$+3.2\times10^{-19}$	n	$2n+4$
Y 이온	-3.2×10^{-19}	n	$2n-3$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, X 이온과 Y 이온은 비활성 기체의 전자 배치를 갖는다.)

보기

ㄱ. X의 양성자수와 중성자수는 같다.
ㄴ. Y의 중성자수는 $n-1$이다.
ㄷ. 원자 번호는 X < Y이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 표는 이온 X^-, 원자 Y, Z에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 양성자, 중성자, 전자 중 하나이다.

구분	(가)의 수	(나)의 수	(다)의 수
X^-	a	b	a
Y	b	b	$b+1$
Z	$a+1$	b	$a+1$

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

보기

ㄱ. (가)는 양성자이다.
ㄴ. Y와 Z는 동위 원소이다.
ㄷ. X~Z 중 질량수가 가장 큰 것은 Y이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 자연계에 존재하는 모든 X_2에 대한 자료이다.

- X_2는 분자량이 서로 다른 (가), (나), (다)로 존재한다.
- X_2의 분자량은 (가) > (나) > (다)이다.
- 자연계에서 $\frac{\text{(나)의 존재 비율(\%)}}{\text{(가)의 존재 비율(\%)}}=\frac{2}{3}$이다.

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

보기

ㄱ. X의 동위 원소는 2가지이다.
ㄴ. X_2의 평균 분자량은 (나)의 분자량보다 작다.
ㄷ. 자연계에서 $\frac{\text{원자량이 가장 큰 X의 존재 비율(\%)}}{\text{원자량이 가장 작은 X의 존재 비율(\%)}}=3$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 일정한 온도와 압력에서 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 혼합 기체에 대한 자료이다. 각 원자의 원자량은 질량수와 같다.

(가)	(나)
$^{16}O^{16}O(g)$ $^{18}O^{18}O(g)$ x mol	$^{12}C^{16}O^{18}O(g)$ x mol $^{1}H^{1}H^{16}O(g)$

- 부피비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.
- $\frac{\text{(나)에 들어 있는 } ^{16}O \text{ 원자 수}}{\text{(가)에 들어 있는 } ^{16}O \text{ 원자 수}}=\frac{1}{3}$이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $\frac{\text{(나)에 들어 있는 } ^{1}H^{1}H^{16}O \text{ 분자 수}}{\text{(가)에 들어 있는 } ^{16}O^{16}O \text{ 분자 수}}=\frac{1}{3}$이다.
ㄴ. 전체 중성자수의 비는 (가) : (나) = 17 : 8이다.
ㄷ. 밀도비는 (가) : (나) = 33 : 32이다.

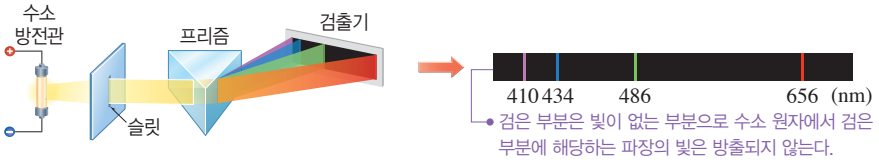
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

원자 모형과 전자 배치

핵심 포인트
1. 수소의 선 스펙트럼 해석 ★★
2. 전자 전이와 에너지 출입 ★★
3. 오비탈의 모양과 특징 ★★
4. 오비탈과 양자수 ★★★
5. 전자 배치 규칙 ★★

A 보어 원자 모형

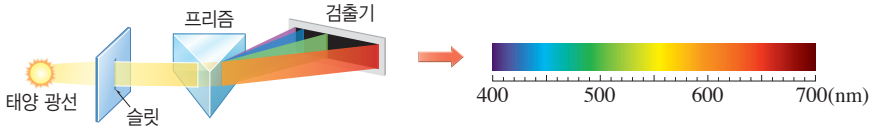
1. 수소 원자의 선 ❶스펙트럼 수소 방전관에서 발생하는 빛을 ❷프리즘에 통과시키면 불연속적인 선 스펙트럼이 나타난다. ➡ 수소를 방전시킬 때 발생하는 빛은 특정한 ❸파장의 빛만을 포함하고 있기 때문이다.



검은 부분은 빛이 없는 부분으로 수소 원자에서 검은 부분에 해당하는 파장의 빛은 방출되지 않는다.

햇빛의 연속 스펙트럼 금성 교과서에만 나와요.

햇빛을 프리즘에 통과시키면 연속적인 색깔의 띠가 나타난다. ➡ 햇빛의 스펙트럼은 수많은 불연속적인 선으로 이루어져 있으나 스펙트럼 선 사이의 간격이 매우 좁아 우리 눈에는 연속적으로 보이기 때문이다.



2. 보어 원자 모형 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼을 설명하기 위해 제안된 모형

(1) **전자의 운동과 전자 껍질**: 원자핵 주위의 전자는 특정한 에너지를 갖는 궤도를 따라 원운동을 하며, 이 궤도를 전자 껍질이라고 한다. ← 양파와 유사해서 전자 껍질이라는 용어를 사용한다.

① 원자핵에 가까운 전자 껍질부터 K($n=1$), L($n=2$), M($n=3$), N($n=4$), … 등의 순서로 기호를 붙이며, n을 주 양자수라고 한다.

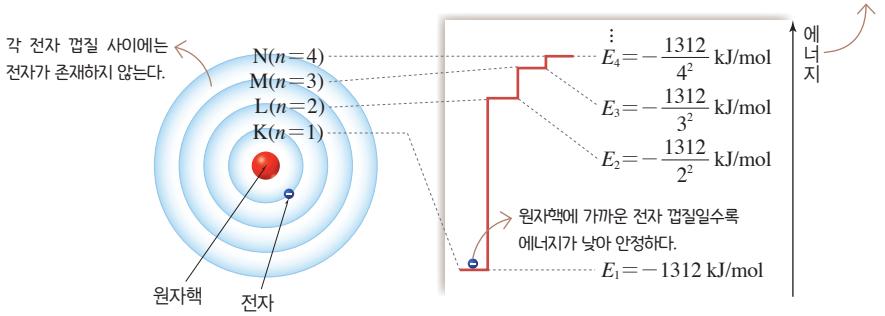
② 각 전자 껍질이 가지는 ◆에너지 준위(E_n)는 주 양자수(n)에 의해 결정된다. ← n이 커질수록 E_n가 높아진다.

$$E_n = -\frac{1312}{n^2}\ \text{kJ/mol}\ (n=1, 2, 3, \cdots)$$

전자 껍질과 에너지 준위

- 원자핵에 가까울수록 전자 껍질의 에너지 준위가 낮다.
  ➡ 전자 껍질의 에너지 준위: K<L<M<N…
- 주 양자수(n)가 커질수록 이웃한 두 전자 껍질 사이의 에너지 차이가 작아진다.

불연속적인 에너지 값을 가지며, n이 커질수록 이웃한 전자 껍질 사이의 에너지 간격이 좁아진다.



주 양자수(n)는 83쪽에서 자세히 배워요.

◆ **에너지 준위**
원자핵 주위에 존재하는 전자는 불연속적인 일정한 에너지 상태에 있는데, 이 에너지 상태를 에너지 준위라고 한다.

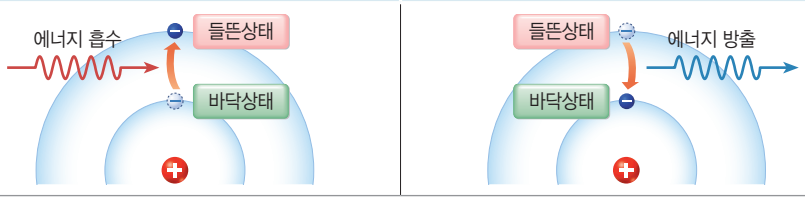
용어
❶ **스펙트럼**(spectrum) 빛을 파장에 따라 분해하여 배열한 것
❷ **프리즘**(prism) 빛을 굴절, 분산시키는 광학 기구
❸ **파장**(波 물결, 長 길이) 파동의 길이를 뜻하며, λ로 표시한다.

(2) **전자 전이와 에너지 출입**: 전자가 에너지 준위가 다른 전자 껍질로 이동(전자 전이)할 때 두 전자 껍질의 에너지 차이만큼 에너지를 흡수하거나 방출한다. ➡ $\Delta E = E_{\text{처음}} - E_{\text{나중}}$

① 바닥상태: 원자가 가장 낮은 에너지를 가지는 안정한 상태

② 들뜬상태: 바닥상태의 전자가 에너지를 흡수하여 높은 에너지 준위로 전이한 불안정한 상태

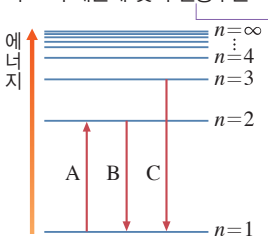
더 높은 에너지 준위의 전자 껍질로 전자 전이 ➡ 에너지 흡수	더 낮은 에너지 준위의 전자 껍질로 전자 전이 ➡ 에너지 방출



전자 전이와 에너지

A에서는 에너지가 흡수되고, B, C에서는 에너지가 방출된다. ◆C에서 방출되는 빛은 B에서 방출되는 빛보다 에너지가 크기 때문에 빛의 진동수는 B보다 크고, 파장은 B보다 짧다.

• 빛에너지는 진동수에 비례하고, 파장에 반비례한다.



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

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

$$\text{C: } \Delta E = E_3 - E_1 = -\frac{1312}{3^2} - \left(-\frac{1312}{1^2}\right) = \frac{8}{9} \times 1312(\text{kJ/mol})$$

3. 수소 원자의 스펙트럼 계열 90쪽 대표 자료❶

(1) **수소 원자의 스펙트럼이 불연속적인 선으로 나타나는 까닭**: 수소 원자의 전자가 에너지 준위가 높은 전자 껍질에서 에너지 준위가 낮은 전자 껍질로 전이할 때 두 전자 껍질의 에너지 차이에 해당하는 에너지의 빛만 방출하기 때문이다.

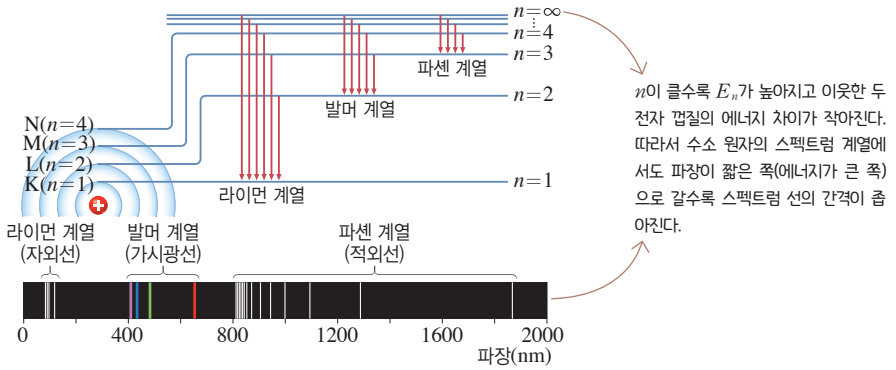
(2) **수소 원자의 스펙트럼 계열**: 수소 원자의 전자 전이에 따라 스펙트럼 계열이 결정된다.

스펙트럼 계열	스펙트럼 영역	전자 전이
라이먼 계열	❶자외선 영역	$n \geq 2$인 전자 껍질에서 $n=1$인 전자 껍질로 전이할 때
발머 계열	❷가시광선 영역	$n \geq 3$인 전자 껍질에서 $n=2$인 전자 껍질로 전이할 때
파센 계열	❸적외선 영역	$n \geq 4$인 전자 껍질에서 $n=3$인 전자 껍질로 전이할 때

• 각 계열의 스펙트럼을 발견한 사람의 이름이다.

• 모두 빛이 방출된다.

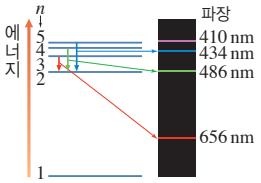
보어 원자 모형에 의한 수소 원자의 스펙트럼 계열



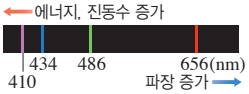
n이 클수록 E_n가 높아지고 이웃한 두 전자 껍질의 에너지 차이가 작아진다. 따라서 수소 원자의 스펙트럼 계열에서도 파장이 짧은 쪽(에너지가 큰 쪽)으로 갈수록 스펙트럼 선의 간격이 좁아진다.

◆ **수소 원자의 전자 전이와 선 스펙트럼**

수소 기체를 방전관에 넣고 고전압으로 방전시키면 전자가 에너지를 흡수하여 들뜬상태로 되었다가, 다시 바닥상태로 되돌아오면서 그 차이만큼의 에너지를 빛의 형태로 방출한다. 이때 나오는 빛을 프리즘에 통과시키면 불연속적인 선 스펙트럼이 얻어진다.



◆ **빛에너지와 진동수, 파장의 관계**



암기해!

스펙트럼 계열과 빛의 영역

라이먼 계열 – 자외선 / 발머 계열 – 가시광선 / 파센 계열 – 적외선

➡ 자라가 가발을 쓰고 파적을 먹는다.

용어

❶ **자외선(紫 보라, 外 바깥, 線 선)** 보라색의 바깥에 위치하는 빛, 가시광선의 보라색 빛보다 에너지가 크다.

❷ **가시광선(可 가히, 視 보다, 光 빛, 線 선)** 눈으로 볼 수 있는 빛

❸ **적외선(赤 붉다, 外 바깥, 線 선)** 붉은색의 바깥에 위치하는 빛, 가시광선의 붉은색 빛보다 에너지가 작다.

정답친해 35쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- 수소 원자의 선 스펙트럼: 수소 방전관에서 나오는 빛을 프리즘에 통과시키면 (❶)적인 선으로 나타난다.
- 보어 원자 모형
  - (❷): 전자가 원운동하는 궤도로, 원자핵에 가까운 것부터 (❸)($n=1$), (❹) ($n=2$), (❺)($n=3$), (❻)($n=4$) …의 기호를 사용하여 나타낸다.
  - 각 전자 껍질의 에너지 준위(E_n)는 (❼)에 의해 결정되며, $E_n=-\frac{1312}{n^2}$ kJ/mol이다.
- (❽): 원자가 가장 낮은 에너지를 가지는 안정한 상태
- (❾): 바닥상태의 전자가 에너지를 흡수하여 높은 에너지 준위로 전이한 불안정한 상태
- 수소 원자의 스펙트럼 계열
  - 라이먼 계열: (❿) 영역의 빛으로, $n\geq2$에서 $n=$(⓫)로 전이할 때 방출된다.
  - 발머 계열: (⓬) 영역의 빛으로, $n\geq3$에서 $n=$(⓭)로 전이할 때 방출된다.
  - 파셴 계열: (⓮) 영역의 빛으로, $n\geq4$에서 $n=$(⓯)으로 전이할 때 방출된다.

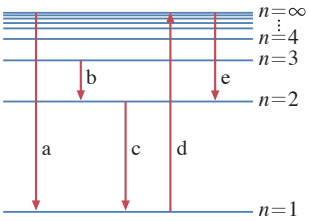
1 보어 원자 모형에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 원자핵 주위의 전자는 특정한 에너지를 갖는 궤도를 따라 원운동을 한다. ( )

(2) 전자 껍질의 에너지 준위는 원자핵에서 멀어질수록 낮아진다. ( )

(3) 전자가 다른 전자 껍질로 전이할 때 두 전자 껍질의 에너지 차이만큼 에너지를 흡수하거나 방출한다. ( )

2 그림은 수소 원자의 에너지 준위와 전자 전이 a~e를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

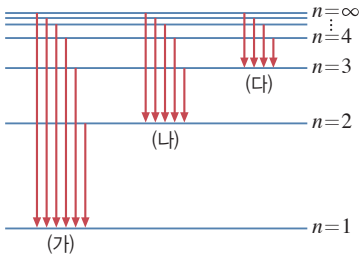


(1) 에너지를 흡수하는 경우는 1가지이다. ( )

(2) 방출되는 빛에너지의 비는 c : e=3 : 1이다. ( )

(3) 가장 짧은 파장의 빛이 방출되는 경우는 b이다. ( )

3 그림은 수소 원자의 에너지 준위와 전자 전이를 나타낸 것이다.



(가)~(다)에 해당하는 스펙트럼 계열의 이름과 방출되는 빛이 속한 영역의 이름을 각각 쓰시오.

4 그림은 수소 원자의 선 스펙트럼 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) $n\geq3$인 전자 껍질에서 $n=2$인 전자 껍질로 전자가 전이할 때 방출된다. ( )

(2) 에너지는 b가 a보다 크다. ( )

(3) a와 b는 가시광선이다. ( )

B 현대의 원자 모형

1. 보어 원자 모형과 현대의 원자 모형

(1) **보어 원자 모형의 한계**: 보어 원자 모형은 수소 원자의 선 스펙트럼은 완벽하게 설명하였으나, 전자가 2개 이상인 원자에서 더 복잡하게 나타나는 선 스펙트럼은 설명할 수 없었다.

(2) **현대의 원자 모형**: 전자는 입자의 성질과 파동의 성질을 함께 가지며, 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 알 수 없으므로 전자가 특정 위치에서 발견될 확률로 나타낸다.

| 전자가 존재할 확률 |

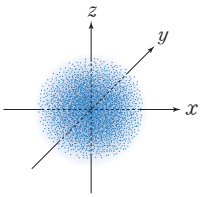
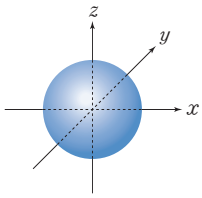
그림은 카메라의 셔터 속도를 매우 느리게 해서 밤에 도로를 찍은 모습으로 이때 자동차의 위치는 알 수 없다. 하지만 불빛의 밝기로 자동차가 많이 다니는지 적게 다니는지는 알 수 있다. 전자도 매우 빠른 속도로 움직이고 입자와 파동의 성질을 모두 갖고 있기 때문에 위치나 운동 속도를 정확히 알 수 없으나, 전자가 어떤 위치에 존재할 확률은 알 수 있다.



2. 현대의 원자 모형과 오비탈

(1) **오비탈**: 원자핵 주위에서 전자가 존재할 수 있는 공간을 확률 분포로 나타낸 것

(2) **오비탈을 나타내는 방법**

점밀도 그림		경계면 그림	
	• 전자를 발견할 확률을 점의 밀도로 나타낸다. ➡ 점밀도가 클수록 전자 발견 확률이 크다. • 전자가 존재할 수 있는 공간의 경계가 뚜렷하지 않다.		전자를 발견할 확률이 90 %인 공간의 경계면으로 나타낸다. ➡ 경계면 바깥에서 전자를 발견할 확률은 10 %이다.

(3) **오비탈의 결정**: 현대 원자 모형에서는 원자 내에 있는 전자의 상태를 주 양자수(n), 방위(부) 양자수(l), 자기 양자수(m_l), 스핀 자기 양자수(m_s)의 4가지 양자수로 나타낸다.

3. 양자수 90쪽 대표 자료 ❷

(1) **주 양자수(n)**: 오비탈의 에너지 준위를 결정하는 양자수

① 주 양자수(n)가 클수록 오비탈의 크기가 크고 에너지 준위가 높다.

② 자연수 값(n=1, 2, 3 …)만을 가질 수 있으며, 보어 원자 모형에서 전자 껍질에 해당한다.

주 양자수(n)	1	2	3	4
전자 껍질	K	L	M	N

(2) **방위(부) 양자수(l)**: 오비탈의 모양을 결정하는 양자수

① 오비탈의 모양은 s, p, d, f 등의 기호를 사용하여 나타낸다.

② 주 양자수가 n일 때 방위(부) 양자수(l)는 0, 1, 2, … (n−1)까지 n개 존재한다.

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

방위(부) 양자수(l)가 0일 때 전자는 s 오비탈에 존재하고, 1일 때 전자는 p 오비탈에 존재한다.

◆ **보어 원자 모형의 한계**
네온의 선 스펙트럼은 수소보다 선의 수가 매우 많으며, 1개의 선을 정밀하게 관찰하면 여러 개의 선으로 이루어진 것을 알 수 있다. 이는 같은 전자 껍질이라도 전자가 가질 수 있는 에너지 상태가 여러 개이기 때문이다. 보어 원자 모형으로는 이를 설명할 수 없었다.

◆ **전자 구름 모형**
현대의 원자 모형은 원자의 경계가 뚜렷하지 않고 마치 구름처럼 보이므로 전자 구름 모형이라고도 한다.



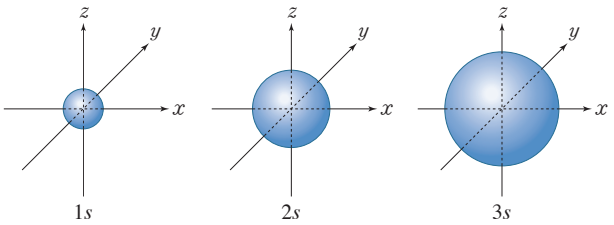
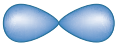
전자 구름 모형

◆ **양자수**
오비탈들을 구분하기 위해서 에너지, 크기, 모양, 좌표축에서의 방향을 나타내는 요소들이 존재하는데, 이를 양자수라고 한다. 원자에서 전자는 고유한 4가지 양자수를 가지며, 4가지 양자수가 모두 같은 전자는 존재하지 않는다.

◆ **s, p, d, f**
원자의 오비탈 모형이 제시되기 이전에 분광학에서 스펙트럼의 특징을 나타내기 위해 쓰였던 sharp, principal, diffuse, fundamental의 첫 글자를 딴 것이다.

◆ **주 양자수(n)와 방위(부) 양자수(l)**
주 양자수(n)가 3인 M 전자 껍질은 3개의 방위(부) 양자수(l)(0, 1, 2)를 가질 수 있다. 즉 M 전자 껍질에는 s, p, d 3가지 모양의 오비탈이 존재할 수 있다.

③ s 오비탈과 p 오비탈의 모양과 특징

모양	특징
s 오비탈  	• 공 모양으로, 원자핵으로부터 거리가 같으면 방향에 관계없이 전자를 발견할 확률이 같다. ➡ 방향성이 없다. • 모든 전자 껍질에 1개씩 존재하며, 주 양자수(n)에 따라 $1s$, $2s$, $3s$, …로 나타낸다. • 주 양자수(n)가 커질수록 오비탈의 크기가 커지고 에너지 준위가 높아진다.
p 오비탈 	• 아령 모양으로, 원자핵으로부터의 거리와 방향에 따라 전자를 발견할 확률이 달라진다. ➡ 방향성이 있다. • 주 양자수(n)가 2 이상인 L 전자 껍질부터 존재하며, 주 양자수(n)에 따라 $2p$, $3p$, $4p$, …로 나타낸다. • 주 양자수(n)가 커질수록 오비탈의 크기는 커지고 에너지 준위가 높아진다

주의해!

오비탈의 크기와 전자 수

오비탈이 크다고 해서 전자가 많이 들어갈 수 있는 것은 아니다. 예를 들어 $2s$ 오비탈은 $1s$ 오비탈보다 원자핵에서 더 멀리 떨어진 곳에서 전자를 발견할 확률이 더 큰 것 뿐이다. 즉 오비탈의 모양과 크기에 관계없이 오비탈 1개에는 모두 전자가 최대 2개까지만 들어갈 수 있다.

암기해!

s 오비탈과 p 오비탈

s 오비탈	p 오비탈
공 모양	아령 모양
방향성 ×	방향성 ○
모든 전자 껍질에 존재	L 전자 껍질부터 존재

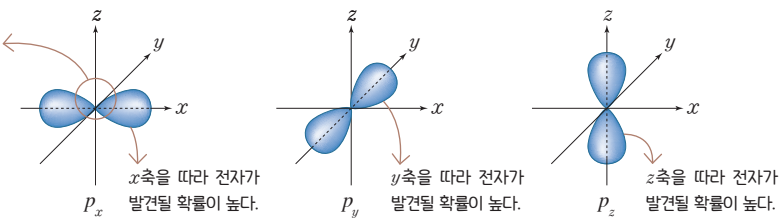
(3) **자기 양자수(m_l)**: 오비탈의 공간적인 방향을 결정하는 양자수

• 방위(부) 양자수가 l일 때 자기 양자수(m_l)는 $-l$, … -2, -1, 0, $+1$, $+2$, … , $+l$까지 $(2l+1)$개 존재한다.

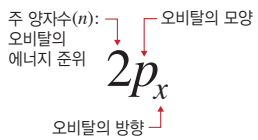
방위(부) 양자수(l)	0	1	2
자기 양자수(m_l)	0 └ 자기 양자수가 1가지이므로 방향성이 없다.	-1, 0, $+1$ └ 자기 양자수가 3가지이므로 3가지 방향으로 분포할 수 있다.	-2, -1, 0, $+1$, $+2$ └ 자기 양자수가 5가지이므로 5가지 방향으로 분포할 수 있다.
오비탈 수	1	3 └ p 오비탈에는 방향이 다른 3개의 오비탈이 있다.	5 └ d 오비탈에는 방향이 다른 5개의 오비탈이 있다.

p 오비탈의 방향성

p_x, p_y, p_z 오비탈에서는 각각 yz, zx, xy 평면과 대칭점(원자핵)에서 전자가 발견될 확률이 0이다.



◆ **오비탈의 표시**



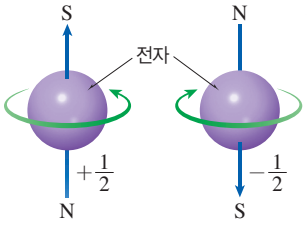
(4) **스핀 자기 양자수(m_s)**: 전자의 회전 방향에 따라 결정되는 양자수

① 전자의 스핀은 2가지 방향이 있으며, 한 방향을 $+\frac{1}{2}$, 반대 방향을 $-\frac{1}{2}$로 나타낸다.
└ 서로 상관관계를 갖는 n, l, m_l과는 달리, m_s는 이들 3종류의 양자수와 연관이 없다.

② 1개의 오비탈에는 같은 스핀을 갖는 전자가 들어갈 수 없기 때문에 서로 다른 스핀을 갖는 전자가 최대 2개까지만 들어갈 수 있다. ➡ 4가지 양자수가 모두 같은 전자가 존재할 수 없는 까닭이다.

심화 + 전자의 스핀과 스핀 자기 양자수

지구가 자전하듯이 전자도 자전과 유사한 운동을 하고 있는데, 전하를 띠고 있는 전자의 회전에 의해 자기장이 발생한다. 전자의 회전 방향에 따라 전자 주변에 생성되는 자기장의 방향도 반대가 된다. 스핀 자기 양자수는 전자가 반시계 방향으로 회전할 때를 $+\frac{1}{2}$, 시계 방향으로 회전할 때를 $-\frac{1}{2}$로 나타내며, 화살표(↑, ↓)로 나타내기도 한다.



(5) **전자 껍질에 따른 양자수와 오비탈의 관계:** 주 양자수(n)가 1, 2, 3일 때 방위(부) 양자수(l), 자기 양자수(m_l), 오비탈 수, 최대 수용 전자 수를 정리하면 다음과 같다.

전자 껍질	K	L		M		
주 양자수(n)	1	2		3		
방위(부) 양자수(l)	0	0	1	0	1	2
오비탈의 종류	$1s$	$2s$	$2p$	$3s$	$3p$	$3d$
자기 양자수(m_l)	0	0	$-1, 0, +1$	0	$-1, 0, +1$	$-2, -1, 0, +1, +2$
오비탈 수(n^2)	1	1	3	1	3	5
	1	4		9		
최대 수용 전자 수($2n^2$)	2	8		18		

• $n=2$인 경우 오비탈은 s, p_x, p_y, p_z의 총 $4(=2^2)$개가 존재하고, 전자는 각 오비탈에 최대 2개씩 총 $8(=2\times2^2)$개가 존재할 수 있다.

◆ **특정 오비탈에 존재하는 전자의 양자수**

M 전자 껍질의 s 오비탈에 존재하는 전자는 $n=3$, $l=0$, $m_l=0$, $m_s=+\frac{1}{2}$ 또는 $n=3$, $l=0$, $m_l=0$, $m_s=-\frac{1}{2}$의 양자수 조합을 갖는다.

4. 오비탈의 에너지 준위

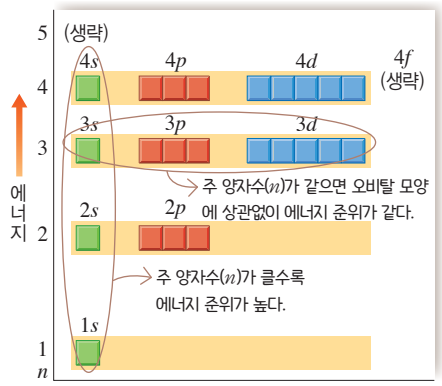
(1) **수소 원자의 에너지 준위:** 주 양자수(n)가 같으면 오비탈의 모양에 관계없이 에너지 준위는 같다. ➡ 전자가 1개뿐이므로 원자핵과 전자 사이의 인력에만 영향을 받는다.

$$1s<2s=2p<3s=3p=3d<4s=4p=4d=4f<\cdots$$

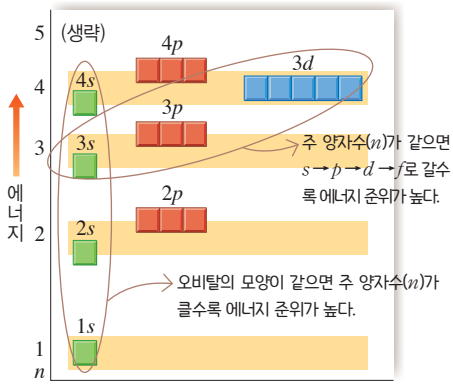
(2) **다전자 원자의 에너지 준위:** 주 양자수(n)뿐만 아니라 오비탈의 모양에 따라서도 에너지 준위가 달라진다. ➡ 원자핵과 전자 사이의 인력뿐만 아니라 전자 사이의 반발력이 작용하기 때문이다.

• 주 양자수가 큰 $4s$ 오비탈의 에너지가 $3d$ 오비탈보다 낮다.

$$1s<2s<2p<3s<3p<4s<3d<4p<5s\ \cdots$$



수소 원자의 에너지 준위



다전자 원자의 에너지 준위

◆ **다전자 원자의 에너지 준위와 스펙트럼**

다전자 원자의 스펙트럼 선은 수소 원자에 비해 많은데, 이는 수소 원자보다 다전자 원자의 오비탈의 에너지 준위가 다양하게 나타나 방출될 수 있는 빛의 종류가 더 많기 때문이다.



수소와 네온의 가시광선 영역 스펙트럼

궁금해?

오비탈의 다양한 모양과 에너지 준위는 어떻게 알아낼까?

현대의 원자 모형은 양자 역학에 기반을 두고 기본적으로 슈뢰딩거의 파동 방정식에 의해 확립된 모형이다. 오비탈의 모양, 에너지 준위는 모두 슈뢰딩거 방정식을 풀어 얻은 해에 해당한다. 따라서 s 오비탈이 왜 공 모양인지, $4s$ 오비탈의 에너지가 $3d$ 오비탈보다 왜 낮은지를 알려면 복잡한 수학 방정식을 이해할 수 있어야 한다.

정답친해 36쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 원자핵 주위에서 전자가 존재할 수 있는 공간을 확률 분포로 나타낸 것
- (❷) 오비탈: 공 모양이며, 방향성이 (❸).
- (❹) 오비탈: 아령 모양이며, 방향성이 (❺).
- 양자수
  - 주 양자수(n): 오비탈의 (❻)를 결정한다.
  - 방위(부) 양자수(l): 오비탈의 (❼)을 결정하며, 주 양자수(n)가 2일 때 방위(부) 양자수(l)는 (❽)이다.
  - 자기 양자수(m_l): 오비탈의 공간적인 방향을 결정하며, 방위(부) 양자수(l)가 1일 때 자기 양자수(m_l)는 (❾)이다.
  - 스핀 자기 양자수(m_s): 전자의 회전 방향에 따라 결정되며, 가질 수 있는 값은 (❿)이다.
- 오비탈의 에너지 준위
  - 수소 원자의 에너지 준위: $1s<2s=2p<3s=3p=3d<4s=4p=4d=4f$ …
  - 다전자 원자의 에너지 준위: $1s<2s<2p<3s<3p<4s<3d<4p<5s$ …

1 오비탈에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

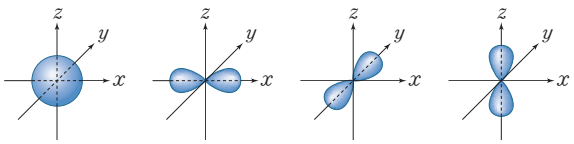
(1) 전자가 원운동을 하고 있는 궤도이다. ( )

(2) L 전자 껍질에는 s, p, d 오비탈이 존재한다. ( )

(3) s 오비탈은 방위(부) 양자수(l)와 자기 양자수(m_l)가 각각 1가지씩만 존재한다. ( )

(4) p 오비탈은 $n=2$인 전자 껍질부터 존재한다. ( )

2 그림은 주 양자수(n)가 2인 오비탈 모형을 나타낸 것이다.



(가) (나) (다) (라)

이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) (라)는 $2p_z$ 오비탈이다. ( )

(2) 방향성이 없는 오비탈은 3가지이다. ( )

(3) 1개의 오비탈에 들어갈 수 있는 전자 수는 (가)>(나)이다. ( )

(4) (가)~(라)의 방위(부) 양자수(l)는 모두 다르다. ( )

(5) 각 오비탈 경계면 밖의 공간에서 전자를 발견할 확률은 0이다. ( )

3 양자수에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) 주 양자수(n)가 같은 오비탈은 모양이 같다. ( )

(2) 4가지 양자수가 모두 같은 전자는 존재할 수 없다. ( )

(3) 방위(부) 양자수(l)는 오비탈의 에너지 준위를 결정한다. ( )

(4) 주 양자수(n)가 커질수록 가질 수 있는 스핀 자기 양자수(m_s)도 커진다. ( )

4 표는 전자 껍질에 따른 양자수와 오비탈의 관계를 나타낸 자료이다. ㉠~㉤에 알맞은 값을 쓰시오.

전자 껍질	K	L		M		
주 양자수(n)	1	2		3		
방위(부) 양자수(l)	0	0	㉠	0	1	㉡
오비탈의 종류	$1s$	$2s$	$2p$	$3s$	$3p$	$3d$
자기 양자수(m_l)	0	0	㉢	0	㉣	㉤
오비탈 수	1	1	3	1	3	5

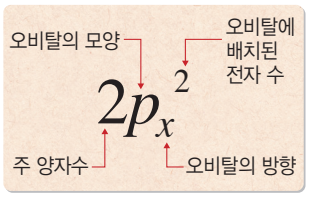
5 오비탈의 에너지 준위를 >, =, <를 이용하여 비교하시오.

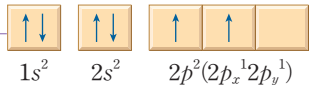
(1) 수소 원자의 에너지 준위: $2s$( )$2p$

(2) 질소 원자의 에너지 준위: $2s$( )$2p$

C 전자 배치 규칙

1. 전자 배치의 표시

오비탈 기호를 이용하는 방법	오비탈을 상자로 표현하는 방법
	오비탈은 네모 상자로 나타내며, 전자는 화살표로 나타낸다.

예 

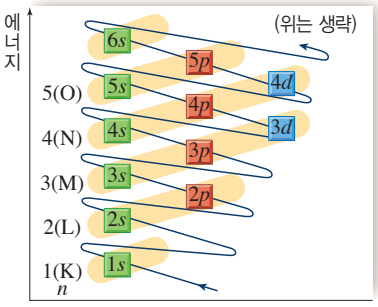
$1s^2$ $2s^2$ $2p^2(2p_x^{\,1}2p_y^{\,1})$

• 한 오비탈에 배치된 쌍을 이룬 전자들을 전자쌍이라고 한다.

2. 전자 배치 규칙 91쪽 대표 자료 ❸

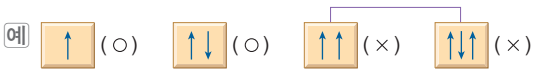
(1) **쌓음 원리**: 바닥상태 원자는 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈부터 차례대로 전자가 배치된다.

$$1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p \cdots\cdots$$



오비탈에 전자가 채워지는 순서

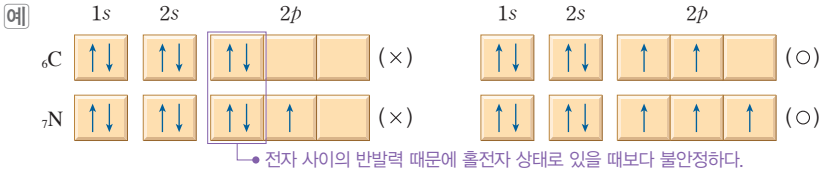
(2) **◆파울리 배타 원리**: 1개의 오비탈에 들어갈 수 있는 최대 전자 수는 2이며, 이때 두 전자의 스핀 방향은 서로 반대이다.

예  (○) (○) (×) (×)

불가능한 전자 배치

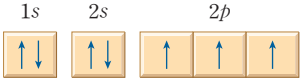
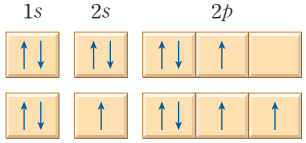
(3) **훈트 규칙**: 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 홀전자 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다.

• 한 오비탈에서 쌍을 이루지 않은 전자

예 

• 전자 사이의 반발력 때문에 홀전자 상태로 있을 때보다 불안정하다.

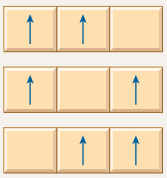
3. 바닥상태의 전자 배치와 들뜬상태의 전자 배치 91쪽 대표 자료 ❹

바닥상태의 전자 배치	들뜬상태의 전자 배치
에너지가 가장 낮은 안정한 상태의 전자 배치 ➡ 파울리 배타 원리를 따르면서 쌓음 원리와 훈트 규칙을 모두 만족하는 전자 배치이다.	원자가 에너지를 흡수하여 전자가 높은 에너지 준위의 오비탈로 전이된 전자 배치 ➡ 파울리 배타 원리를 따르지만 쌓음 원리나 훈트 규칙에 어긋나는 전자 배치로, 바닥상태로 전이하면서 빛을 방출한다.
예 $_7$N의 바닥상태 전자 배치 ➡ $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$ 	예 $_7$N의 들뜬상태 전자 배치 ➡ $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1}$, $1s^2 2s^1 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$  훈트 규칙 위배 쌓음 원리 위배

주의해!

p 오비탈의 전자 배치

3개의 p 오비탈(p_x, p_y, p_z)은 에너지 준위가 같으므로 전자가 배치될 때 어떤 오비탈에 먼저 전자가 배치되어도 에너지는 같다.



위의 3가지 전자 배치 모두 쌓음 원리에 위배되지 않는다.

◆ **파울리 배타 원리**

파울리 배타 원리의 정확한 의미는 4가지 양자수가 모두 같은 전자는 존재할 수 없다는 것이다. 만약 두 전자의 n, l, m_l 값이 같아서 같은 오비탈에 들어 있다면 m_s가 달라야 한다. 그런데 같은 오비탈에 전자가 3개 이상 배치될 경우 그 중 2개의 전자는 m_s까지 같아 4가지 양자수가 모두 같은 전자가 존재하게 된다. 이는 파울리 배타 원리에 위배되므로 1개의 오비탈에 배치될 수 있는 전자는 최대 2개이다.

주의해!

들뜬상태의 전자 배치

쌓음 원리나 훈트 규칙에 위배된 전자 배치를 들뜬상태의 전자 배치라고 한다. 파울리 배타 원리에 어긋나는 전자 배치는 들뜬상태의 전자 배치가 아니라 불가능한 전자 배치이다.

원자 번호	원소 기호	오비탈 1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	전자 배치
2	He	↑↓							$1s^2$
3	Li	↑↓	↑						$1s^2\,2s^1$
6	C	↑↓	↑↓	↑ ↑					$1s^2\,2s^2\,2p^2$
7	N	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑					$1s^2\,2s^2\,2p^3$
8	O	↑↓	↑↓	↑↓ ↑ ↑					$1s^2\,2s^2\,2p^4$
9	F	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑					$1s^2\,2s^2\,2p^5$
10	Ne	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓					$1s^2\,2s^2\,2p^6$
11	Na	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑				$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$
12	Mg	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓				$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$
13	Al	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑			$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^1$
17	Cl	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑			$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$
18	Ar	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓			$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6$
19	K	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓		↑	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^1$
20	Ca	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓		↑↓	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2$

몇 가지 원자의 바닥상태 전자 배치

4. 원자가 전자 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자로, 화학 결합에 참여하며, 원자의 화학적 성질을 결정한다. ➡ 원자가 전자 수가 같으면 화학적 성질이 비슷하다.

• 가장 바깥 오비탈에 들어 있는 전자가 아니라는 것에 유의해야 한다.

원자	전자 배치 K	L	M	N	원자가 전자 수
$_3$Li	$1s^2$	$2s^1$			1
$_8$O	$1s^2$	$2s^2 2p^4$			6
$_{19}$K	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6$	$4s^1$	1

• 원자가 전자이다.

5. 이온의 전자 배치 원자가 이온이 될 때는 전자를 잃거나 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려고 한다.

(1) **양이온의 전자 배치**: 원자가 전자를 잃고 양이온이 될 때는 가장 바깥 전자 껍질에 있는 전자, 즉 원자가 전자를 잃는다.

원자	전자 배치	이온	전자 배치
$_3$Li	$1s^2 2s^1$	Li^+	$1s^2$ — He과 같은 전자 배치
$_{12}$Mg	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	Mg^{2+}	$1s^2 2s^2 2p^6$ — Ne과 같은 전자 배치

(2) **음이온의 전자 배치**: 원자가 전자를 얻어 음이온이 될 때는 비어 있는 오비탈 중 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈에 전자가 채워진다.

원자	전자 배치	이온	전자 배치
$_8$O	$1s^2 2s^2 2p^4$	O^{2-}	$1s^2 2s^2 2p^6$ — Ne과 같은 전자 배치
$_{17}$Cl	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	Cl^-	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ — Ar과 같은 전자 배치

◆ **원자가 전자와 가장 바깥 전자 껍질의 전자**

2, 3주기 원자에서 원자가 전자와 가장 바깥 전자 껍질의 전자는 같은 의미로 사용되고 있지만, 엄밀한 의미에서는 차이점이 있다. 원자가 전자는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 중 화학 결합에 참여할 수 있는 전자이다. 비활성 기체를 제외한 원자들에서는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수와 원자가 전자 수가 일치하지만, 비활성 기체는 화학 결합을 하지 않기 때문에 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수는 8이고 원자가 전자 수는 0이다.

궁금해?

전이 원소(3~11족)는 양이온이 될 때 어떤 전자를 잃을까?

21번 원소인 Sc의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$이다. 전이 원소의 경우 복잡하지만 일반적으로는 에너지가 가장 높은 $3d$ 오비탈의 전자를 잃는 것이 아니라 가장 바깥 전자 껍질의 전자, 즉 원자가 전자인 $4s$ 오비탈의 전자를 잃게 된다.

정답친해 36쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- 전자 배치 규칙
  - (❶) 원리: 바닥상태 원자는 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈부터 차례대로 전자가 배치된다.
  - (❷) 원리: 1개의 오비탈에 배치되는 최대 전자 수는 (❸)이며, 이때 두 전자의 스핀 방향은 반대여야 한다.
  - (❹) 규칙: 에너지 준위가 같은 오비탈이 여러 개 있을 때 홀전자 수가 최대가 되도록 전자가 배치된다.
- (❺): 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자로, 원자의 화학적 성질을 결정한다.
- 이온의 전자 배치: 원자가 이온이 될 때 (❻)와 같은 전자 배치를 가지려고 한다.

1 전자 배치에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

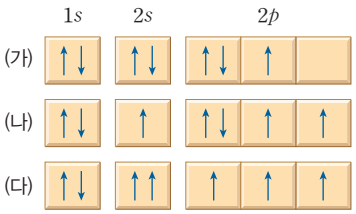
(1) 1개의 오비탈에는 전자가 2개까지 채워질 수 있다. ( )

(2) 에너지가 가장 낮아 안정한 상태의 전자 배치를 바닥상태의 전자 배치라고 한다. ( )

(3) $2s$ 오비탈에 전자가 배치될 때 훈트 규칙이 적용된다. ( )

(4) 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 있는 전자를 원자가 전자라고 한다. ( )

2 그림은 질소(N) 원자의 몇 가지 전자 배치이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) (가)는 훈트 규칙에 위배된다. ( )

(2) (나)는 쌓음 원리를 만족하지 않는다. ( )

(3) (다)는 바닥상태의 전자 배치이다. ( )

3 다음 원자 또는 이온들의 바닥상태 전자 배치를 오비탈 기호를 이용하여 나타내시오.

(1) ${}_{8}O$ (2) ${}_{11}Na^{+}$

(3) ${}_{12}Mg^{2+}$ (4) ${}_{15}P^{3-}$

4 다음은 X^{2-}의 전자 배치이다. (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

X^{2-}: $1s^2 2s^2 2p^6$

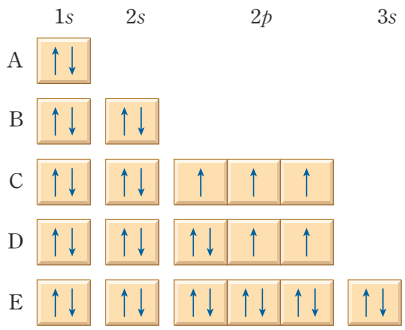
(1) 바닥상태 원자 X에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수를 쓰시오.

(2) 바닥상태 원자 X의 원자가 전자 수를 쓰시오.

(3) 바닥상태 원자 X의 홀전자 수를 쓰시오.

(4) 바닥상태 원자 X에서 전자가 들어 있는 오비탈 수를 쓰시오.

5 그림은 원자 A~E의 바닥상태 전자 배치를 나타낸 것이다. (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)



(1) 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같은 원자를 있는 대로 쓰시오.

(2) 원자가 전자 수가 같은 원자를 있는 대로 쓰시오.

(3) 홀전자 수가 가장 큰 원자를 쓰시오.

(4) 원자가 전자 수가 가장 큰 원자를 쓰시오.

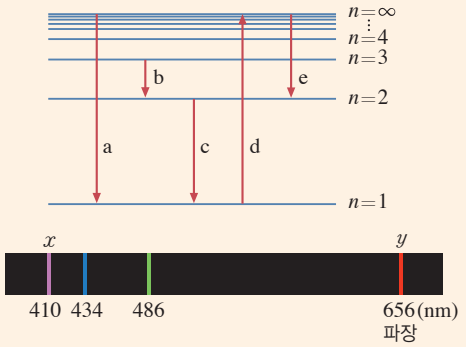
(5) 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되었을 때의 전자 배치가 같은 원자를 있는 대로 쓰시오.

대표 자료 분석

자료 ❶ 수소 원자의 전자 전이와 스펙트럼

기출 Point
- 전자 전이에서 방출되는 빛의 에너지와 파장
- 전자 전이와 선 스펙트럼의 관계

[1~4] 그림은 수소 원자의 몇 가지 전자 전이와 가시광선 영역의 선 스펙트럼을 나타낸 것이다. (단, $E_n = -\frac{k}{n^2}$ kJ/mol이고, n은 주 양자수, k는 상수이다.)



1 b와 c에서 방출되는 빛의 에너지의 비(b : c)를 구하시오.

2 c와 e에서 방출되는 빛의 파장의 비(c : e)를 구하시오.

3 a~e 중 스펙트럼의 y에 해당하는 빛을 방출하는 전자 전이를 쓰시오.

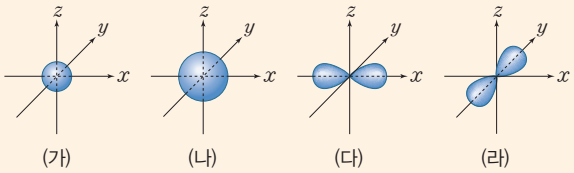
4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 에너지를 흡수하는 전자 전이는 d뿐이다. ····· (○ / ×)
(2) 가장 큰 에너지를 방출하는 전자 전이는 a이다. ····· (○ / ×)
(3) 가장 긴 파장의 빛을 방출하는 전자 전이는 c이다. ····· (○ / ×)
(4) 발머 계열에 해당되는 전자 전이는 a와 c이다. ·· (○ / ×)
(5) 선 스펙트럼에서 y는 x보다 에너지가 크다. (○ / ×)

자료 ❷ 오비탈의 모양과 양자수

기출 Point
- 오비탈의 모양과 성질
- 오비탈과 4가지 양자수의 관계

[1~4] 그림은 주 양자수(n)가 1 또는 2인 오비탈을 모형으로 나타낸 것이다.



1 수소(H) 원자에서 (가)~(라)의 에너지 준위를 비교하시오.

2 다전자 원자에서 (가)~(라)의 에너지 준위를 비교하시오.

3 수소(H) 원자에서 전자가 (나)에 들어 있을 때 가질 수 있는 양자수의 조합을 있는 대로 쓰시오.

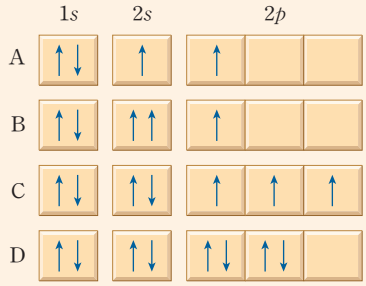
4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)와 (나)는 방향성이 없다. ····· (○ / ×)
(2) 주 양자수(n)가 2인 오비탈은 3가지이다. ····· (○ / ×)
(3) (나)~(라)는 같은 전자 껍질에 존재한다. ····· (○ / ×)
(4) (가)와 (나)의 방위(부) 양자수(l)는 같다. ····· (○ / ×)
(5) (다)와 (라)의 자기 양자수(m_l)는 같다. ····· (○ / ×)
(6) (나)와 (다)에서 전자가 가질 수 있는 스핀 자기 양자수(m_s)는 각각 2가지이다. ····· (○ / ×)
(7) 오비탈에 채울 수 있는 전자 수는 (나)가 (가)보다 크다. ····· (○ / ×)
(8) 전자가 (다)에서 (가)로 전이할 때 빛을 방출한다. ····· (○ / ×)

자료 3 오비탈과 전자 배치

기출 Point
- 오비탈 모형에서 전자 배치 규칙
- 바닥상태와 들뜬상태의 전자 배치 구분

[1~3] 그림은 학생이 그린 원자 A~D의 전자 배치를 나타낸 것이다. (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)



1 A~D의 전자 배치 중 존재할 수 없는 전자 배치를 있는 대로 고르고, 어떤 규칙에 위배되는지 쓰시오.

2 A~D의 전자 배치 중 들뜬상태의 전자 배치를 있는 대로 고르고, 그 원자의 바닥상태의 전자 배치를 모형으로 나타내시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 D이다. ····· (○ / ×)
(2) 바닥상태에서 홀전자 수가 가장 큰 것은 C이다. ····· (○ / ×)
(3) 바닥상태에서 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온의 전자 배치는 C와 D가 같다. ····· (○ / ×)
(4) 바닥상태의 A와 C에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다. ····· (○ / ×)
(5) 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 D가 C보다 크다. ····· (○ / ×)
(6) 바닥상태에서 A의 전자가 갖는 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다. ····· (○ / ×)

자료 4 원자의 전자 배치

기출 Point
- 원자의 전자 배치 자료에서 원자의 종류 파악
- 전자 배치와 양자수의 관계

[1~3] 표는 2, 3주기 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료이다. (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

원자	$\frac{\text{전자가 들어 있는 } p \text{ 오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 } s \text{ 오비탈 수}}$	홀전자 수
A	0	1
B	1	1
C	1	0
D	2	3

1 A~D에 해당하는 실제 원소의 기호를 각각 쓰시오.

2 A~D 원자에 들어 있는 모든 전자의 방위(부) 양자수(l)의 합을 각각 쓰시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) A와 B는 같은 족 원소이다. ····· (○ / ×)
(2) 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 D이다. ····· (○ / ×)
(3) 3주기 원소는 2가지이다. ····· (○ / ×)
(4) 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 B<C이다. ····· (○ / ×)
(5) D에 들어 있는 모든 전자의 자기 양자수(m_l)의 합은 0이다. ····· (○ / ×)
(6) 원자에 들어 있는 모든 전자의 스핀 자기 양자수(m_s)의 합이 0인 원자는 1가지이다. ····· (○ / ×)

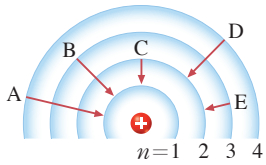
내신 만점 문제

A 보어 원자 모형

01 빛을 방출하는 전자 전이로 옳은 것은?

① K 전자 껍질 → L 전자 껍질
② K 전자 껍질 → M 전자 껍질
③ L 전자 껍질 → M 전자 껍질
④ N 전자 껍질 → L 전자 껍질
⑤ M 전자 껍질 → N 전자 껍질

중요 **02** 그림은 수소 원자에서 전자 전이 A~E를 나타낸 것이다.



A~E에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수소 원자의 에너지 준위는 $E_n=-\frac{k}{n^2}$ kJ/mol이고, n은 주 양자수, k는 상수이다.)

보기
ㄱ. 방출되는 에너지는 D가 C보다 크다.
ㄴ. 파장이 가장 긴 빛은 E에서 방출된다.
ㄷ. 눈으로 관찰할 수 있는 빛이 방출되는 경우는 2가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 수소 원자의 발머 계열의 선 스펙트럼 중 일부를 나타낸 것이다.

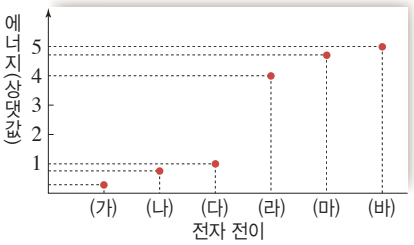


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 가시광선 영역의 스펙트럼이다.
ㄴ. 빛에너지는 b가 a보다 크다.
ㄷ. b는 전자가 $n=2 \rightarrow n=1$로 전이할 때 방출된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **04** 그림은 들뜬상태에 있는 수소 원자의 전자가 주 양자수(n) x 이하에서 전이할 때 방출할 수 있는 빛에너지를 모두 나타낸 것이다. (단, 수소 원자의 에너지 준위는 $E_n=-\frac{k}{n^2}$ kJ/mol이고, n은 주 양자수, k는 상수이다.)



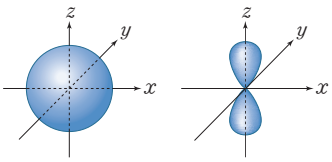
(1) x의 값을 쓰시오.

(2) 발머 계열에 해당하는 전자 전이만을 있는 대로 쓰시오.

(3) (다)와 (마)에서 방출되는 빛의 파장(λ)의 비를 풀이 과정과 함께 서술하시오.

B 현대의 원자 모형

05 그림은 2가지 오비탈 모형을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 공통점으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?



(가) s 오비탈 (나) p 오비탈

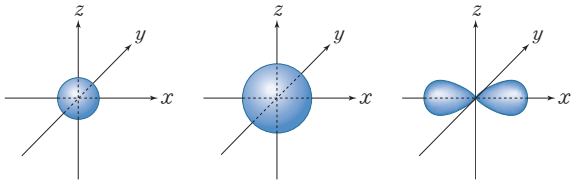
보기

ㄱ. 모든 전자 껍질에 존재한다.
ㄴ. 오비탈 경계면 안에서만 전자가 발견된다.
ㄷ. 주 양자수(n)가 커질수록 크기가 커진다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요

06 그림은 헬륨(He) 원자의 몇 가지 오비탈을 모형으로 나타낸 것이다.



$1s$ $2s$ $2p_x$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 에너지가 가장 높은 오비탈은 $2p_x$이다.
ㄴ. 방향성이 없는 오비탈은 1가지이다.
ㄷ. $1s$ 오비탈과 $2s$ 오비탈은 같은 전자 껍질에 존재한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 M 전자 껍질의 s 오비탈에 들어 있는 전자가 가질 수 있는 양자수의 조합을 있는 대로 쓰시오.

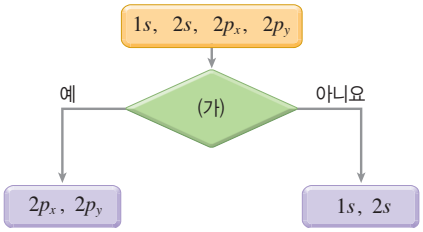
08 L 전자 껍질에 있는 전자가 가질 수 있는 양자수를 옳게 짝 지은 것은?

	n	l	m_l	m_s
①	2	0	+2	$+\frac{1}{2}$
②	2	1	0	$-\frac{1}{2}$
③	2	0	−1	$+\frac{1}{2}$
④	3	0	−1	$+\frac{1}{2}$
⑤	3	1	+2	$-\frac{1}{2}$

09 수소(H) 원자에서 오비탈의 에너지 준위를 옳게 비교한 것은?

① $1s=2s=2p_x=2p_y=2p_z$
② $1s<2s=2p_x=2p_y=2p_z$
③ $1s=2s<2p_x=2p_y=2p_z$
④ $1s<2s<2p_x=2p_y=2p_z$
⑤ $1s<2s<2p_x<2p_y<2p_z$

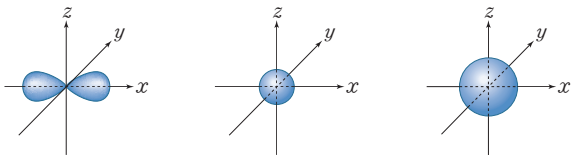
10 그림은 4가지 오비탈을 기준 (가)에 따라 분류하는 과정을 나타낸 것이다.



분류 기준 (가)로 적절하지 않은 것은?

① 아령 모양인가?
② 방향성이 있는가?
③ L 전자 껍질에 존재하는가?
④ 방위(부) 양자수(l)가 1인가?
⑤ 다전자 원자에서 에너지 준위가 같은가?

11 그림은 수소(H) 원자의 오비탈 (가)~(다)를 모형으로 나타낸 것이다. (가)~(다)는 $1s$, $2s$, $2p_x$ 오비탈 중 하나이다. n, l은 각각 주 양자수, 방위(부) 양자수이다.



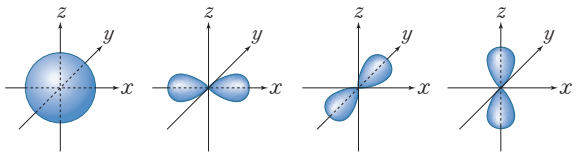
(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 에너지 준위는 (가)>(다)이다.
ㄴ. $n-l$는 (다)>(가)>(나)이다.
ㄷ. 수소 원자의 바닥상태 전자 배치에서 전자는 (나)에 들어 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **12** 그림은 L 전자 껍질에 존재하는 오비탈을 모형으로 나타낸 것이다.



(가) (나) (다) (라)

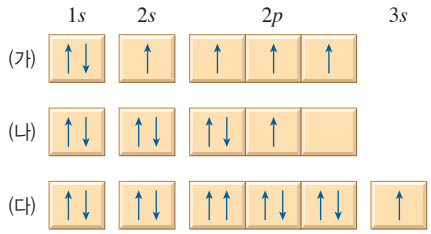
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 다전자 원자의 바닥상태 전자 배치에서 L 전자 껍질에 전자가 채워질 때 (가)부터 채워진다.
ㄴ. 방위(부) 양자수(l)는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄷ. (나), (다), (라)는 자기 양자수(m_l)가 모두 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

C 전자 배치 규칙

중요 **13** 그림은 학생들이 그린 3가지 원자의 전자 배치를 나타낸 것이다.

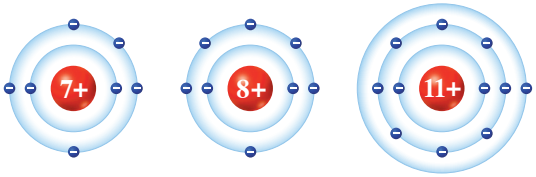


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)는 쌓음 원리를 만족하지 않는다.
ㄴ. (나)는 훈트 규칙을 만족한다.
ㄷ. 바닥상태의 전자 배치는 1가지이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림은 원자 A~C의 전자 배치를 보어 원자 모형으로 나타낸 것이다.



A B C

바닥상태의 원자 A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 C이다.
ㄴ. 홀전자 수가 가장 큰 것은 A이다.
ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 C>B>A이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 다음은 바닥상태의 원자 X와 Y에 대한 자료이다.

- 전자 수비는 X : Y = 1 : 2이다.
- 전자가 들어 있는 오비탈 수비는 X : Y = 2 : 3이다.

X와 Y의 바닥상태 전자 배치를 각각 쓰시오. (단, X와 Y는 원자 번호 18번 이하의 임의의 원소 기호이다.)

16 다음은 바닥상태 원자 X~Z의 전자 배치이다.

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

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

보기

ㄱ. 홀전자 수는 X와 Y가 같다.
ㄴ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 Z이다.
ㄷ. Y와 Z는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **17** 표는 이온 A^+과 B^{2-}의 바닥상태 전자 배치이다.

이온	A^+	B^{2-}
전자 배치	$1s^2 2s^2 2p^6$	$1s^2 2s^2 2p^6$

바닥상태의 A와 B에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 A와 B가 같다.
ㄴ. 홀전자 수는 B가 A의 2배이다.
ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수비는 A : B = 4 : 3이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 표는 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료이다.

원자	전자가 들어 있는 오비탈 수	홀전자 수
A	2	x
B	5	$x+1$
C	3	x
D	6	x

A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. $x=1$이다.
ㄴ. 2주기 원소는 2가지이다.
ㄷ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 D이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 표는 원자 A~C의 전자 배치에 대한 자료이다.

원자	s 오비탈에 들어 있는 전자 수	p 오비탈에 들어 있는 전자 수	홀전자 수
A	3	1	2
B	4	3	1
C	6	7	1

A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 오비탈의 주 양자수(n)는 3 이하이다.)

보기

ㄱ. 바닥상태에서 A와 B는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
ㄴ. B는 훈트 규칙을 만족하지 않는다.
ㄷ. C는 바닥상태의 전자 배치이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 표는 질소(N) 원자의 3가지 전자 배치 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 모든 전자의 주 양자수(n)는 1 또는 2이고, l은 방위(부) 양자수이다.

전자 배치	$l=1$인 전자 수	홀전자 수
(가)	3	3
(나)	4	1
(다)	5	3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 바닥상태의 전자 배치이다.
ㄴ. (다)는 훈트 규칙을 만족하지 않는다.
ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 (다)가 (나)보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

21 표는 바닥상태의 나트륨(Na) 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. n, l, m_l은 각각 주 양자수, 방위(부) 양자수, 자기 양자수이다.

오비탈	$n+l$	$l+m_l$
(가)	1	x
(나)	2	0
(다)	3	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $x=0$이다.
ㄴ. (다)에 들어 있는 전자 수는 1이다.
ㄷ. 에너지 준위는 (가)<(나)<(다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **22** 다음은 바닥상태 원자 A~C의 전자 배치에 대한 자료이다.

- 전자 수는 B가 A의 4배이다.
- C의 $\frac{p \text{ 오비탈의 총 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 총 전자 수}}$는 1.5이다.
- 홀전자 수는 C가 A의 3배이다.

A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 원자 번호 3~18의 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A는 양이온이 되기 쉽다.
ㄴ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 B이다.
ㄷ. B의 안정한 양이온과 C의 안정한 음이온은 같은 비활성 기체의 전자 배치를 갖는다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 다음은 2, 3주기 바닥상태 원자 A와 B에 대한 자료이다. l은 방위(부) 양자수이다.

- $\frac{l=1\text{인 전자 수}}{l=0\text{인 전자 수}}=1$로 같다.
- 홀전자 수는 A>B이다.

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

보기

ㄱ. 원자가 전자 수는 A>B이다.
ㄴ. 모든 전자의 l의 합은 A가 B의 2배이다.
ㄷ. 전자가 모두 채워진 오비탈 수는 B가 A의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 42쪽

01 표는 들뜬상태에 있는 수소 원자의 전자가 주 양자수(n) 4 이하에서 전이할 때 방출되는 빛의 스펙트럼 선 Ⅰ~Ⅳ에 대한 자료이다. $E_{Ⅱ}$는 $E_{Ⅳ}$보다 크다.

선	전자 전이	색깔	에너지(kJ/mol)
Ⅰ	$n=4 \rightarrow n=2$	초록	$E_{Ⅰ}$
Ⅱ	$n=3 \rightarrow n=1$		$E_{Ⅱ}$
Ⅲ		빨강	$E_{Ⅲ}$
Ⅳ			$E_{Ⅳ}$

Ⅰ~Ⅳ에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수소 원자의 에너지 준위는 $E_n=-\frac{k}{n^2}$ kJ/mol이고, n은 주 양자수, k는 상수이다.)

보기

ㄱ. Ⅳ는 가시광선이다.
ㄴ. 에너지가 가장 큰 선은 Ⅱ이다.
ㄷ. 파장의 비는 Ⅰ : Ⅲ = 4 : 1이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 수소(H) 원자의 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. n, l, m_l은 각각 주 양자수, 방위(부) 양자수, 자기 양자수이다.

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

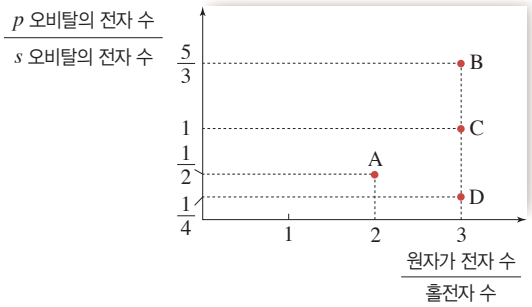
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. n는 (다) > (가)이다.
ㄴ. m_l는 (나) > (다)이다.
ㄷ. 에너지 준위는 (가) > (나)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 바닥상태인 원자 A~D에 대한 $\frac{\text{원자가 전자 수}}{\text{홀전자 수}}$와 $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$를 나타낸 것이다.



A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 2, 3주기에 속하는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A와 C는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. B와 D는 같은 족 원소이다.
ㄷ. 원자가 전자 수가 가장 작은 원소는 A이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 원자 X의 가능한 전자 배치 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다) 중 1가지는 바닥상태의 전자 배치이다.

- 전자들의 주 양자수(n) 총합은 모두 12로 같다.
- 전자들의 방위(부) 양자수(l) 총합은 (가) > (나) = (다)이다.
- (나)의 전자들의 자기 양자수(m_l) 총합은 0이다.
- 홀전자 수는 (가)와 (나)가 같다.

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

보기

ㄱ. X의 원자가 전자 수는 5이다.
ㄴ. 바닥상태의 전자 배치는 (나)이다.
ㄷ. (가)~(다) 중 훈트 규칙을 만족하는 전자 배치는 2가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원

핵심 정리

1 원자의 구조

1. 원자를 구성하는 입자의 발견

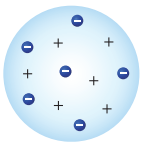
(1) 전자의 발견(톰슨, 1897년)

구분	내용		
음극선	진공 방전관에 높은 전압을 걸어 주면 (−)극에서 (+)극 쪽으로 빛을 내며 나오는 선		
음극선 실험	(−)극 (−)극 고전압 (+)극 (+)극	(−)극 물체 고전압 (+)극	(−)극 바람개비 고전압 (+)극
	음극선은 (❶) 전하를 띤다.	음극선은 직진하는 성질이 있다.	음극선은 (❷)을 가진 입자의 흐름이다.
결론	음극선은 (−)전하를 띠며 질량을 갖는 입자의 흐름으로, 이 입자는 원자를 구성하는 공통적인 입자인 (❸)이다.		

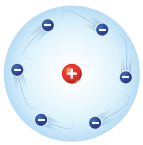
(2) 원자핵의 발견(러더퍼드, 1911년)

구분	내용
알파(α) 입자 산란 실험	알파(α) 입자, 산란된 알파(α) 입자, 대부분의 알파(α) 입자는 산란되지 않는다., 형광 스크린, 금박
결론	원자의 대부분은 빈 공간이고 중심에 (+)전하를 띠며, 원자 질량의 대부분을 차지하는 (❹)이 있고, 원자핵 주위에 (−)전하를 띠는 (❺)가 운동한다.

(3) 톰슨과 러더퍼드의 원자 모형



톰슨 모형



러더퍼드 모형

2. 원자의 구조

(1) 원자를 구성하는 입자의 성질

구성 입자		상대적인 전하	상대적인 질량
원자핵	양성자	+1	1
	중성자	0	(❻)
전자		(❼)	$\frac{1}{1837}$

① 원자는 전기적으로 중성이다.

② 양성자와 중성자로 구성된 (❽)의 질량이 원자 질량의 대부분을 차지한다.

(2) 원자 번호와 질량수

① 원자 번호=(❾)=원자의 전자 수

② 질량수=양성자수+(❿)

(3) 동위 원소와 평균 원자량

① 동위 원소: 양성자수(원자 번호)는 같지만 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소로 화학적 성질이 같다.

② 평균 원자량: 동위 원소가 존재하는 경우 각 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 곱한 값을 더하여 구한다.

2 원자 모형과 전자 배치

1. 보어 원자 모형

(1) 수소 원자의 선 스펙트럼: 수소 방전관에서 발생하는 빛을 프리즘에 통과시키면 선 스펙트럼이 얻어진다. ➡ 수소 원자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다.

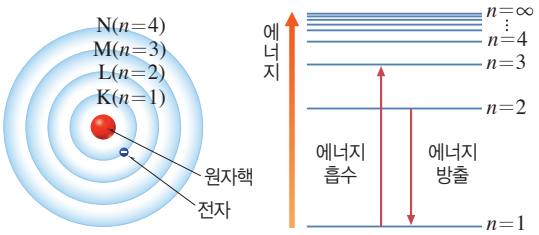
(2) 보어 원자 모형

① 원자핵 주위의 전자는 특정한 에너지 준위의 궤도(전자 껍질)에서만 원운동을 하며, 원자핵에 가까운 전자 껍질부터 K($n=1$), L($n=2$), M($n=3$) … 등의 순서로 기호를 붙이고, n을 주 양자수라고 한다.

② 전자 껍질의 에너지 준위는 $E_n=-\frac{1312}{n^2}$ kJ/mol ($n=1, 2, 3\cdots$)이다.

③ 전자가 다른 전자 껍질로 전이할 때는 두 전자 껍질의 에너지 차이만큼의 에너지를 흡수하거나 방출한다.

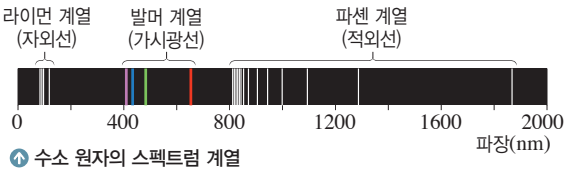
$$\Delta E=E_{처음}-E_{나중}$$



보어 원자 모형과 전자 껍질의 에너지 준위

(3) 선 스펙트럼이 나타나는 까닭: 전자가 에너지 준위가 낮은 전자 껍질로 전이할 때 에너지 준위 차이에 해당하는 불연속적인 에너지의 빛만 방출하기 때문이다.

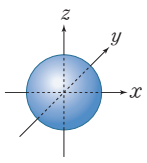
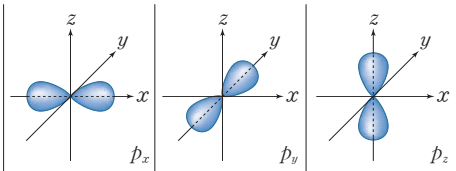
스펙트럼 계열	스펙트럼 영역	전자 전이
라이먼 계열	자외선	$n \geq 2 \rightarrow n=1$
발머 계열	(⑪)	$n \geq 3 \rightarrow n=2$
파셴 계열	적외선	$n \geq 4 \rightarrow n=3$



수소 원자의 스펙트럼 계열

2. 현대의 원자 모형

(1) **오비탈**: 원자핵 주위에서 전자가 존재할 수 있는 공간을 확률 분포로 나타낸 것

s 오비탈	p 오비탈
	
공 모양으로 방향성이 없다.	아령 모양으로 L 전자 껍질($n=2$)부터 존재하며, 방향성이 있다.

(2) 양자수의 종류

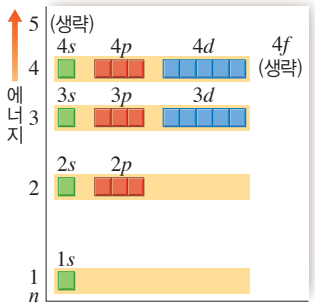
종류	의미	존재 가능한 값
주 양자수(n)	오비탈의 에너지 준위 결정	1, 2, 3, 4 … ∞
방위(부) 양자수(l)	오비탈의 모양(s, p, d, f) 결정	주 양자수(n)에 의해 결정되며, 0, 1, 2, … $(n-1)$까지 n개 존재
자기 양자수(m_l)	오비탈의 공간적인 방향 결정	방위(부) 양자수(l)에 의해 결정되며, $-l$, … -2, -1, 0, $+1$, $+2$ …, $+l$까지 $(2l+1)$개 존재
스핀 자기 양자수(m_s)	전자의 스핀 방향 결정	$+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$

(3) 전자 껍질에 따른 양자수와 오비탈의 관계

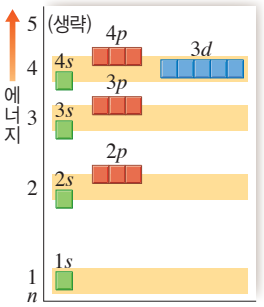
전자 껍질	K	L		M		
주 양자수(n)	1	2		3		
방위(부) 양자수(l)	0	0	1	0	1	2
오비탈 종류	1s	2s	2p	3s	3p	3d
자기 양자수(m_l)	0	0	-1, 0, $+1$	0	-1, 0, $+1$	(⑫)
오비탈 수(n^2)	1	4		9		
최대 수용 전자 수($2n^2$)	2	8		18		

(4) 오비탈의 에너지 준위

수소 원자	다전자 원자
주 양자수(n)가 같을 때 오비탈의 모양에 관계없이 에너지 준위가 같다.	주 양자수(n)와 오비탈의 모양에 따라 에너지 준위가 달라진다.
$1s<2s=2p<3s=3p=3d<\cdots$	$1s<2s<2p<3s<3p<4s<3d\cdots$



수소 원자의 에너지 준위



다전자 원자의 에너지 준위

3. 전자 배치 규칙

(1) 전자 배치 규칙

구분	내용
쌓음 원리	에너지가 가장 낮은 오비탈부터 전자가 차례대로 채워진다.
파울리 배타 원리	1개의 오비탈에는 같은 방향의 스핀을 갖는 전자가 배치될 수 없고, 전자가 최대 2개까지만 들어갈 수 있다. ↑ (○) ↑↓ (○) ↑↑ (×) ↑↓↑↓ (×)
훈트 규칙	에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 배치될 때 가능한 한 (⑬)가 최대가 되도록 전자가 배치된다.

(2) 바닥상태와 들뜬상태의 전자 배치

바닥상태	들뜬상태
전자 배치 규칙에 따라 배치되어 에너지가 가장 낮은 안정한 상태의 전자 배치	원자가 에너지를 흡수하여 전자가 높은 에너지 준위의 오비탈로 전이된 전자 배치

(3) **원자가 전자**: 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 배치된 전자로, 화학 결합에 참여하며 원자의 화학적 성질을 결정한다. ➡ 원자가 전자 수가 같으면 화학적 성질이 비슷하다.

(4) **이온의 전자 배치**: 원자가 이온으로 될 때는 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려고 한다.

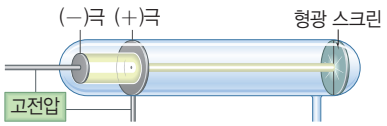
양이온	음이온
가장 바깥 전자 껍질에 있는 전자를 잃는다. 예 $_{11}Na$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ➡ $_{11}Na^+$: $1s^2 2s^2 2p^6$	비어 있는 오비탈 중 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈에 전자가 채워진다. 예 $_8O$: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ ➡ $_8O^{2-}$: $1s^2 2s^2 2p^6$

중단원

마무리 문제

하 중 상

01 그림과 같이 진공 방전관에 고전압을 걸어 주면 음극선이 발생한다.



음극선이 (가)(−)전하를 띠는 사실과 (나) 질량을 가진 입자의 흐름이라는 사실을 확인할 수 있는 실험 방법을 [보기]에서 골라 옳게 짝 지은 것은?

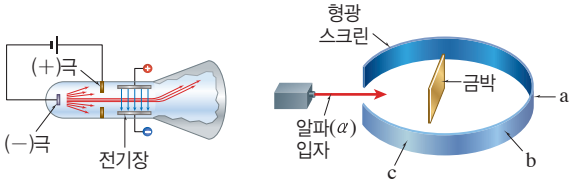
보기

ㄱ. 음극선이 지나가는 길에 전기장을 걸어 준다.
ㄴ. 음극선이 지나가는 길에 장애물을 설치한다.
ㄷ. 음극선이 지나가는 길에 바람개비를 설치한다.

	(가)	(나)		(가)	(나)
①	ㄱ	ㄴ	②	ㄱ	ㄷ
③	ㄴ	ㄱ	④	ㄴ	ㄷ
⑤	ㄷ	ㄴ			

하 중 상

02 그림은 원자의 구성 입자를 발견하게 된 2가지 실험을 나타낸 것이다.



(가) 음극선 실험 (나) 알파(α) 입자 산란 실험

(가)에서 발견된 입자 A와 (나)에서 발견된 입자 B에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

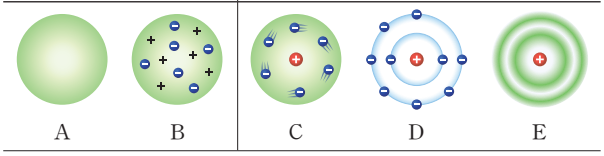
보기

ㄱ. 질량은 A가 B보다 작다.
ㄴ. A와 B 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.
ㄷ. (나)에서 알파(α) 입자가 가장 많이 도달하는 위치는 a이다.

① ㄴ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

03 그림 A~E는 여러 가지 원자 모형을 나타낸 것이다.



A~E를 (가)와 (나)로 분류했을 때 적합한 분류 기준을 쓰시오.

하 중 상

04 표는 원자를 구성하는 입자의 성질에 대한 자료이다.

입자	전하량(C)	질량(g)
X	$+1.6\times10^{-19}$	1.673×10^{-24}
Y	-1.6×10^{-19}	9.109×10^{-28}
Z	0	1.675×10^{-24}

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 원자에서 X와 Y의 수는 같다.
ㄴ. 질량수는 X와 Y 수의 합과 같다.
ㄷ. Y와 Z는 원자핵을 구성하는 입자이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

05 그림은 원자 표시 방법으로 X의 안정한 이온을 나타낸 것이다.

$${}^{b}_{a}X^{2+}$$

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

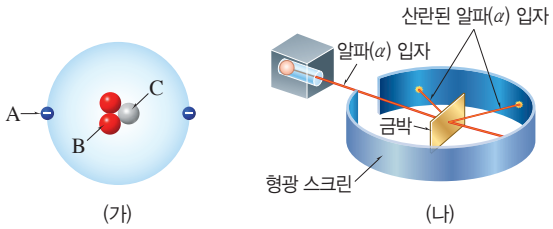
보기

ㄱ. b는 a보다 크다.
ㄴ. X^{2+}의 전자 수는 $a+2$이다.
ㄷ. X^{2+}의 질량수는 $a+b$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

06 그림 (가)는 원자 X의 모형을 나타낸 것이고, (나)는 알파(α) 입자 산란 실험 장치를 나타낸 것이다. A~C는 원자를 구성하는 입자이다.



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

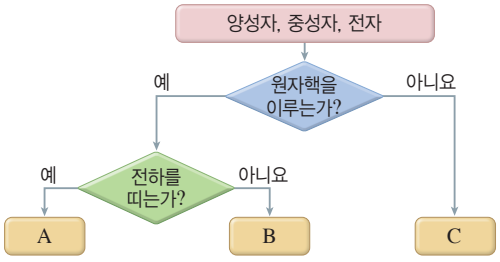
보기

ㄱ. X의 질량수는 5이다.
ㄴ. A는 실험 (나)로 발견되었다.
ㄷ. B에 의해 원자 번호가 결정된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

07 그림은 원자 $^{14}_{7}N$의 구성 입자를 2가지 기준에 따라 분류한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 구성 입자 A~C의 수는 모두 같다.
ㄴ. N가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되면 B의 수는 감소한다.
ㄷ. A와 C 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

08 그림은 빅뱅 우주에서 헬륨 원자핵($^{4}_{2}He^{2+}$)이 생성되는 과정을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 모두 원자핵이다.



(가)~(다)에 해당하는 입자를 옳게 짝 지은 것은?

	(가)	(나)	(다)
①	$^{1}_{1}H^{+}$	$^{2}_{1}H^{+}$	$^{3}_{1}H^{+}$
②	$^{1}_{1}H^{+}$	$^{2}_{1}H^{+}$	$^{3}_{2}He^{2+}$
③	$^{1}_{1}H^{+}$	$^{3}_{1}H^{+}$	$^{3}_{2}He^{2+}$
④	$^{2}_{1}H^{+}$	$^{1}_{1}H^{+}$	$^{3}_{1}H^{+}$
⑤	$^{2}_{1}H^{+}$	$^{3}_{1}H^{+}$	$^{3}_{2}He^{2+}$

하 중 상

09 표는 X^{2+}과 Y의 이온을 구성하는 입자 a~c의 수를 나타낸 것이다. a~c는 양성자, 중성자, 전자 중 하나이다.

입자	a	b	c
X^{2+}	12	12	10
Y의 이온	8	8	10

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

보기

ㄱ. Y의 이온은 Y^{2-}이다.
ㄴ. 질량수비는 X : Y = 4 : 3이다.
ㄷ. 바닥상태에서 홀전자 수는 X > Y이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

10 표는 X^{2+}과 Y^{2-}을 구성하는 입자 수를 상댓값으로 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 각각 양성자, 중성자, 전자 중 하나이다.

이온	㉠	㉡	㉢
X^{2+}	6	5	6
Y^{2-}	5	5	4

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

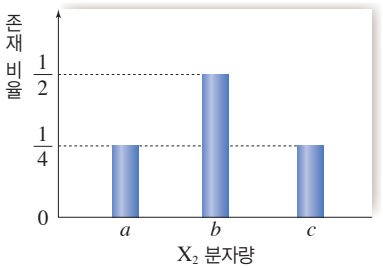
보기

ㄱ. ㉠은 중성자이다.
ㄴ. X는 2주기 원소이다.
ㄷ. 원자 X와 Y의 질량수비는 X : Y = 4 : 3이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

11 그림은 자연계에 존재하는 기체 X_2의 분자량과 존재 비율을 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. $a+c=2b$이다.
ㄴ. X의 평균 원자량은 $\frac{b}{4}$이다.
ㄷ. 분자량이 a인 X_2와 c인 X_2의 화학적 성질은 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

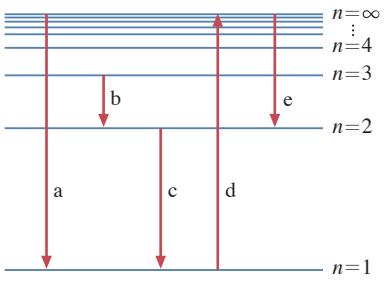
12 표는 원소 X의 2가지 동위 원소에 대한 자료이다. X의 평균 원자량은 63.6이다.

동위 원소	양성자수	중성자수	존재 비율(%)
^{63}X	29		
^{65}X		x	y

$x : y$는? (단, X는 임의의 원소 기호이고, X의 동위 원소는 ^{63}X와 ^{65}X만 존재하며, 원자량은 질량수와 같다.)

① 2 : 3 ② 4 : 5 ③ 5 : 4
④ 5 : 6 ⑤ 6 : 5

[13~14] 그림은 수소 원자의 전자 전이 a~e를 나타낸 것이다. (단, 수소 원자의 에너지 준위는 $E_n=-\frac{k}{n^2}$ kJ/mol이고, n은 주 양자수, k는 상수이다.)



하 중 상

13 a와 c에서 방출되는 빛의 에너지의 비는?

① 1 : 3 ② 5 : 27 ③ 4 : 3
④ 2 : 1 ⑤ 27 : 5

하 중 상

14 그림은 수소 원자의 선 스펙트럼 중 라이먼 계열과 발머 계열을 나타낸 것이다.

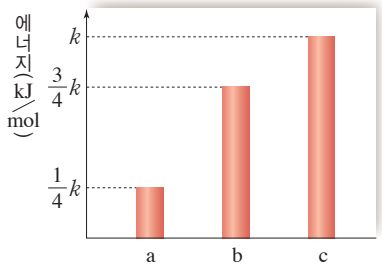


a~e 중 ㉠을 방출하는 전자 전이에 해당하는 것은?

① a ② b ③ c
④ d ⑤ e

하 중 상

15 그림은 수소 원자의 전자 전이 a~c에서 방출되는 빛의 에너지를 나타낸 것이다. 수소 원자의 에너지 준위는 $E_n = -\frac{k}{n^2}$ kJ/mol이며, n은 주 양자수, k는 상수이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

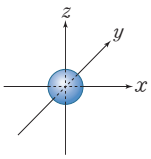
보기

ㄱ. a에서 방출되는 빛은 발머 계열이다.
ㄴ. c는 $n=\infty \rightarrow n=1$로의 전자 전이이다.
ㄷ. 수소 원자의 전자 전이에서 에너지(kJ/mol)가 $\frac{1}{2}k$인 빛은 방출되지 않는다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

16 그림은 주 양자수(n)가 1인 오비탈을 나타낸 것이다.

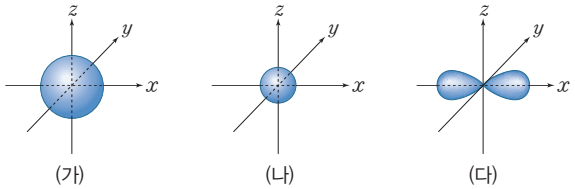


이에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① s 오비탈이다.
② 방향성이 없다.
③ K 전자 껍질에 존재한다.
④ 전자는 원운동을 하고 있다.
⑤ 수용할 수 있는 최대 전자 수는 2이다.

하 중 상

17 그림은 주 양자수(n)가 1 또는 2인 오비탈 (가)~(다)를 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)와 (나)는 방위(부) 양자수(l)가 같다.
ㄴ. (가)와 (다)는 주 양자수(n)가 같다.
ㄷ. 오비탈에 들어갈 수 있는 전자 수는 (가)>(나)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

18 다음은 3가지 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- 오비탈의 주 양자수(n)≤2이다.
- (가)와 (나)는 주 양자수(n)가 같고, 모양이 다르다.
- (나)와 (다)는 모양이 같고, 주 양자수(n)가 다르다.

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 방향성이 있다.
ㄴ. (나)의 주 양자수(n)는 1이다.
ㄷ. (나)와 (다)의 자기 양자수(m_l)는 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

19 다음은 수소(H) 원자의 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. n, l, m_l은 각각 주 양자수, 방위(부) 양자수, 자기 양자수이다.

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

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

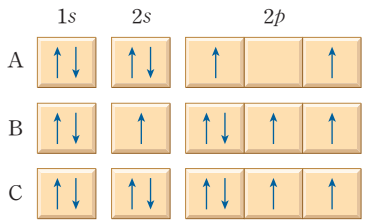
보기

ㄱ. (가)와 (다)의 m_l는 같다.
ㄴ. $n+l$는 (가)>(나)이다.
ㄷ. (나)와 (다)는 같은 전자 껍질에 존재한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

20 그림은 원자 A~C의 전자 배치를 나타낸 것이다.



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

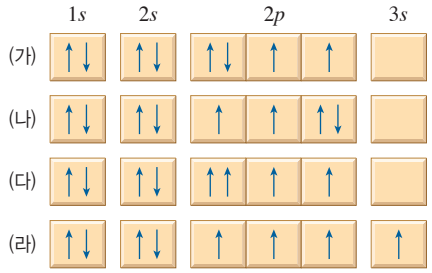
보기

ㄱ. 바닥상태의 전자 배치는 2가지이다.
ㄴ. A의 전자 배치는 쌓음 원리에 위배된다.
ㄷ. B의 전자 배치는 훈트 규칙에 위배된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

21 그림 (가)~(라)는 학생이 그린 산소(O) 원자의 전자 배치를 나타낸 것이다.



(가)~(라)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 바닥상태의 전자 배치는 3가지이다.
ㄴ. 쌓음 원리를 만족하지 않는 전자 배치는 1가지이다.
ㄷ. 모든 전자의 방위(부) 양자수(l)의 합이 가장 큰 것은 (라)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

22 다음은 원자 A~D의 전자 배치를 나타낸 것이다.

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

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

보기

ㄱ. D는 음이온이 되기 쉽다.
ㄴ. A와 C는 원자가 전자 수가 같다.
ㄷ. 바닥상태에서 홀전자 수는 D>B이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

23 표는 원자 X와 Y의 전자 배치에 대한 자료이다.

원자	전자가 들어 있는 오비탈 수	가장 바깥 전자 껍질	s 오비탈의 전자 수	p 오비탈의 전자 수
X	5	L	3	4
Y	4	L	4	4

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

보기

ㄱ. 홀전자 수는 X가 Y보다 크다.
ㄴ. Y의 전자 배치는 바닥상태이다.
ㄷ. L 전자 껍질에 들어 있는 전자 수는 X가 Y보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

24 다음은 바닥상태의 2, 3주기 원자 X와 Y에 대한 자료이다.

- 전자 수비는 X : Y = 2 : 1이다.
- 전자가 들어 있는 오비탈 수비는 X : Y = 3 : 2이다.

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

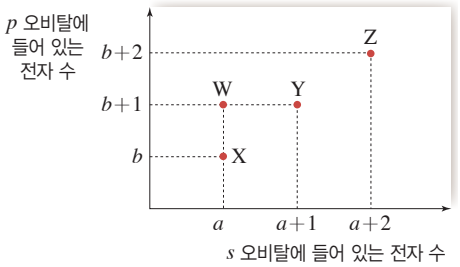
보기

ㄱ. 원자가 전자 수는 X > Y이다.
ㄴ. 홀전자 수는 Y > X이다.
ㄷ. X가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자가 들어 있는 오비탈 수는 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

25 그림은 2, 3주기 바닥상태의 원자 W~Z에서 s 오비탈에 들어 있는 전자 수와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수를 나타낸 것이다.



W~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 3주기 원소는 2가지이다.
ㄴ. 홀전자 수가 가장 많은 것은 W이다.
ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 W > X이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

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

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

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

보기

ㄱ. $a = b+2$이다.
ㄴ. X의 원자가 전자 수는 3이다.
ㄷ. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 X와 Y가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

27 표는 원자 X의 바닥상태에서 원자가 전자 일부의 양자수에 대한 자료이다. n, l, m_l, m_s는 각각 주 양자수, 방위(부) 양자수, 자기 양자수, 스핀 자기 양자수이다.

전자	$n+l$	m_l	m_s
(가)	2	a	$+\frac{1}{2}$
(나)	3	-1	$+\frac{1}{2}$
(다)	3	-1	$-\frac{1}{2}$

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

보기

ㄱ. $a=0$이다.

ㄴ. X는 2주기 원소이다.

ㄷ. X의 $\frac{p \text{ 오비탈 전자 수}}{s \text{ 오비탈 전자 수}}<1$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

28 다음은 원자 번호가 20 이하인 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다.

- X~Z의 전자 배치에서 $\frac{\text{방위(부) 양자수}(l)=1\text{인 전자 수}}{\text{방위(부) 양자수}(l)=0\text{인 전자 수}}=\frac{3}{2}$으로 모두 같다.
- 원자 번호는 X>Y>Z이다.

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

보기

ㄱ. Y와 Z는 같은 주기 원소이다.

ㄴ. 자기 양자수(m_l)의 합이 0인 원소는 2가지이다.

ㄷ. 홀전자 수가 가장 큰 원소는 Y이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 문제

하 중 상

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

동위 원소	원자량	존재 비율(%)
$^{10}_{5}B$	10	20
$^{11}_{5}B$	11	80

(1) B의 전자 수를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

(2) B의 평균 원자량을 풀이 과정과 함께 서술하시오.

하 중 상

30 표는 바닥상태 질소(N) 원자의 전자 (가)~(다)에 대한 자료이다. n, l, m_l, m_s는 각각 주 양자수, 방위(부) 양자수, 자기 양자수, 스핀 자기 양자수이다.

전자	n	l	m_l	m_s
(가)	a	c	0	$+\frac{1}{2}$
(나)	2	0	d	$+\frac{1}{2}$
(다)	b	1	0	$+\frac{1}{2}$

a~d의 값을 풀이 과정과 함께 서술하시오.

하 중 상

31 다음은 원자 A~C의 전자 배치를 나타낸 것이다.

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

A~C 중 들뜬상태를 있는 대로 고르고, 그 까닭을 전자 배치 규칙과 관련하여 서술하시오. (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

수능 실전 문제

• 수능 출제 경향

이 단원에서는 원자 번호, 양성자수, 전자 수, 질량수의 관계와 동위 원소에 대한 문제, 동위 원소의 존재 비율에 따른 평균 원자량 관련 문제, 동위 원소가 존재하는 분자의 구성 입자 수와 양적인 관계를 묻는 문제, 오비탈과 양자수를 연관 짓는 문제, 원자의 전자 배치와 관련된 자료를 제시하고 관련된 성질을 통합적으로 묻는 문제들이 자주 출제된다.

수능 이렇게 나온다!

표는 2주기 바닥상태 원자 X~Z의 전자 배치에 대한 자료이다.

❶ 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수와 p 오비탈에 들어 있는 홀전자 수가 a로 같은 원자는 탄소(C)이고, 조건에 맞는 Y와 Z는 각각 산소(O)와 플루오린(F)이다.

원자	X	Y	Z
전자가 2개 들어 있는 오비탈 수	a	$a+1$	$a+2$
p 오비탈에 들어 있는 홀전자 수	a	a	b
❷ 각 원자의 바닥상태 전자 배치	$1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$	$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$	$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$
원자가 전자 수	4	6	7
전자가 들어 있는 오비탈 수	4	5	5

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

보기

ㄱ. $a+b=3$이다.
ㄴ. X의 원자가 전자 수는 2이다.
ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Z>Y이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

출제개념

오비탈과 전자 배치

▶ 본문 83~85, 87~88쪽

출제의도

전자 배치에 대해 주어진 정보를 분석하고 종합하여 각 원소의 전자 배치를 알아낼 수 있는지를 묻는 문제이다.

전략적 풀이

❶ 2주기 바닥상태 원자의 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수와 p 오비탈에 들어 있는 홀전자 수를 파악하여 원자 X~Z를 찾는다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
전자가 2개 들어 있는 오비탈 수	1	2	2	2	2	3	4	5
p 오비탈에 들어 있는 홀전자 수	0	0	1	2	3	2	1	0

주어진 조건을 만족하는 X는 ( ), Y는 산소(O), Z는 ( )이다.

❷ 원자 X~Z의 전자 배치를 이용하여 문제를 해결한다.

각 원자의 전자 배치는 X: $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$, Y: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$, Z: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$이다.

ㄱ. $a=$( ), $b=$( )이므로 $a+b=$( )이다.

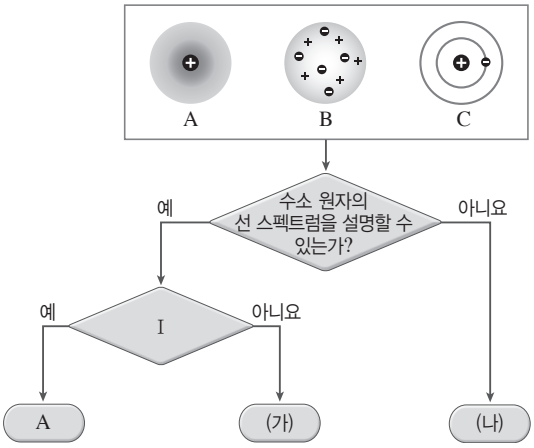
ㄴ. X의 가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치는 $2s^2 2p_x^1 2p_y^1$이므로 원자가 전자 수는 ( )이다.

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Y와 Z 모두 ( )이다.

❶ 탄소(C), 플루오린(F)
❷ 2, 1, 3, 4, 5

답 ①

01 그림은 3가지 원자 모형 A~C를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다. A~C는 톰슨, 보어, 현대의 원자 모형 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 기준 I로는 '원자핵이 존재하는가?'가 될 수 있다.
ㄴ. (나)에 해당하는 원자 모형은 B이다.
ㄷ. (가)는 알파(α) 입자 산란 실험 결과를 설명할 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 표는 X 이온과 Y 이온을 구성하는 입자 a~c의 수를 나타낸 것이다. 입자 a와 b는 원자핵을 구성한다.

구분	a의 수	b의 수	c의 수
X 이온	12	11	10
Y 이온	10	8	10

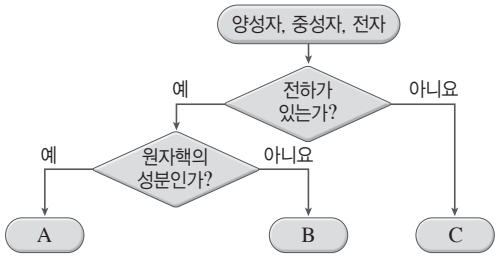
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. b는 양성자이다.
ㄴ. 질량수는 X가 Y보다 크다.
ㄷ. 전하량의 절댓값의 비는 X 이온 : Y 이온=1 : 1이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 원자의 구성 입자인 양성자, 중성자, 전자를 A~C로 분류한 것이고, 표는 ^{15}X와 $^{18}Y^{2-}$에 대한 자료이다.



구분	A의 수	B의 수	C의 수
^{15}X	a	7	b
$^{18}Y^{2-}$	c	d	10

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

보기

ㄱ. A와 B는 질량이 같다.
ㄴ. $a+d>b+c$이다.
ㄷ. Y의 원자 번호는 9이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 X의 동위 원소에 대한 자료이다.

동위 원소	원자량	존재 비율(%)
^{a}X	A	19.9
^{b}X	B	80.1

- $b>a$이다.
- 평균 원자량은 w이다.

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

보기

ㄱ. $A>B$이다.
ㄴ. w는 $\frac{A+B}{2}$보다 크다.
ㄷ. $\frac{1\,g의\ ^{a}X에\ 들어\ 있는\ 전체\ 양성자수}{1\,g의\ ^{b}X에\ 들어\ 있는\ 전체\ 양성자수}>1$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 용기 속에 들어 있는 $X_2Y(g)$에 대한 자료이다.

- 용기 속 X_2Y를 구성하는 원자 X와 Y에 대한 자료

원자	^aX	^bX	^cY
양성자수	n		$n+1$
중성자수	$n+1$	n	$n+3$
$\frac{\text{중성자수}}{\text{전자 수}}$(상댓값)		4	5

- 용기 속에는 $^aX^aX^cY$, $^aX^bX^cY$, $^bX^bX^cY$만 들어 있다.
- 용기 속 $\frac{\text{전체 중성자수}}{\text{전체 양성자수}}=\frac{62}{55}$이다.

$\frac{\text{용기 속에 들어 있는 } ^aX \text{ 원자 수}}{\text{용기 속에 들어 있는 } ^bX \text{ 원자 수}}$는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

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

06 다음은 용기 (가)와 (나)에 각각 들어 있는 산소(O_2)와 수증기(H_2O)에 대한 자료이다.

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

- (가)와 (나)에 들어 있는 양성자의 양(mol)은 각각 9.6 mol, z mol이다.
- (나)에 들어 있는 $\frac{^1H \text{ 원자 수}}{^2H \text{ 원자 수}}=\frac{3}{2}$이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, O의 원자 번호는 각각 1, 8이고, ^{16}O, ^{18}O의 원자량은 각각 16, 18이다.)

보기

ㄱ. z는 10이다.
ㄴ. $\frac{\text{(나)에 들어 있는 O 원자의 질량}}{\text{(가)에 들어 있는 O 원자의 질량}}=\frac{41}{51}$이다.
ㄷ. (가)와 (나)에 들어 있는 중성자의 양(mol)의 합은 20 mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 다음은 바닥상태 질소(N) 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 $1s$, $2s$, $2p_x$ 중 하나이다.

- (가)와 (나)의 모양이 같다.
- (가)와 (다)에는 원자가 전자가 들어 있다.

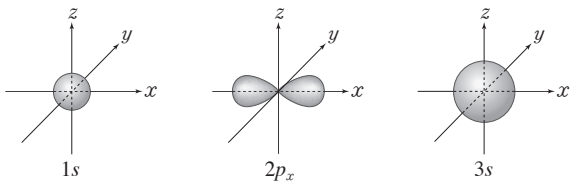
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 오비탈의 크기는 (가)>(나)이다.
ㄴ. 홀전자가 존재하는 오비탈은 (가)이다.
ㄷ. 오비탈의 에너지 준위는 (가)>(다)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 몇 가지 오비탈을 모형으로 나타낸 것이다.



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 방향성이 없는 것은 2가지이다.
ㄴ. (가)와 (다)는 자기 양자수(m_l)가 같다.
ㄷ. 방위(부) 양자수(l)가 가장 큰 것은 (다)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 주 양자수(n)가 3 이하인 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. l은 방위(부) 양자수이다.

- 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 (다)>(가)>(나)이다.
- $n+l$는 (가)=(다)>(나)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. l는 (가)>(다)이다.
ㄴ. (가)와 (나)는 같은 모양의 오비탈이다.
ㄷ. 자기 양자수(m_l)는 (다)>(나)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 표는 서로 다른 전자 껍질에 존재하는 3가지 오비탈 (가)~(다)에 대한 자료이다. n, l은 각각 주 양자수, 방위(부) 양자수이다.

오비탈	(가)	(나)	(다)
n	x	$x+1$	y
$n+l$	1	3	3

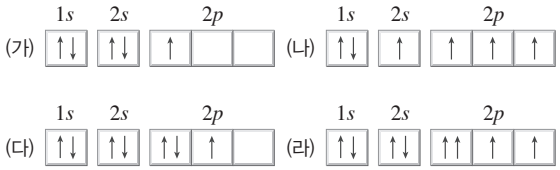
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $x=y$이다.
ㄴ. (가)와 (다)의 자기 양자수(m_l)는 같다.
ㄷ. 오비탈의 에너지 준위는 (나)>(다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 학생들이 그린 붕소(B), 탄소(C), 질소(N), 산소(O) 원자의 전자 배치 (가)~(라)를 나타낸 것이다.



(가)~(라)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 들뜬상태의 전자 배치는 3가지이다.
ㄴ. 존재할 수 없는 전자 배치는 2가지이다.
ㄷ. 바닥상태에서 홀전자 수가 가장 큰 것은 (다)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 원자 X의 전자 배치에 대한 자료이다. X의 전자의 주 양자수(n)는 2 이하이고, l, m_l은 각각 방위(부) 양자수, 자기 양자수이다.

- 모든 전자의 n의 합은 11이다.
- $n+l=3$인 전자 수는 3이다.
- $m_l=0$인 전자 수는 5이다.

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

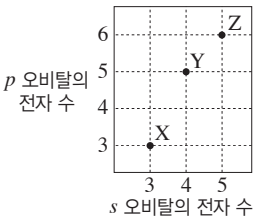
보기

ㄱ. 훈트 규칙을 만족한다.
ㄴ. 홀전자 수는 3이다.
ㄷ. 모든 전자의 l의 합은 3이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 표는 원자 X~Z의 가장 바깥 전자 껍질의 종류와 전자 수를 나타낸 것이고, 그림은 X~Z의 s 오비탈과 p 오비탈에 들어 있는 전자 수를 나타낸 것이다.

원자	가장 바깥 전자 껍질	
	종류	전자 수
X	L	4
Y	L	㉠
Z	M	2



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

보기

ㄱ. ㉠은 5이다.
ㄴ. 바닥상태의 원자는 1가지이다.
ㄷ. L 전자 껍질에 있는 전자 수는 Y가 Z보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 표는 바닥상태의 원자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

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

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $a+b+c+d=9$이다.
ㄴ. (가)와 (다)는 화학적 성질이 비슷하다.
ㄷ. (다)에 존재하는 전자들의 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 다음은 2, 3주기 바닥상태 원자 A~D의 전자 배치에 대한 자료이다.

- 전자가 들어 있는 전자 껍질 수: B>A, D>C
- 전체 s 오비탈의 전자 수에 대한 전체 p 오비탈의 전자 수의 비

원자	A	B	C	D
$\frac{\text{전체 } p \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 } s \text{ 오비탈의 전자 수}}$	1	1	1.5	1.5

바닥상태 원자 A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 홀전자 수는 D가 가장 크다.
ㄴ. 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수는 B가 A보다 크다.
ㄷ. B가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되면 C와 전자 배치가 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 다음은 바닥상태 2주기 원자 X와 Y에 대한 자료이다.

- 전자 수비는 X : Y=2 : 1이다.
- 전자가 들어 있는 오비탈 수비는 X : Y=5 : 2이다.

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

보기

ㄱ. 홀전자 수는 X가 Y보다 크다.
ㄴ. 원자가 전자 수비는 X : Y=2 : 5이다.
ㄷ. X가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자가 들어 있는 p 오비탈 수가 증가한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Ⅲ 원자의 세계

2 원소의 주기적 성질

01 주기율표 114

02 원소의 주기적 성질 124

Review

이전에 학습한 내용 중 이 단원과 연계된 내용을 다시 한 번 떠올려 봅시다.

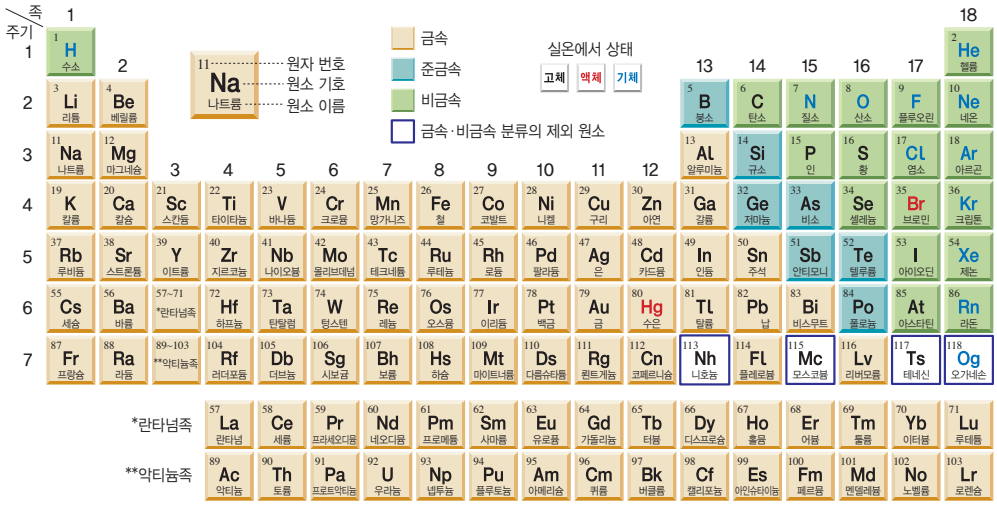
다음 단어가 들어갈 곳을 찾아 빈칸을 완성해 보자.

알칼리 금속	주기	족	원자 번호	원자량	비활성 기체

통합과학 물질의 규칙성과 결합

- **주기율표** 성질이 비슷한 원소들이 주기적으로 나타나도록 원소들을 배열한 표
  - ① **최초의 주기율표**: 멘델레예프가 제안한 것으로, 원소를 ❶ [ ] 순서대로 배열하였다.
  - ② **현대의 주기율표**: 원소를 ❷ [ ] 순서대로 배열하였다.

- **주기율표의 구성**
  - ① ❸ [ ]: 주기율표의 세로줄, 1족~18족으로 구성된다.
  - ② ❹ [ ]: 주기율표의 가로줄, 1주기~7주기로 구성된다.
  - ③ 주기율표의 왼쪽과 가운데에는 주로 금속 원소가 있고, 오른쪽에는 주로 비금속 원소가 있다.



- **같은 족 원소(동족 원소)의 특성** 같은 족 원소들은 화학적 성질이 비슷하다.

구분	정의	특성
❺ [ ]	주기율표의 1족에 속하는 금속 원소(수소 제외)	• 실온에서 고체 상태로 존재하며, 은백색 광택을 띤다. • 다른 금속에 비해 밀도가 작고, 매우 무르다. • 반응성이 커서 물이나 산소와 잘 반응한다.
할로젠	주기율표의 17족에 속하는 비금속 원소	• 같은 원자 2개가 결합한 이원자 분자의 형태로 존재한다. • 반응성이 매우 커서 금속이나 수소와 잘 반응한다.
❻ [ ]	주기율표의 18족에 속하는 비금속 원소	• 화학적으로 안정하므로 반응성이 거의 없다. • 다른 원소와 화학 결합을 형성하지 않고 원자 상태로 존재한다.

답 ❶ 원자량 ❷ 원자 번호 ❸ 족 ❹ 주기 ❺ 알칼리 금속 ❻ 비활성 기체

1 주기율표

핵심 포인트
1. 주기율표가 만들어지기까지의 과정 ★
2. 족과 주기 ★★
3. 원소의 분류 ★★

A 주기율표

1. 주기율표가 만들어지기까지의 과정

현대 주기율표에서 족 개념의 시초가 되었다.

(1) **되베라이너의 세 쌍 원소설(1828년)**: 화학적 성질이 비슷한 세 쌍 원소를 원자량 순으로 나열했을 때 중간 원소의 원자량은 나머지 두 원소의 원자량의 평균값과 비슷하다.

예 세 쌍 원소인 Li, Na, K에서 Li, K의 원자량이 각각 7, 39일 때 Na의 원자량은 두 원소의 원자량의 평균값인 $\frac{7+39}{2}=23$이다.

'옥타브 법칙' 또는 '옥타브 규칙'이라고도 한다.

(2) **뉴랜즈의 옥타브설(1864년)**: 원소들을 원자량 순으로 배열했을 때 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타난다.

현대 주기율표에서 주기 개념의 시초가 되었다.

(3) **멘델레예프의 주기율표(1869년)**: 당시까지 발견된 원소들을 원자량 순으로 배열했을 때 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타난다는 것을 발견하였다.

① 최초의 주기율표를 작성하였다.

② 아직 발견되지 않은 원소의 존재와 그 성질을 예언하였다.

주기율표에서 이 원소들의 자리를 빈칸으로 두었다.

③ 원소들을 원자량 순으로 배열하면 몇몇 원소들의 성질이 주기성에서 벗어난다.

멘델레예프의 예언

멘델레예프가 예측한 에카규소(Es)의 성질이 그 이후에 발견된 저마늄(Ge)의 성질과 비슷한 것으로 보아 멘델레예프의 예언은 상당히 정확했음을 알 수 있다.

규소(Si)와 주석(Sn)의 성질을 바탕으로 두 원소 사이에 발견되지 않은 원소가 있을 것이라 생각하고, 그 성질을 예측하였다.

원소	원자량	녹는점(℃)	밀도(g/cm³)	❶산화물의 화학식
에카규소(Es, 예언한 원소)	73.4	800	5.5	EsO_2
저마늄(Ge, 발견된 원소)	72.6	958.5	5.32	GeO_2

(4) **◆모즐리의 주기율표(1913년)**: X선 연구를 통해 원소에서 원자핵의 양성자수를 결정하는 방법을 알아내어 원자 번호를 정하였다.

① 원소의 주기적 성질이 원자량이 아닌 양성자수(원자 번호)와 관련 있음을 알아내었다.

② 원소들을 원자 번호 순으로 배열하여 현대 주기율표의 틀을 완성하였다.

2. 현대의 주기율표

(1) **주기율**: 원소들을 원자 번호 순으로 배열할 때 화학적 성질이 비슷한 원소가 일정한 간격을 두고 주기적으로 나타나는 성질

(2) **주기율표**: 주기율을 바탕으로 원소들을 원자 번호 순으로 배열하되 비슷한 화학적 성질을 갖는 원소가 같은 세로줄에 오도록 배열한 표

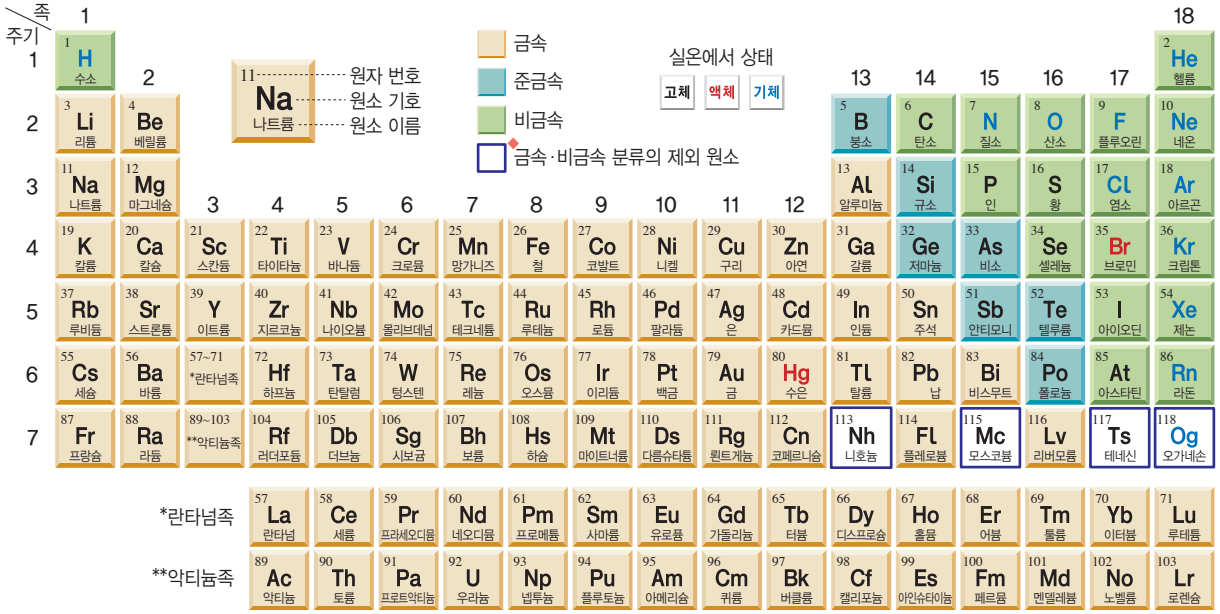
구분	족	주기
정의	주기율표의 세로줄	주기율표의 가로줄
구성	1족~18족	1주기~7주기

암기해!
- 주기율표가 만들어지기까지의 과정
  - 뉴랜즈: 원자량 순으로 배열
  - 멘델레예프: 원자량 순으로 배열
  - 모즐리: 원자 번호 순으로 배열

◆ **모즐리의 주기율표**
멘델레예프의 주기율표에서 원소들을 원자량 순으로 배열하면 아르곤(Ar)은 칼륨(K) 다음에 위치하는데, 비활성 기체인 아르곤은 다른 원소들과 화학적 성질이 크게 달라 주기율표로 그 성질을 설명하기 어려웠다. 이후 모즐리에 의해 원자 번호의 개념이 정립되고 원소들의 주기율이 원자 번호에 의해 결정된다는 것이 밝혀져 현재와 같은 주기율표가 만들어지게 되었다.

(용어)
❶ **산화물(酸 시다, 化 되다, 物 만물)** 산소와 다른 원소가 결합한 화합물

현대의 주기율표



3. 전자 배치와 주기율 118쪽 대표 자료 ❶, ❷

(1) **원소의 전자 배치**: 주기율표에 원소의 가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치를 나타내면 원자가 전자 수가 주기적으로 변한다.

① 같은 족 원소들은 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

➡ 원자가 전자 수는 족 번호의 끝자리 수와 같다. (단, 18족 원소의 원자가 전자 수는 0)

② 같은 주기 원소들은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

➡ 전자 껍질 수는 주기 번호와 같다.

전자 배치와 주기율표

주기 번호와 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18	전자가 들어 있는 전자 껍질 수
1	$_1$H							$_2$He	1
2	$_3$Li	$_4$Be	$_5$B	$_6$C	$_7$N	$_8$O	$_9$F	$_{10}$Ne	2
3	$_{11}$Na	$_{12}$Mg	$_{13}$Al	$_{14}$Si	$_{15}$P	$_{16}$S	$_{17}$Cl	$_{18}$Ar	3
가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치	ns^1	ns^2	ns^2np^1	ns^2np^2	ns^2np^3	ns^2np^4	ns^2np^5	ns^2np^6	
원자가 전자 수	1	2	3	4	5	6	7	0	

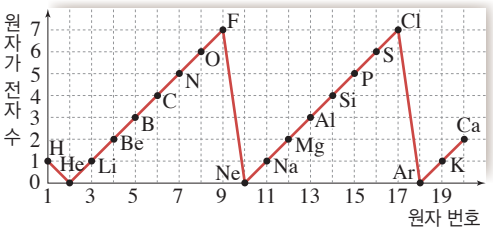
원자가 전자의 전자 배치는 H의 경우 $1s^1$, Li의 경우 $2s^1$, Na의 경우 $3s^1$이다.

◆ **금속·비금속 분류의 제외 원소**
원자 번호 113, 115, 117, 118인 원소는 아직 원소의 성질이 밝혀지지 않아 금속과 비금속의 분류에서는 제외한다.

알기해!

같은 족, 같은 주기 원소
- 같은 족 원소: 원자가 전자 수가 같다. ➡ 화학적 성질이 비슷하다.
- 같은 주기 원소: 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

(2) **주기율이 나타나는 까닭**: 원자의 화학적 성질을 결정하는 원자가 전자 수가 원자 번호의 증가에 따라 주기적으로 변하기 때문이다.



원자가 전자 수의 주기성

B 원소의 분류

1. 원소의 분류 118쪽 대표 자료 ❶, ❷

구분	주기율표에서의 위치	특성
금속	왼쪽과 가운데	• 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다. • 실온에서 고체 상태이다. (단, 수은은 액체) • 열과 전기가 잘 통한다.
비금속	오른쪽(단, 수소는 왼쪽)	• 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다. (단, 18족 제외) • 실온에서 기체나 고체 상태이다. (단, 브로민은 액체) • 열과 전기가 잘 통하지 않는다. (단, 흑연 제외)
준금속	금속과 비금속의 경계	• 금속 원소와 비금속 원소의 중간 성질을 갖거나, 금속 원소와 비금속 원소의 성질을 모두 갖는다. 예 붕소(B), 규소(Si), 저마늄(Ge), 비소(As) 등

암기해!

금속과 비금속

- 금속: 주기율표의 왼쪽과 가운데에 위치하며, 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.
- 비금속: 주기율표의 오른쪽에 위치하며, 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

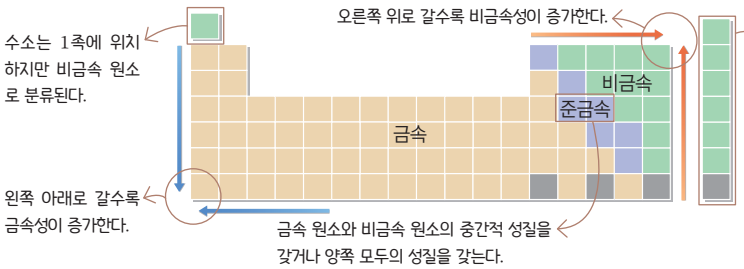
주의해!

수소(H)

주기율표에서 수소(H)는 금속 쪽에 위치하지만 비금속 원소이다.

원소의 분류

지학사, YBM 교과서에만 나와요.



2. 같은 족 원소(동족 원소)

구분	위치	예	특성
알칼리 금속	수소를 제외한 1족 원소	Li, Na, K, Rb 등	• 반응성이 매우 커서 공기 중의 산소나 물과 쉽게 반응한다. • 비금속과 반응하여 +1의 양이온이 되기 쉽다.
알칼리 토금속	2족 원소	Be, Mg, Ca, Sr 등	• 알칼리 금속보다는 반응성이 작다. • 비금속과 반응하여 +2의 양이온이 되기 쉽다.
할로젠	17족 원소	F, Cl, Br, I 등	• 반응성이 매우 크다. • 금속과 반응하여 −1의 음이온이 되기 쉽다.
비활성 기체	18족 원소	He, Ne, Ar 등	• 다른 원소들과 거의 반응하지 않고, 실온에서 모두 기체 상태이다.

정답친해 53쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

• 주기율표가 만들어지기까지의 과정

과학자	(❶)	(❷)	멘델레예프	모즐리
내용	화학적 성질이 비슷한 원소가 3개씩 쌍을 지어 존재 ➡ 세 쌍 원소설	원자량 순으로 원소를 배열하면 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타남 ➡ 옥타브설	원소들을 (❸) 순으로 배열하여 최초의 주기율표를 만듦	원소들을 (❹) 순으로 배열하여 현대 주기율표의 틀을 만듦

• 족: 주기율표의 세로줄로, 같은 족 원소들은 (❺)가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

• 주기: 주기율표의 가로줄로, 같은 주기 원소들은 전자가 들어 있는 (❻)가 같다.

• 주기율이 나타나는 까닭: 원자 번호에 따라 (❼)가 주기적으로 변하기 때문이다.

• 원소의 분류

- (❽) 원소: 주기율표의 왼쪽과 가운데에 위치하고, 열과 전기 전도성이 크며, (❾)이온이 되기 쉽다.
- (❿) 원소: 주기율표의 오른쪽에 위치하고, 열과 전기 전도성이 작으며, 18족 원소를 제외한 원소들은 (⓫)이온이 되기 쉽다.

1 주기율표가 만들어지기까지의 과정에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) 되베라이너의 세 쌍 원소는 현대 주기율표에서 같은 주기에 속한다. ····· ( )

(2) 뉴랜즈의 옥타브설은 현대 주기율표에서 주기 개념의 시초가 되었다. ····· ( )

(3) 멘델레예프는 원소들을 원자 번호 순으로 배열하였다. ····· ( )

2 ( ) 안에 현대의 주기율표에 대한 설명으로 알맞은 말을 고르시오.

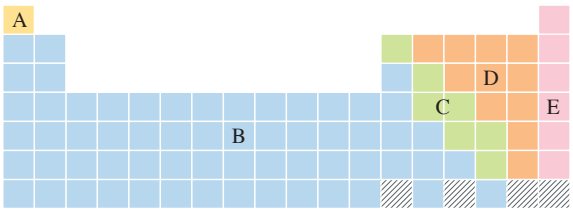
(1) 주기율표의 세로줄은 ㉠(족 , 주기)(이)라고 하며, 가로줄은 ㉡(족 , 주기)(이)라고 한다.

(2) 원소들을 (원자량 , 원자 번호) 순으로 배열하였다.

(3) 같은 (족 , 주기)에 속하는 원소들은 화학적 성질이 비슷하다.

(4) 같은 (족 , 주기)에 속하는 원소들은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

3 그림은 주기율표를 간략히 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) A, B, C, D의 원소들은 금속 원소이다. ····· ( )

(2) B의 원소들은 양이온이 되기 쉽다. ····· ( )

(3) D의 원소들은 음이온이 되기 쉽다. ····· ( )

(4) E의 원소들은 실온에서 고체 상태이다. ····· ( )

4 다음은 바닥상태 원자 A~E의 전자 배치이다. (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

• A: $1s^2$ • B: $1s^2 2s^2$ • C: $1s^2 2s^2 2p^2$
• D: $1s^2 2s^2 2p^4$ • E: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

(1) 같은 주기에 속하는 원소들을 있는 대로 쓰시오.

(2) 같은 족에 속하는 원소들을 있는 대로 쓰시오.

(3) 금속 원소를 있는 대로 쓰시오.

대표 자료 분석

정답친해 54쪽

자료 ❶ 주기율표와 원소의 분류

기출 Point
- 주기율표에서 원소의 분류
- 원소의 성질

[1~3] 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다. (단, A~H는 임의의 원소 기호이다.)

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							B
2	C					D		
3					E		F	G
4		H						

1 A~H를 금속 원소와 비금속 원소로 분류하시오.

(1) 금속 원소 (2) 비금속 원소

2 ( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

(1) C는 ㉠( )의 전하를 띠는 ㉡( )이온이 되기 쉽다.
(2) F는 ㉠( )의 전하를 띠는 ㉡( )이온이 되기 쉽다.
(3) B와 G는 ( ) 기체로 반응성이 거의 없다.
(4) H는 ㉠( )의 전하를 띠는 ㉡( )이온이 되기 쉽다.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) C와 D는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다. ····· (○ / ×)
(2) C와 H는 원자가 전자 수가 같다. ····· (○ / ×)
(3) D, E, F는 열과 전기 전도성이 크다. ····· (○ / ×)
(4) B와 G는 실온에서 기체 상태로 존재한다. ··· (○ / ×)
(5) A, C, H는 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다. ····· (○ / ×)
(6) 바닥상태에서 홀전자 수가 가장 큰 것은 D이다. ····· (○ / ×)
(7) 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 G가 E보다 크다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 전자 배치와 주기율표

기출 Point
- 전자 배치로부터 족과 주기 구분
- 전자 배치와 원소의 화학적 성질

[1~4] 표는 몇 가지 원자 또는 이온의 바닥상태 전자 배치이다. (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

원자 또는 이온	전자 배치
A	$1s^1$
B	$1s^2 2s^1$
C	$1s^2 2s^2 2p^4$
D^{2+}	$1s^2 2s^2 2p^6$
E^-	$1s^2 2s^2 2p^6$

1 A~E 중 같은 족에 속하는 원소를 있는 대로 쓰시오.

2 A~E 중 같은 주기에 속하는 원소를 있는 대로 쓰시오.

3 A~E 중 금속 원소를 있는 대로 쓰시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) D는 3주기 2족 원소이다. ····· (○ / ×)
(2) B는 알칼리 금속이다. ····· (○ / ×)
(3) 실온에서 기체 상태로 존재하며, 열과 전기를 잘 통하지 않는 원소는 A, C, E이다. ····· (○ / ×)
(4) 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 E이다. ····· (○ / ×)
(5) 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 가장 큰 것은 D이다. ····· (○ / ×)
(6) B와 C가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자 배치는 같다. ····· (○ / ×)
(7) A~E 중 원자가 전자가 p 오비탈에 들어 있는 원소는 3가지이다. ····· (○ / ×)

내신 만점 문제

정답친해 54쪽

A 주기율표

01 주기율표가 만들어지기까지의 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 되베라이너는 화학적 성질이 비슷한 원소를 3개씩 묶어 분류하였다.
② 뉴랜즈의 옥타브설은 현대 주기율표에서 주기 개념의 시초가 되었다.
③ 멘델레예프는 최초의 주기율표를 작성하였다.
④ 멘델레예프는 아직 발견되지 않은 원소의 존재와 그 성질을 예언하였다.
⑤ 모즐리는 원소들을 원자량 순으로 배열하였다.

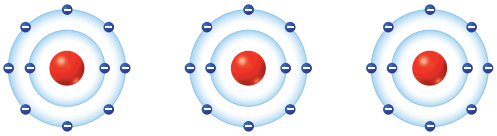
중요 **02** 다음은 주기율표에 대한 학생들의 대화이다.



㉠~㉢을 옳게 짝 지은 것은?

	㉠	㉡	㉢
①	원자량	원자 번호	양성자수
②	원자량	원자 번호	원자가 전자 수
③	원자량	원자 번호	전자가 들어 있는 전자 껍질 수
④	원자 번호	원자량	원자가 전자 수
⑤	원자 번호	원자량	전자가 들어 있는 전자 껍질 수

03 그림은 몇 가지 원자 또는 이온의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.



A~C에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

① A는 비활성 기체이다.
② B는 원자 번호가 가장 크다.
③ A와 B는 화학적 성질이 비슷하다.
④ 원자가 전자 수는 C가 B보다 크다.
⑤ A와 C는 같은 주기 원소이다.

04 표는 몇 가지 이온의 전자 배치이다.

이온	전자 배치
A^{2+}, B^{-}	$1s^2 2s^2 2p^6$
C^{2+}, D^{2-}	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

원자 A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. B는 3주기 17족 원소이다.
ㄴ. A와 C는 같은 족 원소이다.
ㄷ. A와 D는 같은 주기 원소이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 표는 2, 3주기 바닥상태 원자 A~D의 전자 배치에 대한 자료이다.

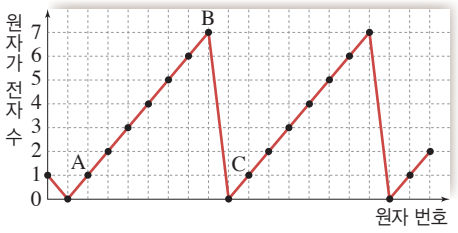
원자	A	B	C	D
$\frac{\text{전체 } p \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 } s \text{ 오비탈의 전자 수}}$	1	1	1.5	1.5
홀전자 수	0	2	3	0

A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. A와 C는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 C이다.
ㄷ. 비금속 원소는 2가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 원자 번호가 1~20인 원소의 원자 번호에 따른 원자가 전자 수를 나타낸 것이다.



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

보기
ㄱ. A와 C는 화학적 성질이 비슷하다.
ㄴ. B와 C는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
ㄷ. 주기율이 나타나는 까닭은 원자가 전자 수와 관련이 있다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 원소의 분류

07 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							B
2		C		D		E		
3		F				G		

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~G는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. E, G는 원자가 전자 수가 같다.
ㄴ. A, C, D, F는 금속 원소이다.
ㄷ. B는 음이온이 되기 쉽다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **08** 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

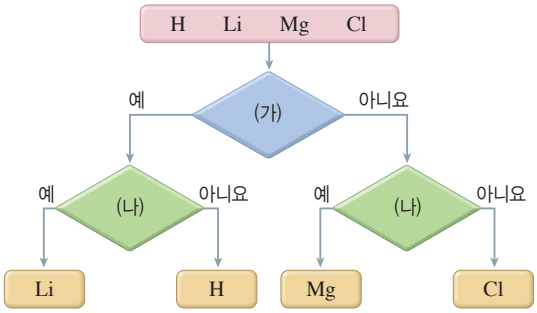
주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							
2		B				C		
3	D							E

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

보기
ㄱ. A~E 중 금속 원소는 3가지이다.
ㄴ. 바닥상태에서 B와 C는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
ㄷ. 바닥상태에서 D와 E는 전자가 들어 있는 오비탈의 수가 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 4가지 원소의 분류 과정을 모식도로 나타낸 것이다.



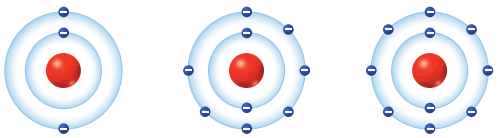
(가), (나)에 적절한 분류 기준을 [보기]에서 골라 옳게 짝 지은 것은?

보기

ㄱ. 2주기 원소인가?
ㄴ. 전기를 잘 통하는가?
ㄷ. 원자가 전자 수가 1인가?

	(가)	(나)		(가)	(나)
①	ㄱ	ㄴ	②	ㄱ	ㄷ
③	ㄴ	ㄷ	④	ㄷ	ㄱ
⑤	ㄷ	ㄴ			

중요 **10** 그림은 원소 A~C의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. 금속 원소는 1가지이다.
ㄴ. A~C는 모두 2주기 원소이다.
ㄷ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 C이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 표는 17족 원소인 할로젠의 성질에 대한 자료이다.

원소	플루오린(F)	브로민(Br)	아이오딘(I)
주기	2	4	5
녹는점(℃)	−219.6	−7.2	113.6
끓는점(℃)	−188.0	59	184.4
원자량	19	80	127
수소 화합물	HF	HBr	HI

이 자료로부터 염소(Cl)의 성질을 예측한 것으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 염소의 원자량은 35.5이다.)

보기

ㄱ. 염소는 실온에서 고체 상태이다.
ㄴ. 끓는점은 염소가 플루오린보다 높다.
ㄷ. 염소의 수소 화합물의 화학식은 HCl이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 바닥상태 원자 X의 전자 배치이다.

$1s^2 2s^2 2p^2$

X에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

① 2족 원소이다.
② 금속 원소이다.
③ 3주기 원소이다.
④ 원자가 전자 수는 2이다.
⑤ 홀전자 수는 2이다.

중요 **13** 표는 바닥상태 원자 A~D의 전자 배치이다.

원자	전자 배치
A	$1s^1$
B	$1s^2 2s^1$
C	$1s^2 2s^2 2p^3$
D	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

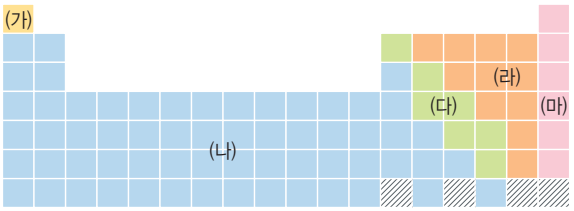
A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 금속 원소는 2가지이다.
ㄴ. A, B, D는 같은 족 원소이다.
ㄷ. C는 원자가 전자 수가 가장 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[14~15] 그림은 주기율표를 간략히 나타낸 것이다.



14 (가)~(마)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)와 (나)는 열과 전기가 잘 통한다.
ㄴ. (다)는 (나)와 (라)의 중간 성질을 갖는다.
ㄷ. (마)는 비금속성이 가장 크다.

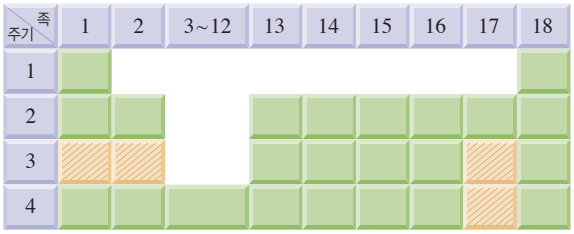
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **15** 음이온이 되기 쉬운 원소가 속한 영역의 기호를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

중요 **16** 다음은 원소 A~D에 대한 자료이다.

- A와 B는 금속 원소, C와 D는 비금속 원소이다.
- 원자가 전자 수가 가장 작은 것은 A이다.
- 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 D가 C보다 크다.

그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이고, 원소 A~D는 빗금 친 부분에 위치한다.



A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A는 알칼리 금속이다.
ㄴ. B와 D는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
ㄷ. 비금속성은 C가 D보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

서술형 **17** 다음은 원자 번호가 20 이하인 원소 A~D에 대한 자료이다.

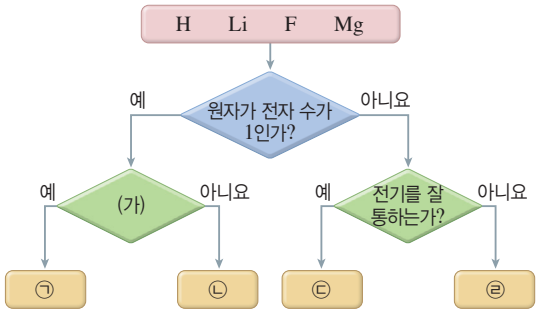
- 3주기에 속하는 원소는 B와 C이다.
- 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 D가 C보다 크다.
- 전기가 통하는 원소는 C와 D이다.
- 같은 족에 속하는 원소는 A와 D이다.

이 자료를 근거로 원소 A~D를 원자 번호가 작은 것부터 순서대로 쓰고, 그 까닭을 서술하시오. (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

실력 UP 문제

정답친해 57쪽

01 그림은 4가지 원소를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다.



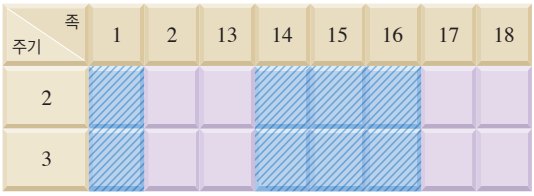
㉠~㉣에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 가장 큰 것은 ㉢이다.
ㄴ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 ㉣이다.
ㄷ. '주기율표의 왼쪽에 위치하는가?'는 (가)로 적절하다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 주기율표의 빗금 친 부분에 속하는 3가지 원소 A~C에 대한 자료이다.

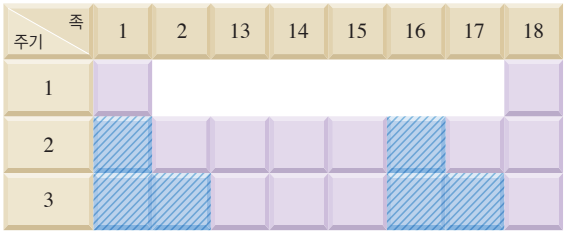


- 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 A와 C가 같다.
- 바닥상태 원자의 홀전자 수는 A가 B의 2배이다.
- $\frac{p\text{ 오비탈의 전자 수}}{s\text{ 오비탈의 전자 수}}$는 B가 A보다 크다.

A~C에 해당하는 실제 원소 기호를 옳게 짝 지은 것은?

	A	B	C
①	N	Li	O
②	O	Li	N
③	O	Na	N
④	S	Li	P
⑤	S	Na	P

03 다음은 주기율표의 일부와 빗금 친 부분에 위치하는 원소 A~F에 대한 자료이다.



- A, E, F는 전기를 잘 통한다.
- C, D, E, F는 (총전자 수−원자가 전자 수)의 값이 같다.
- A와 F, B와 D는 각각 화학적 성질이 비슷하다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~F는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A와 B는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 C이다.
ㄷ. D, E, F의 안정한 이온의 전자 배치는 모두 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 바닥상태 2, 3주기 원자 X~Z의 전자 배치에 대한 자료이다.

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

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

보기

ㄱ. 2주기 원소는 2가지이다.
ㄴ. Y와 Z는 같은 족 원소이다.
ㄷ. 전기를 잘 통하는 원소는 2가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2 원소의 주기적 성질

핵심 포인트

1. 유효 핵전하, 원자 반지름과 이온 반지름 비교 ★★★
2. 이온화 에너지 크기 비교 ★★★
3. 순차 이온화 에너지와 원자가 전자 ★★★

A 유효 핵전하

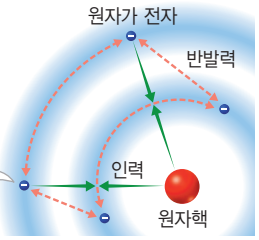
궁금해?

같은 전자 껍질에 있는 전자끼리 어떻게 가려막기 효과가 나타날까?

보어 원자 모형으로 생각하면 같은 전자 껍질에 있는 전자들은 원자핵으로부터 같은 거리에 있기 때문에 가려막기 효과가 거의 없을 것으로 생각하기 쉽다. 하지만 현대 원자 모형에서는 같은 전자 껍질에 있는 전자도 한 전자가 다른 전자보다 원자핵에 가까운 위치에 존재할 확률이 있으므로 가려막기 효과가 나타난다.

1. 가려막기 효과 다전자 원자에서 전자 사이의 반발력이 작용하여 전자와 원자핵 사이의 인력을 약하게 만드는 현상

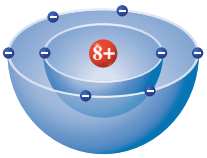
같은 전자 껍질에 있는 전자의 가려막기 효과는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자의 가려막기 효과보다 작다.



가려막기 효과

2. 유효 핵전하

(1) **유효 핵전하**: 다전자 원자에서 전자는 가려막기 효과 때문에 양성자수에 따른 핵전하보다 작은 핵전하를 느끼게 되는데, 이때 전자가 실제로 느끼는 핵전하를 유효 핵전하라고 한다.

원자	수소($_1$H)	헬륨($_2$He)	산소($_8$O)
전자 배치 모형			
핵전하	1	2	8
원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하	1.0	1.7	4.5
까닭	핵전하를 가리는 전자가 없으므로 유효 핵전하는 +1이다.	같은 전자 껍질의 전자 1개가 가리므로 유효 핵전하는 +2보다 작다.	안쪽 전자 껍질의 전자 2개와 같은 전자 껍질의 전자 5개가 가리므로 유효 핵전하는 +8보다 작다.

(2) **유효 핵전하의 주기성**

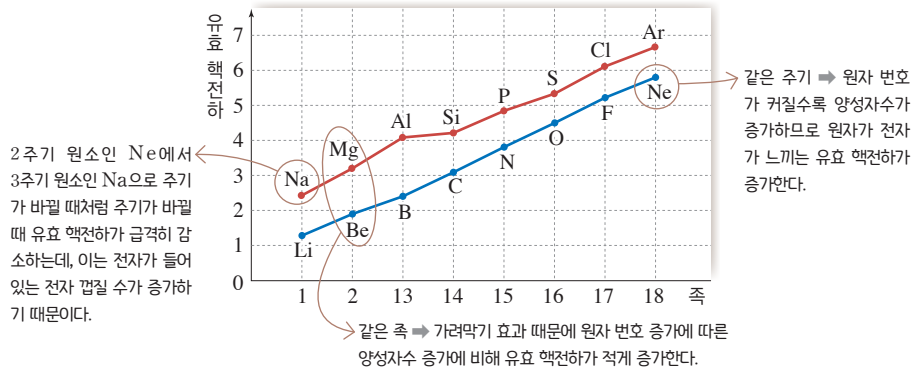
① 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다. ➡ 원자 번호 증가에 따른 핵전하의 증가가 가려막기 효과의 증가보다 크기 때문이다.

② 같은 족: 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다.

암기해!

유효 핵전하의 주기성
- 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하 증가
- 핵전하가 1 증가하여 주기가 증가할 때 유효 핵전하 급격히 감소

2, 3주기 원소의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하

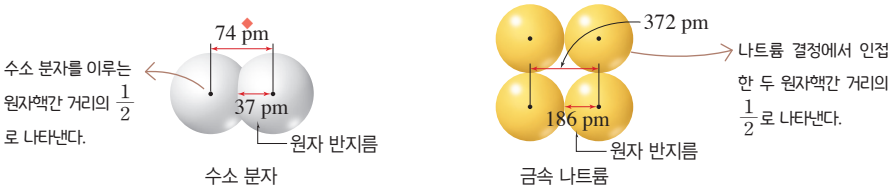


B 원자 반지름과 이온 반지름

1. 원자 반지름 131쪽 대표 자료 1

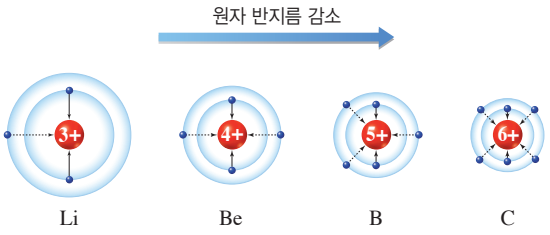
(1) **원자 반지름**: 같은 종류의 두 원자가 결합하고 있을 때 두 원자핵간 거리의 $\frac{1}{2}$이다.

수소와 나트륨의 원자 반지름

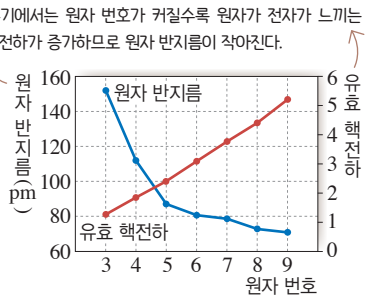


(2) **원자 반지름의 주기성**

① 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아진다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 같지만 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 커지기 때문이다.

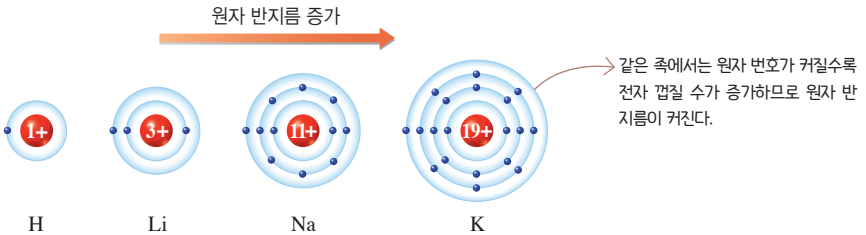


2주기 원소의 원자 반지름



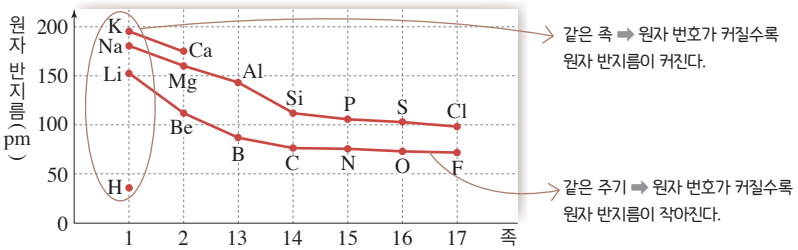
유효 핵전하와 원자 반지름

② 같은 족: 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커진다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 커지는 효과가 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 증가보다 크기 때문이다.



1족 원소의 원자 반지름

원자 반지름의 주기성



주의해!

비활성 기체의 원자 반지름

비활성 기체는 결합을 형성하지 않기 때문에 원자 반지름을 다른 원소들과 같은 방법으로 측정할 수 없다. 따라서 비활성 기체의 원자 반지름은 다른 원소와 직접 비교할 수 없다.

◆ **pm(피코미터)**

$1\ \text{pm} = 10^{-12}\ \text{m}$

◆ **원자 반지름의 변화에 영향을 미치는 요인**

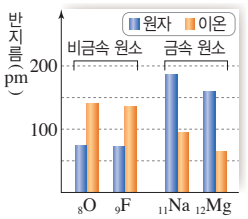
- 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 전자 수가 증가하여 원자 반지름을 크게 하는 전자 사이의 반발력이 증가하지만, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 증가가 더 큰 영향을 미치므로 원자 반지름이 작아진다.
- 같은 족: 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하여 원자 반지름이 작아지지만 전자 껍질 수의 증가가 더 큰 영향을 미치므로 원자 반지름이 커진다.

암기해!

원자 반지름의 주기성

- 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 감소
- 같은 족: 원자 번호가 커질수록 증가

◆ 이온 반지름과 원자 반지름의 비교

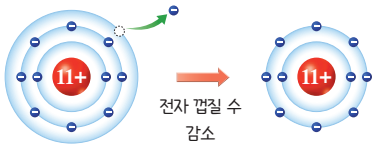
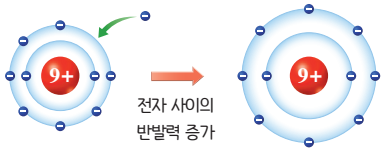


암기해!

금속 원소와 비금속 원소
- 금속 원소: 원자 반지름 > 이온 반지름
- 비금속 원소: 원자 반지름 < 이온 반지름

2. 이온 반지름 131쪽 대표 자료 1

(1) ◆이온 반지름

양이온 반지름	음이온 반지름
• 원자가 전자를 잃고 양이온이 되면 반지름이 감소한다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 감소하기 때문이다. • 금속 원소: 양이온이 되기 쉽다. ➡ 원자 반지름 > 이온 반지름	• 원자가 전자를 얻어 음이온이 되면 반지름이 증가한다. ➡ 전자 수가 증가하여 전자 사이의 반발력이 증가하기 때문이다. • 비금속 원소: 음이온이 되기 쉽다. ➡ 원자 반지름 < 이온 반지름
 Na Na^+	 F F^-

(2) 이온 반지름의 주기성

① 같은 주기: 양이온과 음이온의 반지름은 모두 원자 번호가 커질수록 작아진다. ➡ 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하기 때문이다.

예 • 양이온: $_{11}Na^+ > {}_{12}Mg^{2+} > {}_{13}Al^{3+}$ • 음이온: $_8O^{2-} > {}_9F^-$

② 같은 족: 양이온과 음이온의 반지름은 모두 원자 번호가 커질수록 커진다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하기 때문이다.

예 • 양이온: $_3Li^+ < {}_{11}Na^+ < {}_{19}K^+$ • 음이온: $_9F^- < {}_{17}Cl^- < {}_{35}Br^-$

2, 3주기 원소의 원자 반지름과 이온 반지름

주기 \ 족	1족	2족	16족	17족
2주기	Li 152, Li^+ 60	Be 112, Be^{2+} 31	O 73, O^{2-} 140	F 71, F^- 136
3주기	Na 186, Na^+ 95	Mg 160, Mg^{2+} 65	S 103, S^{2-} 184	Cl 99, Cl^- 181

(단위: pm)

같은 주기에서 양이온 반지름 < 음이온 반지름 ➡ 같은 주기에서 양이온은 음이온보다 전자 껍질이 1개 적기 때문이다.

◆ 등전자 이온
전자 수가 같은 이온으로 동일한 비활성 기체의 전자 배치를 갖는다.
➡ 2주기 비금속 원소의 음이온과 3주기 금속 원소의 양이온, 3주기 비금속 원소의 음이온과 4주기 금속 원소의 양이온은 등전자 이온이다.

(3) ◆등전자 이온의 반지름: 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가하여 반지름이 작아진다.

예 $\underbrace{_8O^{2-} > {}_9F^-}_{\text{2주기 음이온}} > \underbrace{_{11}Na^+ > {}_{12}Mg^{2+}}_{\text{3주기 양이온}}$ (전자 껍질 수 2, 전자 수 10)

$\underbrace{_{16}S^{2-} > {}_{17}Cl^-}_{\text{3주기 음이온}} > \underbrace{_{19}K^+ > {}_{20}Ca^{2+}}_{\text{4주기 양이온}}$ (전자 껍질 수 3, 전자 수 18)

(4) 원자 반지름과 이온 반지름에 영향을 주는 요인 — 전자 껍질 수가 가장 큰 영향을 미친다.

유효 핵전하	전자가 들어 있는 전자 껍질 수	전자 수
유효 핵전하가 클수록 반지름이 작다. ➡ 원자핵과 전자 사이의 인력이 크기 때문이다.	전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 클수록 반지름이 크다.	전자 수가 클수록 반지름이 크다. ➡ 전자 사이의 반발력이 크기 때문이다.
예 $_9F^- > {}_{11}Na^+$ 전자 껍질 수, 전자 수는 동일	예 $_{11}Na > {}_{11}Na^+$ 핵전하는 동일	예 $_9F^- > {}_9F$ 핵전하, 전자 껍질 수는 동일

정답친해 58쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 다전자 원자에서 전자 사이의 반발력이 작용하여 전자와 원자핵 사이의 인력을 약하게 만드는 현상
- (❷): 전자가 느끼는 실제 핵전하로, 다전자 원자에서는 양성자수에 따른 핵전하보다 작다.
  - 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 (❸)한다.
  - 같은 족: 원자 번호가 커질수록 (❹)한다.
- 원자 반지름
  - 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 (❺)진다. ➡ 원자가 전자가 느끼는 (❻)가 증가하기 때문
  - 같은 족: 원자 번호가 커질수록 (❼)진다. ➡ 전자가 들어 있는 (❽)가 증가하기 때문
- 이온 반지름
  - 금속 원소: 원자 반지름 (❾) 양이온 반지름
  - 비금속 원소: 원자 반지름 (❿) 음이온 반지름
  - 등전자 이온의 반지름: 원자 번호가 커질수록 반지름이 (⓫)진다.
- 원자 반지름과 이온 반지름에 영향을 주는 요인: (⓬), 전자가 들어 있는 (⓭), 전자 수

1 유효 핵전하에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

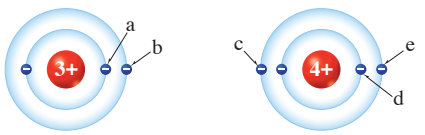
(1) 수소($_1$H)의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 +1이다. ( )

(2) 플루오린($_9$F)의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 +9보다 크다. ( )

(3) 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 염소($_{17}$Cl)가 나트륨($_{11}$Na)보다 크다. ( )

(4) 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 리튬($_3$Li)이 나트륨($_{11}$Na)보다 크다. ( )

2 그림은 리튬(Li)과 베릴륨(Be)의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) a가 느끼는 유효 핵전하는 b보다 크다. ( )

(2) b가 느끼는 유효 핵전하는 e보다 크다. ( )

(3) c와 e가 느끼는 유효 핵전하는 같다. ( )

(4) e에 대한 가려막기 효과는 d가 c보다 크다. ( )

3 다음 원자 또는 이온의 반지름을 비교하여 ( ) 안에 알맞은 부등호를 쓰시오.

(1) Li ( ) Na (2) Na ( ) Cl

(3) Na ( ) Na^+ (4) F ( ) F^-

4 표는 2주기 원소 A~D의 원자 반지름과 이온 반지름에 대한 자료이다. (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

원소	A	B	C	D
원자 반지름(pm)	152	112	73	71
이온 반지름(pm)	60	31	140	136

(1) 금속 원소를 있는 대로 쓰시오.

(2) 음이온이 되기 쉬운 원소를 있는 대로 쓰시오.

(3) 원자 번호가 가장 큰 원소를 쓰시오.

(4) D의 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 것에 영향을 주는 요인을 쓰시오.

5 리튬(Li)과 플루오린(F)의 성질 비교로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. 금속성: Li>F

ㄴ. 원자 반지름: Li>F

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하: Li>F

ㄹ. 이온 반지름: Li^+>F^-

C 이온화 에너지

1. 이온화 에너지

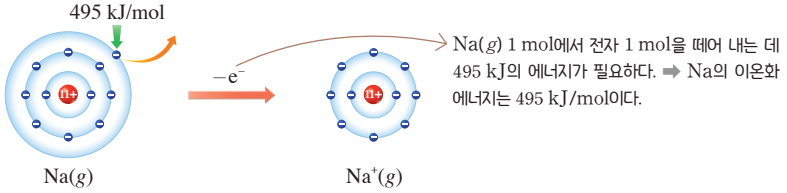
(1) ◆**이온화 에너지**: 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자 1 mol을 떼어 내는 데 필요한 최소 에너지

$$M(g)+E \longrightarrow M^+(g)+e^-\ (E\text{: 이온화 에너지})$$ ← 항상 양의 값이다.

① 원자핵과 전자 사이의 인력이 클수록 이온화 에너지가 크다.

② 이온화 에너지가 작은 원소일수록 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

나트륨의 이온화 에너지

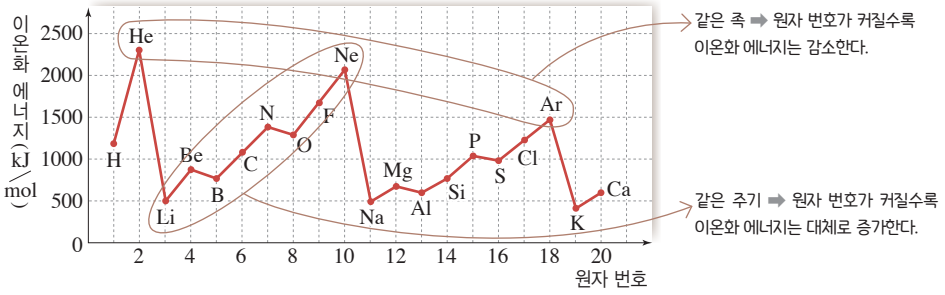


(2) **이온화 에너지의 주기성**

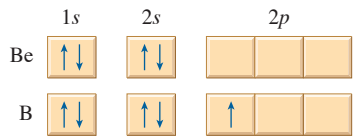
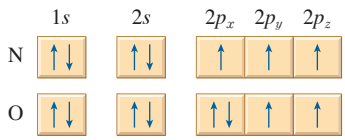
① 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지는 대체로 증가한다. ➡ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 증가하기 때문이다.

② 같은 족: 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지는 감소한다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 감소하기 때문이다.

이온화 에너지의 주기성



③ 이온화 에너지 주기성의 예외: 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 대체로 이온화 에너지가 증가하지만, 전자 배치의 특성 때문에 2족과 13족 원소, 15족과 16족 원소에서는 예외적인 경향이 나타난다.

2족 원소>13족 원소(예 Be>B)	15족 원소>16족 원소(예 N>O)
	
에너지가 높은 2*p* 오비탈에 전자가 있는 13족 원소(B)가 에너지가 낮은 2*s* 오비탈에 전자가 있는 2족 원소(Be)보다 전자를 떼어 내기 쉽다.	16족 원소(O)는 2*p* 오비탈에 쌍을 이룬 전자 사이의 반발력 때문에 홀전자만 있는 15족 원소(N)보다 전자를 떼어 내기 쉽다.

주의해!

이온화 에너지

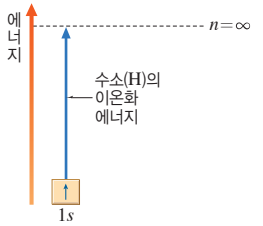
이온화 에너지는 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 이온을 만드는 데 필요한 에너지가 아니라, 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자 1 mol을 떼어 내는 데 필요한 에너지이다.

예를 들어 Mg의 이온화 에너지는 $Mg(g)$을 $Mg^{2+}(g)$으로 만드는 데 필요한 에너지가 아니라, $Mg(g)$을 $Mg^+(g)$으로 만드는 데 필요한 에너지이다.

YBM 교과서에만 나와요.

◆ **이온화 에너지**

이온화 에너지는 바닥상태에서 원자가 전자를 $n=\infty$로 전이시키는 데 필요한 에너지와 같다.



수소(H)의 이온화 에너지

암기해!

이온화 에너지의 주기성

- 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지 대체로 증가 (예외: 2족>13족, 15족>16족)
- 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지 감소

2. 순차 이온화 에너지 131쪽 대표 자료 ❷

(1) **순차 이온화 에너지**: 기체 상태의 다전자 원자 1 mol에서 전자를 1 mol씩 차례로 떼어 낼 때 각 단계마다 필요한 에너지

- $M(g)+E_1 \longrightarrow M^+(g)+e^-$ (E_1: 제1 이온화 에너지)
  - 첫 번째 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지
- $M^+(g)+E_2 \longrightarrow M^{2+}(g)+e^-$ (E_2: 제2 이온화 에너지)
  - 두 번째 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지
- $M^{2+}(g)+E_3 \longrightarrow M^{3+}(g)+e^-$ (E_3: 제3 이온화 에너지)
  - 세 번째 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지

(2) **순차 이온화 에너지의 크기**: 차수가 커질수록 이온화 에너지가 증가한다. ➡ 전자 수가 작아질수록 전자 사이의 반발력이 작아져 유효 핵전하가 증가하기 때문이다.

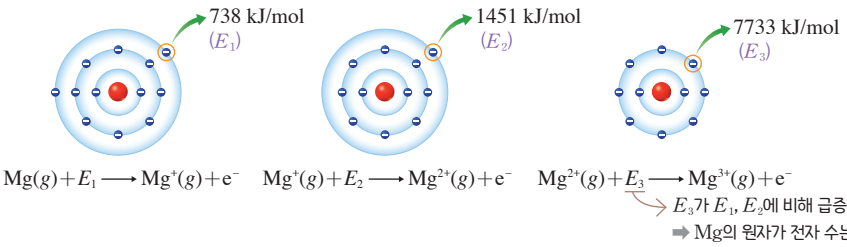
예 나트륨(Na)의 순차 이온화 에너지(kJ/mol)

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
496	4562	6910	9546	13400

- 순차 이온화 에너지: $E_1<E_2<E_3<E_4<E_5$ …

(3) **순차 이온화 에너지와 원자가 전자**: 순차 이온화 에너지가 급격하게 증가하기 전까지의 전자 수가 원자가 전자 수이다. ➡ 원자가 전자를 모두 떼어 내고 안쪽 전자 껍질에 있는 전자를 떼어 낼 때 이온화 에너지가 급격히 증가하기 때문이다.

마그네슘(Mg)의 순차 이온화 에너지



탐구 자료창 순차 이온화 에너지와 원자가 전자 수

표는 몇 가지 원소의 순차 이온화 에너지를 나타낸 것이다.

원소	순차 이온화 에너지(kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	496	4562	6910	9546
B	738	1451	7733	10542
C	578	1817	2745	11578

1. 차수가 커질수록 이온화 에너지가 증가한다. ➡ 원자핵과 전자 사이의 인력 증가 때문
2. A의 순차 이온화 에너지: $E_1 \ll E_2<E_3<E_4$ ➡ 원자가 전자 수 1
3. B의 순차 이온화 에너지: $E_1<E_2 \ll E_3<E_4$ ➡ 원자가 전자 수 2
4. C의 순차 이온화 에너지: $E_1<E_2<E_3 \ll E_4$ ➡ 원자가 전자 수 3

확인 문제 **1** A~C 중 가장 양이온이 되기 쉬운 원소를 쓰시오.

2 C가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되는 데 필요한 에너지를 구하시오. (단, E_1~E_4로 나타낸다.)

암기해!

이온화 에너지와 원자가 전자 수

n번째 전자를 떼어 낼 때 이온화 에너지(E_n)가 급증하면 원자가 전자 수는 $n-1$이다.

암기해!

원소의 주기적 성질

- 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록: 금속성 증가, 양이온이 되기 쉬움, 이온화 에너지 감소
- 주기율표에서 오른쪽 위로 갈수록: 비금속성 증가, 음이온이 되기 쉬움, 이온화 에너지 증가(단, 비금속성, 음이온의 경향성에서 18족은 제외)

확인 문제 답

1 A

2 $E_1+E_2+E_3$

정답친해 58쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자 1 mol을 떼어 내는 데 필요한 최소 에너지
  - 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 대체로 (❷)한다.
  - 같은 족: 원자 번호가 커질수록 (❸)한다.
- 순차 이온화 에너지: 기체 상태의 다전자 원자 1 mol에서 전자를 1 mol씩 차례로 떼어 낼 때 각 단계마다 필요한 에너지
  - 차수가 증가할수록 이온화 에너지는 (❹)한다.
  - 원자가 전자를 모두 떼어 내고 안쪽 전자 껍질에 있는 전자를 떼어 낼 때 이온화 에너지가 급격하게 증가하므로 (❺)를 알 수 있다.

1 이온화 에너지에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

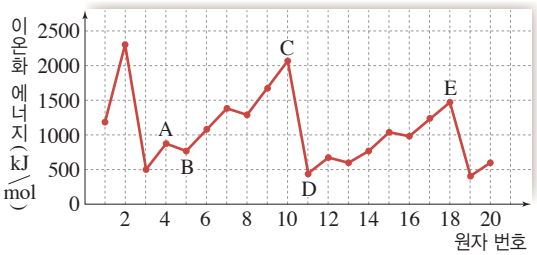
(1) 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 큰 원소일수록 대체로 이온화 에너지가 작다. ( )

(2) 같은 주기인 경우 이온화 에너지는 금속 원소가 비금속 원소보다 크다. ( )

(3) 이온화 에너지가 작은 원소일수록 양이온이 되기 쉽다. ( )

(4) 차수가 증가할수록 순차 이온화 에너지는 감소한다. ( )

2 그림은 원자 번호에 따른 이온화 에너지를 나타낸 것이다. (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)



(1) A와 같은 주기에 속하는 원소를 있는 대로 쓰시오.

(2) C와 같은 족에 속하는 원소를 쓰시오.

(3) 가장 양이온이 되기 쉬운 원소를 쓰시오.

3 이온화 에너지의 크기를 비교하여 ( ) 안에 알맞은 부등호를 쓰시오.

(1) Li ( ) F (2) Na ( ) K

(3) Be ( ) B (4) P ( ) S

4 다음은 원소 M과 관련된 2가지 반응식이다.

- $M(g)+E_1 \longrightarrow M^+(g)+e^-$
- $M^+(g)+E_2 \longrightarrow M^{2+}(g)+e^-$

이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오. (단, M은 임의의 원소 기호이며, E_1, E_2는 순차 이온화 에너지이다.)

(1) E_1는 E_2보다 크다. ( )

(2) E_2는 Na이 Mg보다 크다. ( )

5 원소 X의 순차 이온화 에너지(kJ/mol)가 E_1=578, E_2=1817, E_3=2745, E_4=11578, E_5=14800이다. X의 원자가 전자 수를 쓰시오. (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

6 표는 3주기 원소 A와 B의 순차 이온화 에너지이다.

원소	순차 이온화 에너지(kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	496	4562	6910	9546
B	738	1451	7733	10542

이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오. (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

(1) A와 B는 같은 족 원소이다. ( )

(2) A는 B보다 양이온이 되기 쉽다. ( )

(3) 원자 번호는 A가 B보다 크다. ( )

(4) B가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되는 데 필요한 에너지는 738 kJ/mol이다. ( )

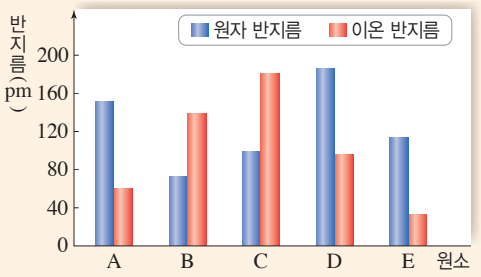
대표 자료 분석

정답친해 59쪽

자료 ❶ 원자 반지름과 이온 반지름

기출 Point
- 원자 반지름과 이온 반지름 비교
- 원자 반지름과 이온 반지름으로부터 금속, 비금속 원소 구분

[1~3] 그림은 원소 A~E의 원자 반지름과 이온 반지름을 나타낸 것이다. (단, A~E는 각각 Li, Be, O, Na, Cl 중의 하나이다.)



1 금속 원소를 있는 대로 쓰시오.

2 2주기에 속하는 원소를 있는 대로 쓰시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 A 이온과 B 이온의 전자 배치는 같다. ····· (○ / ×)

(2) B의 이온 반지름이 D의 이온 반지름보다 크다. ····· (○ / ×)

(3) A의 원자 반지름이 이온 반지름보다 큰 것은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수 차이 때문이다. ····· (○ / ×)

(4) C의 원자 반지름이 이온 반지름보다 작은 것은 전자 수 차이 때문이다. ····· (○ / ×)

(5) 이온 반지름이 D가 C보다 작은 것은 유효 핵전하 때문이다. ····· (○ / ×)

(6) 황(S)의 이온 반지름은 B의 이온 반지름보다 크다. ····· (○ / ×)

(7) 플루오린(F)의 이온 반지름은 B의 이온 반지름보다 크고, D의 이온 반지름보다 작다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 순차 이온화 에너지

기출 Point
- 순차 이온화 에너지와 원자가 전자
- 순차 이온화 에너지의 크기 비교

[1~4] 표는 2, 3주기에 속하는 원소 A~D의 순차 이온화 에너지이다. (단, A~D는 임의의 원소 기호이며, 3가지 원소는 같은 주기에 속한다.)

원소	순차 이온화 에너지(kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	520	7298	11875	–
B	899	1757	14849	21007
C	801	x	3660	25026
D	738	1451	7733	10542

1 같은 족에 속하는 원소를 있는 대로 쓰시오.

2 같은 주기에 속하는 3가지 원소를 쓰시오.

3 C의 바닥상태 전자 배치를 쓰시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 C이다. ····· (○ / ×)

(2) x는 1757보다 작다. ····· (○ / ×)

(3) D가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되기 위해 필요한 에너지는 738 kJ/mol이다. ····· (○ / ×)

(4) 비활성 기체의 전자 배치를 갖기 가장 쉬운 원소는 A이다. ····· (○ / ×)

(5) B가 C보다 제1 이온화 에너지가 큰 것은 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하 때문이다. ····· (○ / ×)

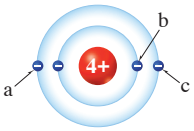
(6) 원자 반지름이 가장 작은 것은 C이다. ····· (○ / ×)

(7) 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 A가 B보다 크다. ····· (○ / ×)

내신 만점 문제

A 유효 핵전하

중요 **01** 그림은 베릴륨(Be) 원자의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.

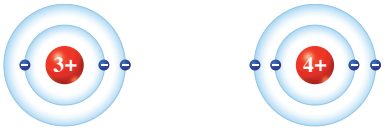


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. b가 느끼는 유효 핵전하는 +4이다.
ㄴ. b가 느끼는 유효 핵전하는 c보다 크다.
ㄷ. c에 대한 핵전하의 가려막기 효과는 a가 b보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **02** 그림은 리튬(Li)과 베릴륨(Be)의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.



원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 Be이 Li보다 큰 까닭을 서술하시오.

B 원자 반지름과 이온 반지름

03 원자나 이온 반지름의 크기를 각각 비교한 것으로 옳지 않은 것은?

① $Li < Na$ ② $Li > Be$ ③ $K > K^+$
④ $O < O^{2-}$ ⑤ $F^- < Na^+$

04 그림은 원자 번호가 1~20인 원소를 주기율표로 나타낸 것이다.

H							He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca						

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 작은 원소는 H이다.
ㄴ. 원자 반지름이 가장 큰 원소는 Ca이다.
ㄷ. 가장 양이온이 되기 쉬운 원소는 K이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 몇 가지 원자와 이온의 반지름 크기를 비교한 것이다.

(가) $Na > Na^+$
(나) $F < F^-$
(다) $Mg^{2+} < O^{2-}$

유효 핵전하와 전자 껍질 수가 각각 반지름에 영향을 미치는 주된 요인인 경우를 옳게 짝 지은 것은?

	유효 핵전하	전자 껍질 수
①	(가)	(나)
②	(가)	(다)
③	(나)	(다)
④	(다)	(가)
⑤	(다)	(나)

정답친해 60쪽

06 다음은 원자 A~D의 전자 배치를 나타낸 것이다.

• A: $1s^2 2s^1$	• B: $1s^2 2s^2 2p^4$
• C: $1s^2 2s^2 2p^5$	• D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

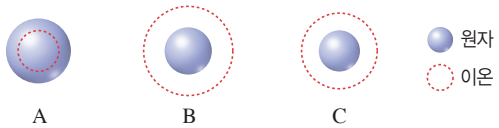
A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 2주기 원소는 2가지이다.
ㄴ. 원자 반지름이 가장 작은 원자는 C이다.
ㄷ. Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 C>D이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

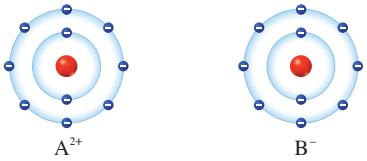
07 그림은 3주기 원소 A~C의 원자와 각 원자가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온일 때의 크기 변화를 모형으로 나타낸 것이다.



A~C에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

① A는 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.
② B는 음이온이 되기 쉽다.
③ B와 C는 비금속 원소이다.
④ 원자 번호는 C가 A보다 크다.
⑤ A, B, C 이온의 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 모두 같다.

중요 **08** 그림은 A^{2+}과 B^-의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. B의 원자가 전자 수는 1이다.
ㄴ. A와 B는 같은 주기 원소이다.
ㄷ. 원자 반지름은 A가 B보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **09** 표는 2주기 원소 A~D의 원자 반지름과 이온 반지름이다.

원소	A	B	C	D
원자 반지름(pm)	152	112	73	71
이온 반지름(pm)	60	31	140	136

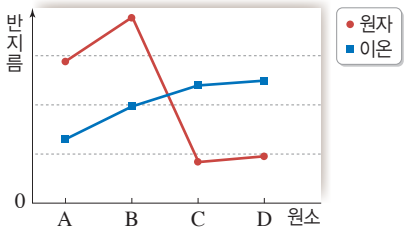
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A와 B는 비금속 원소이다.
ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 것은 C이다.
ㄷ. D의 이온은 음이온이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **10** 그림은 2, 3주기 원소 A~D의 원자 반지름과 이온 반지름을 나타낸 것이다.



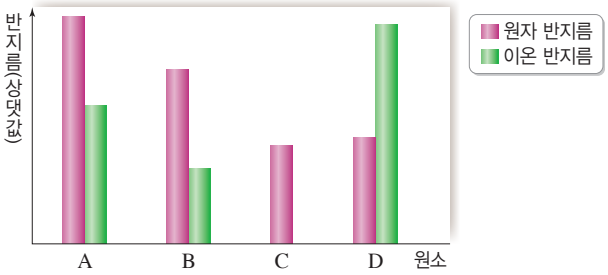
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이고, A~D 이온의 전자 배치는 모두 Ne과 같다.)

보기

ㄱ. A와 B는 2주기 원소이다.
ㄴ. 원자가 전자 수가 가장 작은 것은 B이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 C가 D보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

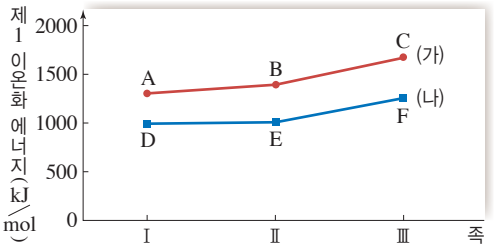
서술형 **11** 그림은 3주기 원소 A~D의 원자 반지름과 이온 반지름을 상댓값으로 나타낸 것이다.



비활성 기체의 전자 배치를 갖는 A 이온과 C 이온의 반지름을 비교하고, 그 판단 근거를 서술하시오. (단, A~D는 임의의 원소 기호이고, C 이온의 반지름은 나타내지 않았다.)

C 이온화 에너지

12 그림은 2, 3주기 원소 A~F의 족에 따른 제1 이온화 에너지를 나타낸 것이다.



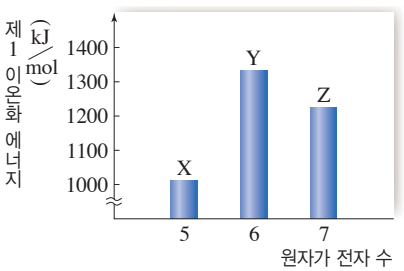
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~F는 임의의 원소 기호이고, Ⅰ~Ⅲ은 각각 15족~17족 중 하나이다.)

보기

ㄱ. (가)는 2주기 원소이다.
ㄴ. (가)에서 원자 반지름은 A>B>C 순이다.
ㄷ. (나)에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 것은 F이다.

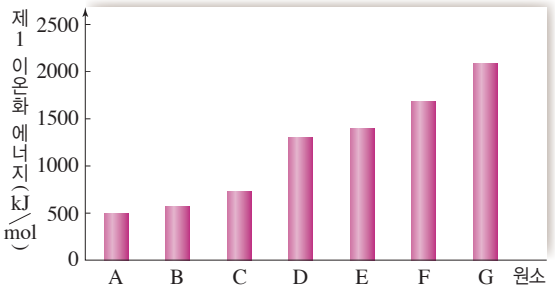
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **13** 그림은 2, 3주기 원소 X~Z의 제1 이온화 에너지를 나타낸 것이다.



X~Z 중 원자 번호가 가장 작은 원소를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오. (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

중요 **14** 그림은 원소 A~G의 제1 이온화 에너지를 나타낸 것이다. A~G의 원자 번호는 각각 7~13 중 하나이다.



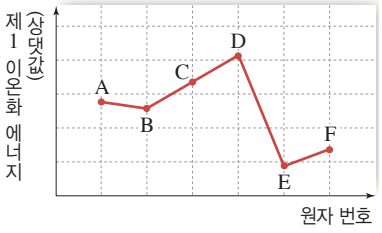
A~G에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~G는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 원자 번호는 B가 가장 크다.
ㄴ. 원자 반지름은 D가 E보다 크다.
ㄷ. 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름이 가장 작은 것은 A이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림은 원자 번호가 연속인 2, 3주기 원소 A~F의 제1 이온화 에너지를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~F는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. E와 F는 3주기 원소이다.
ㄴ. 제2 이온화 에너지는 B>A이다.
ㄷ. Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 C>E이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **16** 표는 3주기 원소 A~C의 순차 이온화 에너지에 대한 자료이다.

원소	순차 이온화 에너지(kJ/mol)				
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
A	496	4562	6910	9546	13400
B	x	1817	2745	11578	14800
C	738	1451	7733	10542	13600

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

보기

ㄱ. x는 738보다 작다.
ㄴ. 원자가 전자 수는 A<C<B이다.
ㄷ. C의 안정한 산화물의 화학식은 C_2O이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2	A						B	C
3		D	E			F		

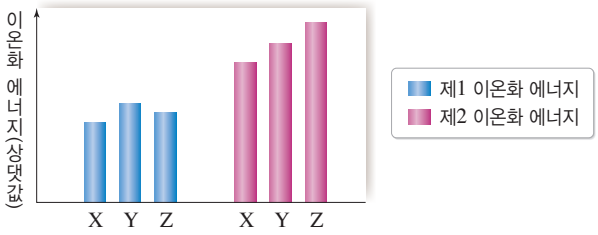
A~F에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~F는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 C이다.
ㄴ. 원자 반지름이 가장 큰 원소는 D이다.
ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$는 E>A이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 그림은 원자 번호가 연속인 2주기 원자 X~Z의 제1, 제2 이온화 에너지를 나타낸 것이다. 원자 번호는 X<Y<Z이다.



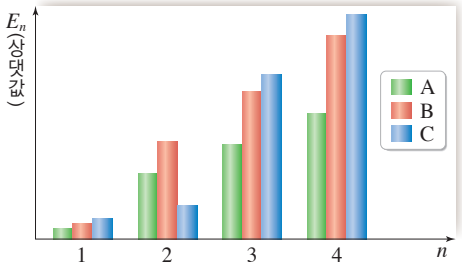
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. Y는 Be이다.
ㄴ. 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 X와 Z가 같다.
ㄷ. 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Z>Y이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 그림은 3, 4주기 금속 원소 A~C의 순차 이온화 에너지(E_n)를 나타낸 것이다.



A~C에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이며, n은 순차 이온화 에너지의 차수이다.)

① A는 4주기 원소이다.
② 원자 번호가 가장 작은 것은 B이다.
③ C의 원자가 전자 수는 2이다.
④ 원자 반지름은 A가 B보다 작다.
⑤ A와 B는 화학적 성질이 비슷하다.

20 다음은 원자 A~D에 대한 자료이다. A~D의 원자 번호는 각각 7, 8, 12, 13 중 하나이고, A~D의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.

- 이온 반지름은 C가 가장 크다.
- 제2 이온화 에너지는 D가 가장 크다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B>A이다.

A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 원자 반지름이 가장 큰 것은 A이다.
ㄴ. 제2 이온화 에너지는 A>B이다.
ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$는 C>D이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

21 다음은 원자 번호가 연속인 2주기 바닥상태 원자 A~D에 대한 자료이다. A~D는 원자 번호 순서가 아니다.

- 전자가 들어 있는 오비탈 수는 모두 같다.
- 홀전자 수는 D가 A의 2배이다.
- 제2 이온화 에너지의 크기는 D>B이다.

A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

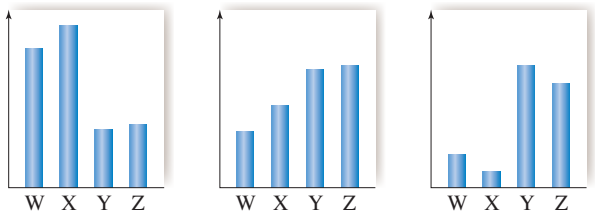
ㄱ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 A이다.
ㄴ. 제1 이온화 에너지가 가장 작은 것은 D이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 것은 C이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 64쪽

01 그림은 원소 W~Z의 원자가 전자 수, 원자 반지름, 이온 반지름을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 원자가 전자 수, 원자 반지름, 이온 반지름 중 하나이고, W~Z는 O, F, Na, Mg 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z의 이온의 전자 배치는 Ne과 같다.)

보기

ㄱ. X는 Na이다.
ㄴ. (가)는 원자 반지름이다.
ㄷ. 원자 반지름이 큰 원소일수록 이온 반지름이 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 2, 3주기 원소 A~C에 대한 자료이다.

- A와 B는 같은 족 원소이다.
- 바닥상태에서 A~C의 홀전자 수의 합은 7이다.
- 제2 이온화 에너지는 A>B>C 순이다.
- B와 C는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수가 같다.

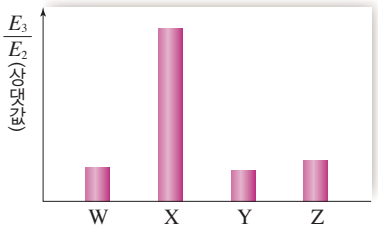
A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A는 O이다.
ㄴ. 제1 이온화 에너지가 가장 작은 것은 B이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B>C이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 원자 번호가 연속인 2주기 원자 W~Z의 $\frac{\text{제3 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}\left(\frac{E_3}{E_2}\right)$를 나타낸 것이다. 원자 번호는 W<X<Y<Z이다.



W~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 제1 이온화 에너지(E_1)는 Y>X이다.
ㄴ. 제2 이온화 에너지(E_2)는 W>Y>Z>X이다.
ㄷ. 바닥상태에서 홀전자 수가 가장 큰 것은 Z이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 원소 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 원자 번호 7~13 중 하나이다.

- $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$>1인 원소는 (가), (나)이다.
- 제2 이온화 에너지는 (다)>(나)>(가)이다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (가)>(나)>(다)이다.

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 제1 이온화 에너지가 가장 큰 것은 (가)이다.
ㄴ. 원자 반지름이 가장 작은 것은 (나)이다.
ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 가장 큰 것은 (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원

핵심 정리

1 주기율표

1. 주기율표

(1) 주기율표가 만들어지기까지의 과학자

과학자	내용
되베라이너	화학적 성질이 비슷한 세 쌍 원소를 원자량 순으로 나열했을 때 중간 원소의 원자량은 나머지 원소의 원자량을 평균한 값과 같다. ➡ 세 쌍 원소설
뉴랜즈	원소들을 원자량 순으로 배열했을 때 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타난다. ➡ 옥타브설
멘델레예프	원소들을 (❶) 순으로 배열했을 때 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타나는 것을 발견하고 최초의 주기율표를 작성하였다.
모즐리	원소들을 (❷) 순으로 배열하여 현대 주기율표의 틀을 만들었다.

(2) 현대의 주기율표: 원소들을 (❸) 순으로 배열한 표

족	주기율표의 세로줄(1족~18족) ➡ 같은 족 원소들은 (❹)가 같아 화학적 성질이 비슷하다.
주기	주기율표의 가로줄(1주기~7주기) ➡ 같은 주기 원소들은 전자가 들어 있는 (❺)가 같다.
주기율이 나타나는 까닭	원자 번호의 증가에 따라 (❻)가 주기적으로 변하기 때문이다.

2. 원소의 분류

(1) 금속 원소와 비금속 원소

구분	금속 원소	비금속 원소
주기율표에서의 위치	왼쪽과 가운데	오른쪽 (단, 수소는 왼쪽)
이온 형성	전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.	전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다. (단, 18족 제외)
실온에서의 상태	고체(단, 수은은 액체)	기체, 고체(단, 브로민은 액체)
열, 전기 전도성	열과 전기를 잘 통한다.	열과 전기를 잘 통하지 않는다.

(2) 동족 원소

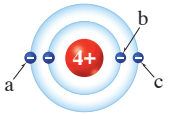
(❼)	(❽)	비활성 기체
수소를 제외한 1족 원소로 +1의 양이온이 되기 쉽다.	17족 원소로 −1의 음이온이 되기 쉽다.	18족 원소로 반응성이 거의 없고 실온에서 기체 상태이다.

2 원소의 주기적 성질

1. 유효 핵전하

(1) 가려막기 효과: 다전자 원자에서 전자 사이의 반발력이 작용하여 전자와 원자핵 사이의 인력을 약하게 만드는 현상

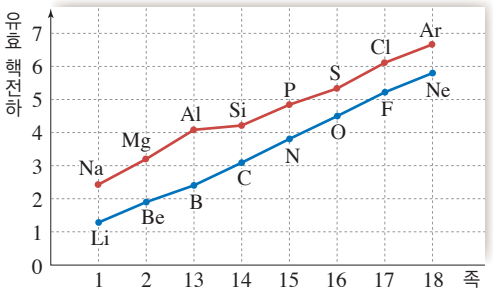
- 같은 전자 껍질에 있는 전자의 가려막기 효과는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자의 가려막기 효과보다 작다.



전자 c에 대한 가려막기 효과
➡ a < b

(2) 유효 핵전하: 전자가 실제로 느끼는 핵전하

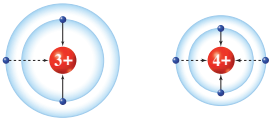
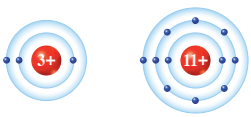
구분	유효 핵전하의 주기성
같은 주기	원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 (❾)한다. ➡ 핵전하의 증가가 가려막기 효과의 증가보다 크기 때문이다.
같은 족	원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 (❿)한다.

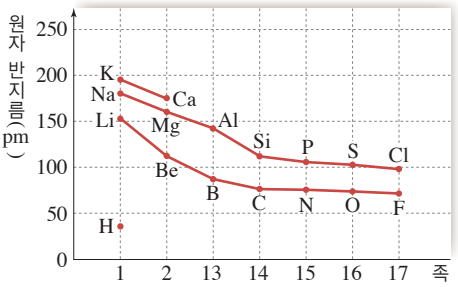


유효 핵전하의 주기성

2. 원자 반지름과 이온 반지름

(1) 원자 반지름: 같은 종류의 두 원자가 결합하고 있을 때 두 원자핵 간 거리의 $\frac{1}{2}$이다.

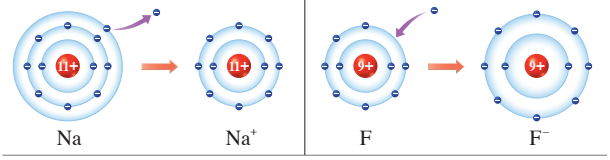
같은 주기	같은 족
원자 번호가 커질수록 (⓫) 진다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 같지만 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 증가하기 때문이다.	원자 번호가 커질수록 (⓬) 진다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 커지는 효과가 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 증가보다 크기 때문이다.
	



원자 반지름의 주기성

(2) 이온 반지름

양이온 반지름	음이온 반지름
원자 반지름보다 (⑬) 다. ➡ 금속 원소가 양이온이 되면 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 작아지기 때문이다.	원자 반지름보다 (⑭) 다. ➡ 비금속 원소가 음이온이 되면 전자 수가 커져 전자 사이의 반발력이 증가하기 때문이다.



① 이온 반지름의 주기성

같은 주기	같은 족
양이온과 음이온의 반지름은 모두 원자 번호가 커질수록 작아진다. ➡ 유효 핵전하가 증가하기 때문이다.	양이온과 음이온의 반지름은 모두 원자 번호가 커질수록 커진다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하기 때문이다.

주기 \ 족	1족	2족	16족	17족
2주기	Li 152 / Li^+ 60	Be 112 / Be^{2+} 31	O 73 / O^{2-} 140	F 71 / F^- 136
3주기	Na 186 / Na^+ 95	Mg 160 / Mg^{2+} 65	S 103 / S^{2-} 184	Cl 99 / Cl^- 181

(단위: pm)

② 등전자 이온의 반지름: 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가하여 반지름이 작아진다. 예 ${}_8O^{2-} > {}_9F^- > {}_{11}Na^+$

③ 원자 반지름과 이온 반지름에 영향을 미치는 요인

유효 핵전하	전자 껍질 수	전자 수
유효 핵전하가 클수록 반지름이 (⑮) 다.	전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 클수록 반지름이 (⑯) 다.	전자 수가 클수록 반지름이 (⑰) 다.

3. 이온화 에너지

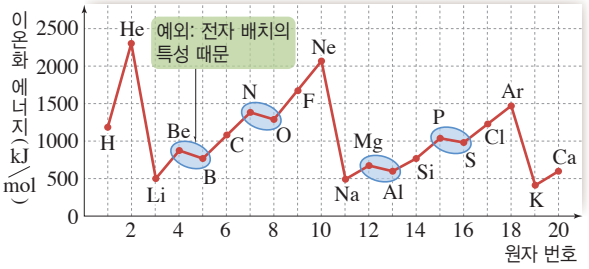
(1) **이온화 에너지**: 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자 1 mol을 떼어 내는 데 필요한 최소한의 에너지이다.

$M(g)+E \longrightarrow M^+(g)+e^-$ (E: 이온화 에너지)

① 원자핵과 전자 사이의 인력이 클수록 이온화 에너지가 크다.

② 이온화 에너지가 작은 원소일수록 양이온이 되기 쉽다.

같은 주기	같은 족
원자 번호가 커질수록 대체로 증가한다. ➡ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 증가로 원자핵과 전자 사이의 인력이 증가하기 때문이다.	원자 번호가 커질수록 감소한다. ➡ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수의 증가로 원자핵과 전자 사이의 인력이 감소하기 때문이다.



이온화 에너지의 주기성

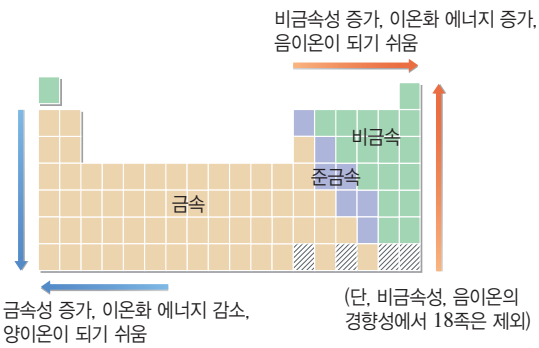
(2) **순차 이온화 에너지**: 기체 상태의 다전자 원자 1 mol에서 전자를 1 mol씩 차례로 떼어 낼 때 각 단계마다 필요한 에너지이다.

- $M(g)+E_1 \longrightarrow M^+(g)+e^-$ (E_1: 제1 이온화 에너지)
- $M^+(g)+E_2 \longrightarrow M^{2+}(g)+e^-$ (E_2: 제2 이온화 에너지)
- $M^{2+}(g)+E_3 \longrightarrow M^{3+}(g)+e^-$ (E_3: 제3 이온화 에너지)

① 차수가 커질수록 이온화 에너지가 증가한다.

② 순차 이온화 에너지와 원자가 전자: 원자가 전자를 모두 떼어 내고 안쪽 전자 껍질에 있는 전자를 떼어 낼 때 이온화 에너지가 급격히 증가한다. ➡ (⑱)를 알 수 있다.

(3) 원소의 주기적 성질



중단원

아무리 문제

하 중 상

01 다음은 주기율표가 만들어지기까지의 일부 과정에 대한 자료이다.

- 되베라이너는 화학적 성질이 비슷한 원소가 3개씩 쌍을 지어 존재한다는 것을 발견하고 세 쌍 원소설을 제안하였다.
- 뉴랜즈는 원소들을 (㉠) 순으로 배열했을 때 8번째마다 성질이 비슷한 원소가 나타난다는 것을 발견하고 옥타브설을 제안하였다.
- 멘델레예프는 원소들을 (㉡) 순으로 배열하면 비슷한 성질을 갖는 원소가 주기적으로 나타난다는 것을 발견하고 최초의 주기율표를 만들었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 세 쌍 원소설은 현대 주기율표의 주기와 관련이 있다.
ㄴ. ㉠은 원자량이다.
ㄷ. 현대 주기율표는 원소들을 ㉡의 순으로 배열한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

02 다음은 화학적 성질이 비슷한 3가지 원소이다.

플루오린(F) 염소(Cl) 브로민(Br)

세 원소의 공통점으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

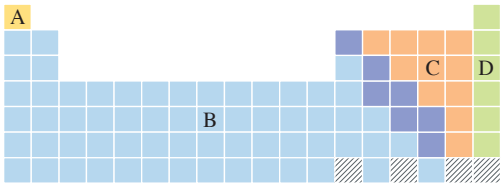
보기

ㄱ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
ㄴ. 원자가 전자 수가 같다.
ㄷ. 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 수가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

03 그림은 주기율표를 간략히 나타낸 것이다.



주기율표의 원소들을 (B)와 (A, C, D) 2개의 그룹으로 분류하였을 때 분류 기준으로 적절한 것은?

① 알칼리 금속과 할로젠
② 금속 원소와 비금속 원소
③ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수
④ 실온에서 고체 상태와 기체 상태의 원소
⑤ 양이온을 형성하는 원소와 음이온을 형성하는 원소

하 중 상

04 다음은 원소 X에 대한 자료이다.

- $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$이다.
- 전기를 잘 통한다.
- 가장 안정한 산화물의 화학식은 X_2O이다.

그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							
2		B						C
3	D						E	

X에 해당하는 원소의 기호로 옳은 것은? (단, X와 A~E는 임의의 원소 기호이다.)

① A ② B ③ C
④ D ⑤ E

하 중 상

05 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

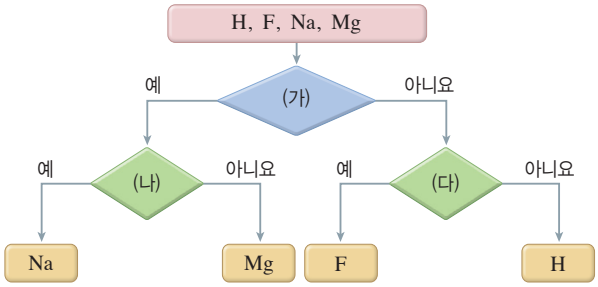
주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							B
2		C					D	
3						E		
4	F							

A~F에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, A~F는 임의의 원소 기호이다.)

① 금속 원소는 3가지이다.
② A와 F는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
③ C와 D는 원자가 전자 수가 같다.
④ 음이온이 되기 가장 쉬운 원소는 B이다.
⑤ 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 E 이온과 F 이온의 전자 배치는 같다.

하 중 상

06 그림은 몇 가지 원자를 분류하는 과정을 나타낸 것이다.



(가)~(다)에 적합한 분류 기준을 나타낸 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가): 금속 원소인가?
ㄴ. (나): 알칼리 금속인가?
ㄷ. (다): 할로젠 원소인가?

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

07 다음은 바닥상태 원자 X의 전자 배치를 나타낸 것이다.

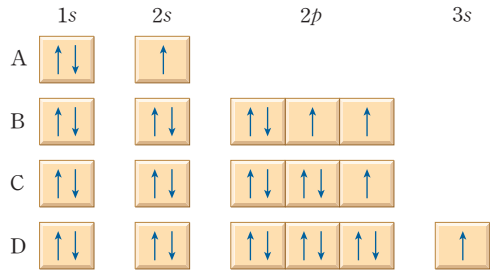
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

① 6족 원소이다.
② 금속 원소이다.
③ 2주기 원소이다.
④ 원자가 전자 수는 4이다.
⑤ 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다.

하 중 상

08 그림은 원자 A~D의 전자 배치를 나타낸 것이다.



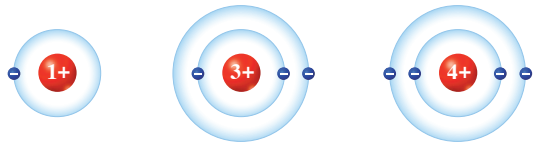
A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. A와 D는 같은 족 원소이다.
ㄴ. 2주기 원소는 2가지이다.
ㄷ. 양이온이 되기 쉬운 원소는 2가지이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

09 그림은 원자 A~C의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.

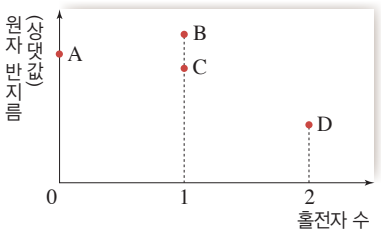


원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 크기를 옳게 비교한 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

① A>B>C ② A>C>B
③ B>A>C ④ C>A>B
⑤ C>B>A

하 중 상

10 그림은 바닥상태 원자 A~D의 홀전자 수와 원자 반지름을 나타낸 것이다. A~D의 원자 번호는 8, 9, 11, 12, 13 중 하나이다.



A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. B는 Al이다.
ㄴ. 2주기 원소는 2가지이다.
ㄷ. Ne의 전자 배치를 갖는 이온 반지름이 가장 큰 것은 D이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

11 표는 3주기 원소 A~E의 원자 반지름과 이온 반지름에 대한 자료이다.

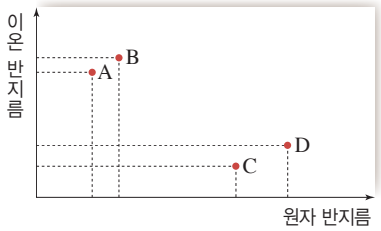
원자	A	B	C	D	E
원자 반지름(pm)	160	186	99	143	103
이온 반지름(pm)	65	95	181	50	184

A~E에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

① A는 금속 원소이다.
② D는 양이온이 되기 쉬운 원소이다.
③ 원자 번호가 가장 큰 원소는 E이다.
④ B가 안정한 이온이 될 때 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 감소한다.
⑤ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 작은 원소는 B이다.

하 중 상

12 그림은 원소 A~D의 원자 반지름과 이온 반지름을 나타낸 것이다. A~D는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이고, A~D의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

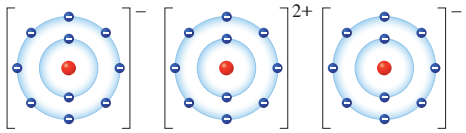
보기

ㄱ. B는 O이다.
ㄴ. 금속 원소는 C와 D이다.
ㄷ. 원자 번호가 가장 큰 것은 D이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

13 그림은 화합물 AB_2를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. 원자 반지름은 A > B이다.
ㄴ. A와 B는 같은 주기 원소이다.
ㄷ. 이온 반지름은 $A^{2+} > B^{-}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

14 표는 2, 3주기에 속하는 바닥상태 원자 A~D의 전자 배치에 대한 자료이다.

원자	A	B	C	D
$\frac{\text{전체 } p \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 } s \text{ 오비탈의 전자 수}}$	1	1	1.5	1.5
홀전자 수	0	2	3	0

A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

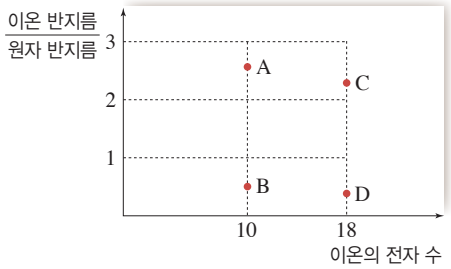
보기

ㄱ. 금속 원소는 2가지이다.
ㄴ. 2주기 원소는 2가지이다.
ㄷ. 원자 반지름이 가장 큰 원소는 C이다.

① ㄴ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

15 그림은 A~D 이온의 전자 수와 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$을 나타낸 것이다.



A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

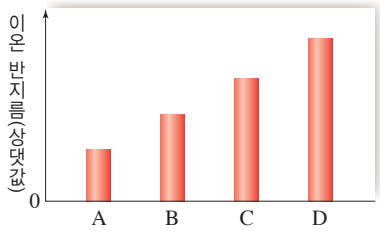
보기

ㄱ. A와 D는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. 이온 반지름은 B가 A보다 크다.
ㄷ. 원자 반지름이 가장 큰 것은 D이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

16 그림은 원소 A~D의 이온 반지름을 나타낸 것이다. A~D는 각각 Li, F, Na, Cl 중 하나이다.



A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 각 이온은 비활성 기체의 전자 배치를 갖는다.)

보기

ㄱ. 원자 반지름이 가장 큰 것은 B이다.
ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 것은 C이다.
ㄷ. 이온 반지름은 칼륨(K)이 D보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

17 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

$_1$H							$_2$He
$_3$Li	$_4$Be	$_5$B	$_6$C	$_7$N	$_8$O	$_9$F	$_{10}$Ne
$_{11}$Na	$_{12}$Mg	$_{13}$Al	$_{14}$Si	$_{15}$P	$_{16}$S	$_{17}$Cl	$_{18}$Ar
$_{19}$K	$_{20}$Ca						

주기율표에서 (가)~(다)에 해당하는 원소들의 원자 번호를 모두 합한 값은?

(가) 가장 양이온이 되기 쉬운 원소
(나) 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소
(다) 2주기 원소 중 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 원소

① 12 ② 21 ③ 23
④ 31 ⑤ 40

하 중 상

18 표는 2, 3주기 원소 X~Z에 대한 자료이다.

원소	X	Y	Z
원자가 전자 수	5	6	7
제1 이온화 에너지(kJ/mol)	1011	1313	1251

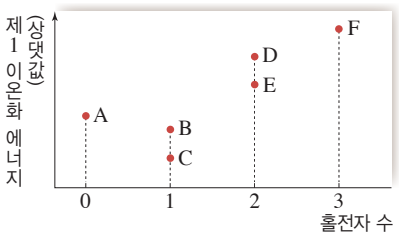
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. X와 Z는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Z>Y이다.
ㄷ. 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 Z>Y이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

19 그림은 2주기 원자 A~F의 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수에 따른 제1 이온화 에너지를 나타낸 것이다.



B와 D에 해당하는 원소의 실제 원소 기호를 쓰시오. (단, A~F는 임의의 원소 기호이다.)

하 중 상

20 다음은 2주기 바닥상태 원자 A~C에 대한 자료이다. A~C는 비활성 기체를 제외한 비금속 원소이다.

• 원자 반지름은 C가 가장 작다.
• 제1 이온화 에너지는 A가 가장 크다.
• 홀전자 수는 B와 C가 같다.

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

보기
ㄱ. 홀전자 수는 A가 B보다 크다.
ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 것은 C이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 C가 B보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

21 표는 원자 번호가 연속인 3주기 원자 A~C의 순차 이온화 에너지(E_n)의 일부이다.

원자	순차 이온화 에너지(kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	496			
B	578	1817	2745	11578
C	738	1451		10542

A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, A~C는 원자 번호 순서가 아니다.)

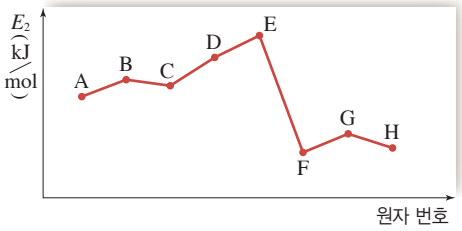
보기

ㄱ. $\frac{E_2}{E_1}$가 가장 큰 원소는 B이다.
ㄴ. 원자가 전자 수는 C가 B보다 크다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 원소는 B이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

22 그림은 원자 번호가 연속인 2, 3주기 원자의 제2 이온화 에너지(E_2)를 나타낸 것이다.



A~H에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~H는 임의의 원소 기호이다.)

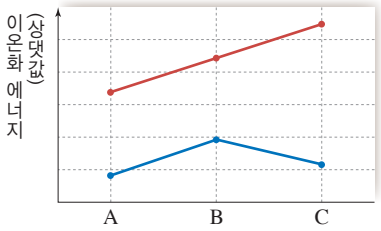
보기

ㄱ. A~E는 2주기 원소이다.
ㄴ. 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 D이다.
ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 가장 큰 원소는 E이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

23 그림은 원자 번호가 연속인 2주기 원소 A~C의 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지를 구분 없이 나타낸 것이다.



A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 원자 번호는 C가 가장 크다.)

보기

ㄱ. 바닥상태에서 홀전자 수는 B가 가장 크다.
ㄴ. A~C의 원자가 전자 수의 총합은 15이다.
ㄷ. 제3 이온화 에너지는 A가 가장 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

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

- 홀전자 수는 W > Y > X이다.
- 원자 반지름은 Y > X > Z이다.

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

보기

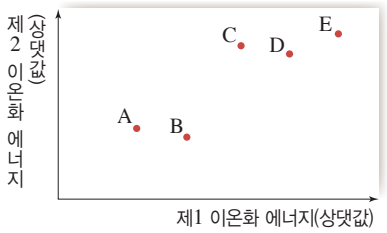
ㄱ. 홀전자 수는 Z > X이다.
ㄴ. 안정한 이온의 반지름은 Y > Z이다.
ㄷ. 제2 이온화 에너지가 가장 큰 것은 W이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

25 다음은 원자 A~E에 대한 자료이다.

- A~E의 원자 번호는 각각 7~13 중 하나이다.
- 원자가 전자 수는 D>C이다.
- A~E의 제1, 제2 이온화 에너지



A~E에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 2주기 원소는 3가지이다.
ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 것은 E이다.
ㄷ. A와 C로 이루어진 안정한 화합물의 화학식은 A_2C이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

26 다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z는 각각 O, F, P, S 중 하나이다.

- 원자가 전자 수는 W>X이다.
- 원자 반지름은 W>Y이다.
- 제1 이온화 에너지는 Z>Y>W이다.

W~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

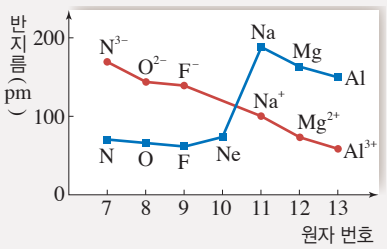
ㄱ. W와 Z는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. 제2 이온화 에너지가 가장 큰 것은 Y이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 X>W이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 문제

하 중 상

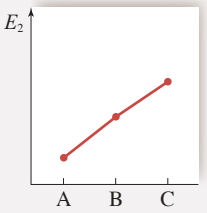
27 그림은 몇 가지 원소의 원자 반지름과 이온 반지름을 나타낸 것이다.



유효 핵전하의 크기가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해 비교해야 할 원자 또는 이온의 예를 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

하 중 상

28 그림은 원자 번호가 연속인 2주기 원자 A~C의 제2 이온화 에너지(E_2)를 나타낸 것이다.



A~C에 해당하는 원소의 실제 원소 기호를 각각 쓰고, 판단 근거를 서술하시오. (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 원자 번호는 C>B>A이다.)

하 중 상

29 표는 마그네슘의 순차 이온화 에너지(kJ/mol)를 나타낸 것이다.

E_1	E_2	E_3	E_4
738	1451	7733	10542

$\frac{E_3}{E_2}$ 값이 $\frac{E_2}{E_1}$ 또는 $\frac{E_4}{E_3}$ 값에 비해 매우 큰 값을 갖는 까닭을 전자 껍질과 관련지어 서술하시오.

수능 실전 문제

• 수능 출제 경향

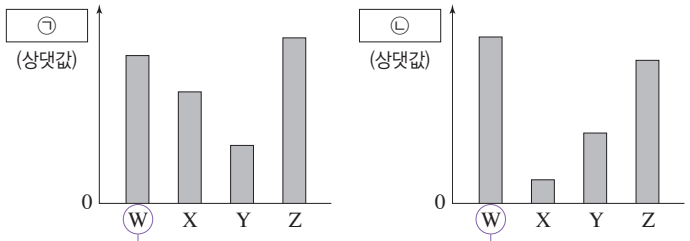
이 단원에서는 원소들의 전자 배치, 원자 반지름과 이온 반지름, 이온화 에너지를 제시하고, 이로부터 원소의 종류를 파악한 후 다양한 성질을 묻는 통합적인 문제들이 출제된다. 특히 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지에서 예외적인 경향을 보이는 원소들에 대한 내용은 거의 필수적으로 문제에 포함되어 출제되고 있다.

수능 이렇게 나온다!

다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- W~Z의 원자 번호는 각각 8~13 중 하나이다.
- W, X, Y의 홀전자 수는 모두 같다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.
- ㉠과 ㉡은 각각 원자가 전자 수와 이온 반지름 중 하나이다.

❶ W~Z는 O, F, Ne, Na, Mg, Al 중 하나이며, 홀전자 수는 Ne과 Mg이 0, F, Na, Al이 1, O가 2이다. ➡ W, X, Y는 각각 F, Na, Al 중 하나이다.



❷ W, X, Y 중 W는 원자가 전자 수와 이온 반지름 모두 가장 크다. ➡ W는 F이고, ㉠은 이온 반지름이다.

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

보기

ㄱ. ㉠은 원자가 전자 수이다.
ㄴ. 제2 이온화 에너지는 Z>W이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Y>X이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

출제개념

원소의 주기적 성질

▶ 본문 124~126쪽, 128~129쪽

출제의도

자료에 주어진 원소들의 전자 배치와 다양한 주기적 성질을 종합적으로 판단하여, 각 원소가 실제 어떤 원소에 해당하는지 추론하는 문제이다.

전략적 풀이

❶ 주어진 원자 번호에 해당하는 실제 원소 기호를 써 놓고, 주어진 자료를 분석하여 W~Y에 해당하는 원소를 파악한다.

W~Z는 O, F, Ne, Na, Mg, Al 중 하나인데 이 중 W, X, Y의 홀전자 수가 같으므로 W, X, Y는 각각 홀전자 수가 ( )인 F, Na, Al 중 하나이다.

❷ 그래프에서 W의 값을 비교하여 ㉠, ㉡과 실제 원소를 파악한다.

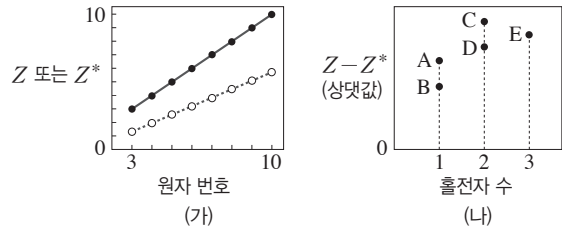
W는 ㉠과 ㉡이 모두 X, Y에 비해 크므로 ( )이다. W(F)는 8~13번 원소 중 원자가 전자 수는 가장 크고 이온 반지름은 O 다음으로 크므로 ㉠은 ( ), ㉡은 ( )임을 알 수 있고, W(F)보다 이온 반지름이 큰 Z는 ( )이다. 한편, Y는 X보다 원자가 전자 수가 크고 이온 반지름이 작으므로 ( )이고, X는 ( )이다.

ㄱ. ㉠은 이온 반지름, ㉡은 원자가 전자 수이다.
ㄴ. 제1 이온화 에너지는 W(F)>Z(O)이지만, 제2 이온화 에너지는 Z(O)>W(F)이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 ( )하므로 Y(Al)>X(Na)이다.

❶ 1
❷ F, 이온 반지름, 원자가 전자 수, O, Al, Na, 증가

답 ⑤

01 그림 (가)는 2주기 원소의 원자 번호에 따른 핵전하(Z)와 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하(Z^*)를 나타낸 것이고, (나)는 2주기 원소 A~E의 바닥상태 원자의 전자 배치에서 홀전자 수에 따른 Z와 Z^*의 차($Z-Z^*$)를 나타낸 것이다.



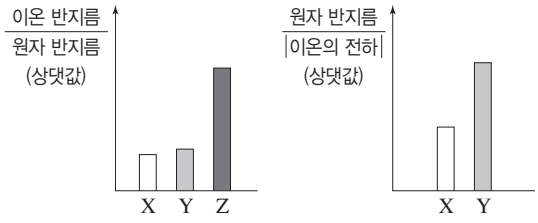
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. (가)에서 •은 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하이다.
ㄴ. A~E 중 원자 번호가 가장 큰 원소는 E이다.
ㄷ. 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 D가 B의 2배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 원소 X~Z의 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$과 $\frac{\text{원자 반지름}}{|\text{이온의 전하}|}$을 나타낸 것이다. X~Z는 각각 F, Na, Mg 중 하나이며, X~Z 이온의 전자 배치는 모두 Ne과 같다.



X~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 Mg이다.
ㄴ. 원자 반지름이 가장 작은 것은 X이다.
ㄷ. 이온 반지름의 크기는 Z>Y>X이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 바닥상태 원자 A~D의 원자가 전자 수(a)와 홀전자 수(b)의 차($a-b$)에 대한 자료이다. A~D는 각각 N, F, Na, S 중 하나이다.

원자	A	B	C	D
$a-b$	0	2	4	6

A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 원자 반지름이 가장 작은 원소는 C이다.
ㄴ. A, C, D 중 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름이 가장 작은 것은 A이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 D>B이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 2, 3주기 원자 A~C에 대한 자료이다.

- 양성자수의 비는 A : B=4 : 1이다.
- 같은 족에 속하는 원자 수는 2이다.
- C에는 바닥상태 전자 배치에서 홀전자가 존재하며, $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}=1$이다.

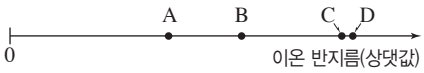
A~C에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A와 C는 같은 족에 속한다.
ㄴ. 원자 반지름이 가장 작은 원소는 B이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 원소는 A이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 원자 A~D 이온의 반지름을 나타낸 것이다. A~D 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 가지며, 원자 번호는 각각 8, 9, 11, 12 중 하나이다.



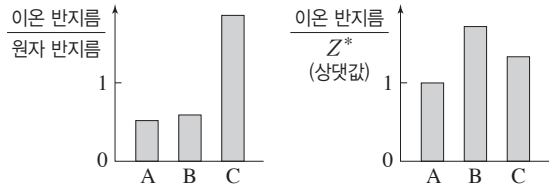
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A, B는 금속 원소이다.
ㄴ. 원자 반지름은 A가 가장 크다.
ㄷ. 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 이온은 A 이온이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 원자 A~C에 대한 자료이고, Z^*는 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하이다. A~C의 원자 번호는 각각 17, 19, 20 중 하나이고, A~C 이온은 모두 Ar의 전자 배치를 갖는다.



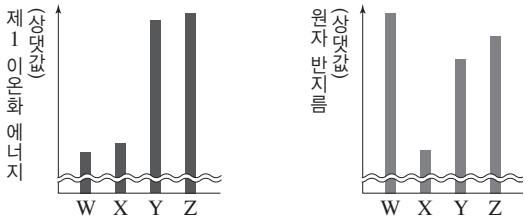
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 원자 반지름은 A가 가장 크다.
ㄴ. B와 C는 1 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
ㄷ. 이온 반지름은 C>B>A 순이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 2, 3주기 원자 W~Z에 대한 자료이다. W~Z의 원자가 전자 수는 각각 3 이상 6 이하이고, X는 13족 원소이다.



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

보기

ㄱ. 2주기 원소는 2가지이다.
ㄴ. 제2 이온화 에너지는 Y>Z이다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 것은 Z이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 원자 A~C에 대한 자료이다. A~C는 각각 Mg, Al, Ca 중 하나이다.

원자	원자 반지름(pm)	이온 반지름(pm)	제1 이온화 에너지 (kJ/mol)
A		50	578
B	160		738
C	197	100	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. B는 Mg이다.
ㄴ. 원자가 전자 수는 B와 C가 같다.
ㄷ. 원자 반지름이 가장 작은 원자는 A이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 2, 3주기 바닥상태 원자 X~Z에 대한 자료이다.

- 2주기 원소는 2가지이다.
- X~Z의 홀전자 수와 전자가 들어 있는 오비탈 수

원소	X	Y	Z
홀전자 수	1	2	3
전자가 들어 있는 오비탈 수	a	b	$a+b-1$

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

보기

ㄱ. $a=b$이다.

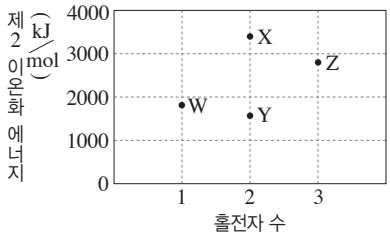
ㄴ. 원자가 전자 수는 X가 가장 크다.

ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$는 Y>X이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 바닥상태 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- W~Z의 원자 번호는 각각 7~14 중 하나이다.
- W~Z의 홀전자 수와 제2 이온화 에너지



W~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

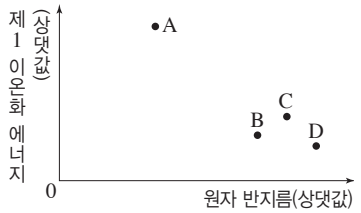
ㄱ. W는 Al이다.

ㄴ. 2주기 원소는 3가지이다.

ㄷ. 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 Z이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 18족 원소를 제외하고 원자 번호가 연속인 2, 3주기 원소 A~D의 제1 이온화 에너지와 원자 반지름을 나타낸 것이다.



A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이고, 원자 번호 순이 아니다.)

보기

ㄱ. 원자 반지름이 작을수록 제1 이온화 에너지가 커진다.

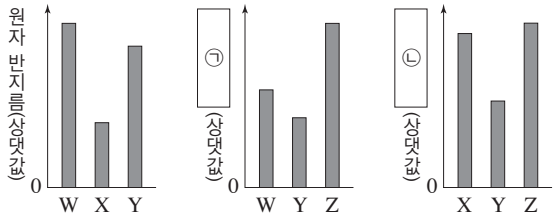
ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 B이다.

ㄷ. Ne과 전자 배치가 같은 이온이 될 때 반지름이 가장 큰 원소는 A이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- W~Z는 각각 N, O, Na, Mg 중 하나이다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.
- ㉠, ㉡은 각각 이온 반지름, 제1 이온화 에너지 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

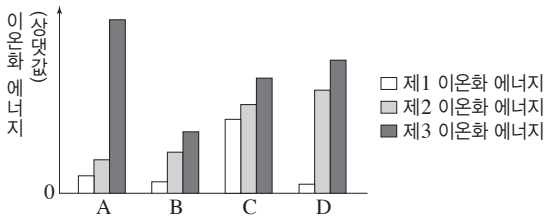
ㄱ. ㉠은 이온 반지름이다.

ㄴ. 원자 반지름은 X>Z이다.

ㄷ. 제1 이온화 에너지는 W>Y이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 그림은 원자 번호가 연속인 2, 3주기 원자 A~D의 제1~제3 이온화 에너지를 나타낸 것이다.



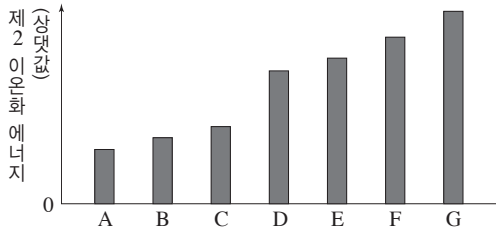
A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이고, 원자 번호 순서가 아니다.)

보기

ㄱ. 2주기 원소는 1가지이다.
ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 A이다.
ㄷ. 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되는 데 필요한 에너지는 A가 B보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림은 원자 A~G의 제2 이온화 에너지를 나타낸 것이다. A~G의 원자 번호는 각각 8~14 중 하나이다.



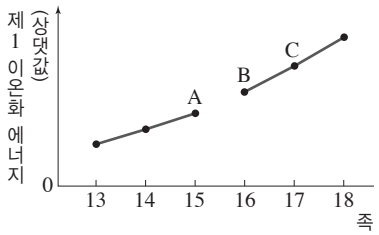
A~G에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~G는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. C는 Al이다.
ㄴ. 원자 반지름은 E가 D보다 크다.
ㄷ. 제1 이온화 에너지는 G가 가장 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림은 2, 3주기에 속하는 몇 가지 원소의 제1 이온화 에너지를 족에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 같은 선으로 연결한 원소는 같은 주기에 속한다.)

보기

ㄱ. 원자 번호는 B가 A보다 크다.
ㄴ. 제2 이온화 에너지는 B가 C보다 크다.
ㄷ. 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 음이온의 반지름은 B가 A보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 다음은 원소 (가)~(마)를 구별하기 위한 자료이다. (가)~(마)는 각각 Li, C, N, O, F 중 하나이다.

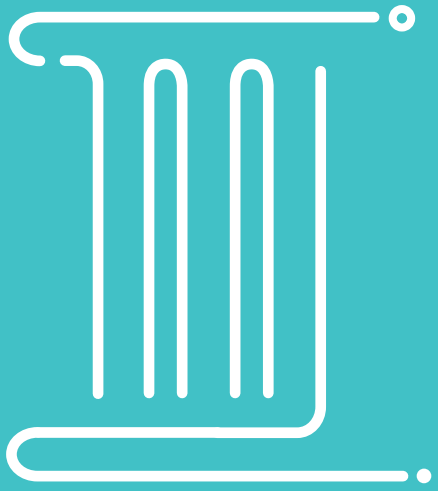
- 바닥상태 전자 배치의 홀전자 수: (가)=(나)
- 원자가 전자 수: (다)>(가)>(나)
- 제1 이온화 에너지: (마)>(가)

(가)~(마)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 N이다.
ㄴ. 원자 반지름이 가장 큰 원소는 (라)이다.
ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 가장 큰 원소는 (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



화학 결합과 분자의 세계

1 화학 결합

Q1 이온 결합 154

Q2 공유 결합과 금속 결합 168

Review

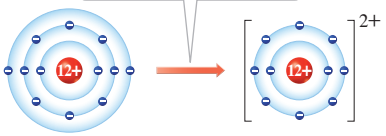
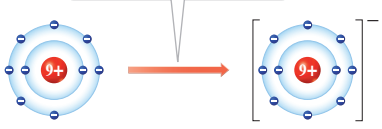
이전에 학습한 내용 중 이 단원과 연계된 내용을 다시 한 번 떠올려 봅시다.

다음 단어가 들어갈 곳을 찾아 빈칸을 완성해 보자.

정전기적 인력	1	2	전자쌍	음이온	양이온	비활성 기체

통합과학 물질의 규칙성과 결합

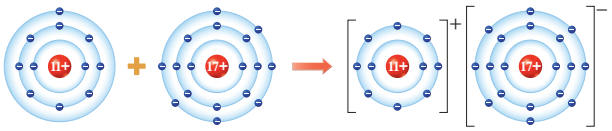
• 이온의 형성

구분	❶ [ ] 형성	❷ [ ] 형성
이온의 형성	금속 원소는 가장 바깥 전자 껍질의 전자(원자가 전자)를 잃고 이온을 형성한다.	비금속 원소는 가장 바깥 전자 껍질에 전자를 얻어 이온을 형성한다.
모형	전자 ❸ [ ] 개를 잃는다.  마그네슘 원자 마그네슘 이온	전자 ❹ [ ] 개를 얻는다.  플루오린 원자 플루오린화 이온

• 화학 결합

① **화학 결합이 형성되는 까닭**: 원소들은 ❺ [ ]와 같이 안정한 전자 배치를 이루기 위해 서로 화학 결합을 형성한다.

② **화학 결합의 종류**

이온 결합	정의	금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온 사이의 ❻ [ ]에 의해 형성되는 화학 결합
	형성 원리	금속 원소와 비금속 원소는 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해 서로의 전자를 주고받아 각각 양이온과 음이온이 되어 결합한다.  나트륨 원자 염소 원자 염화 나트륨
공유 결합	정의	비금속 원자 사이에 ❼ [ ]을 공유하여 형성되는 화학 결합
	형성 원리	비금속 원자들은 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해 각각 전자를 내놓아 전자쌍을 만들고, 그 전자쌍을 공유하여 결합한다.  수소 원자 산소 원자 수소 원자 물 분자

답 ❶ 양이온 ❷ 음이온 ❸ 2 ❹ 1 ❺ 비활성 기체 ❻ 정전기적 인력 ❼ 전자쌍

1 이온 결합

핵심 포인트

1. 물과 염화 나트륨 용융액의 전기 분해 ★★★
2. 옥텟 규칙 ★★
3. 이온 결합의 형성 ★★★
4. 이온 결합 물질의 성질 ★★★

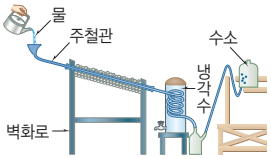
A 화학 결합의 전기적 성질

물은 주변에서 흔히 볼 수 있고 우리 몸의 대부분을 차지하기 때문에 18세기 이전까지는 물을 물질의 기본이 되는 원소로 생각했어요. 그러나 ◆라부아지에는 물을 분해하여 물이 원소가 아님을 밝혔죠. 현재는 전기를 이용하여 라부아지에가 물을 분해했던 방법보다 더 간단하게 물질들을 분해할 수 있답니다. 물과 염화 나트륨의 전기 분해를 통해 화학 결합의 형성에 전자가 관여한다는 사실을 확인해 보아요.

1. 공유 결합의 전기적 성질

(1) **물의 ❶전기 분해**: 물에 ❷전해질을 조금 넣고 전류를 흘려 주면 물이 분해되어 (+)극에서는 산소 기체가 발생하고, (−)극에서는 수소 기체가 발생한다.

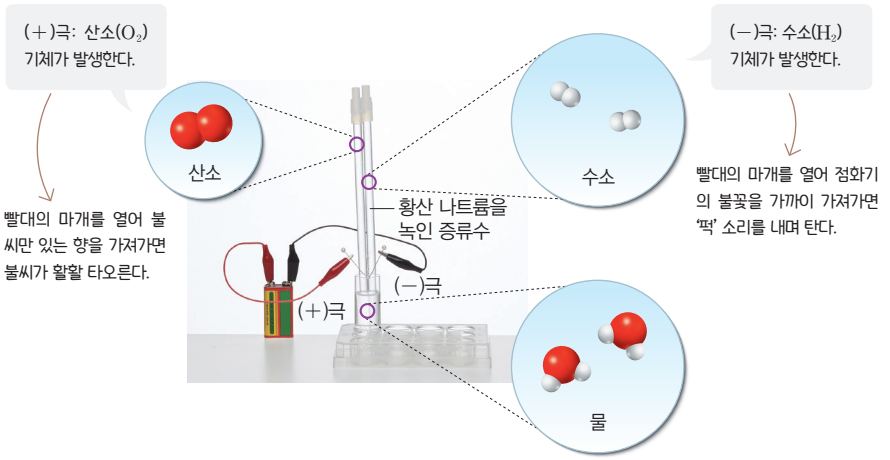
◆ 라부아지에의 물 분해 실험



뜨거운 주철관에 물을 천천히 부으면 물이 주철관을 통과하면서 수소와 산소로 분해된다. 물이 분해되어 생성된 산소가 주철관의 철과 반응하면서 산화 철이 되어 주철관의 질량은 증가하고, 기체 상태의 수소가 냉각수를 통과하여 모인다. ➡ 물은 성분 원소로 분해되므로 원소가 아니며, 수소와 산소가 결합하여 생성된 물질임을 알 수 있다.

탐구 자료창 물의 전기 분해

전기 분해 장치에 황산 나트륨을 녹인 증류수를 가득 채운 후 전류를 흘려 주면 (+)극에서는 산소 기체가, (−)극에서는 수소 기체가 1 : 2의 부피비로 발생한다.



1. **증류수에 황산 나트륨을 녹인 까닭**: 순수한 물(증류수)은 전기가 통하지 않는다. 따라서 물에 황산 나트륨(Na_2SO_4)과 같은 전해질을 조금 녹여 전류가 잘 흐르도록 하여 전기 에너지로 물을 쉽게 분해하기 위해서이다.
2. **각 극에서의 반응**
   - (+)극: 물 분자(H_2O)가 전자를 잃어 산소(O_2) 기체가 발생한다.
   - (−)극: 물 분자(H_2O)가 전자를 얻어 수소(H_2) 기체가 발생한다.

$$(+)\text{극: } 2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$$
$$(-)\text{극: } 4H_2O + 4e^- \longrightarrow 2H_2 + 4OH^-$$
$$\text{◆전체 반응: } 2H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2$$

산소 분자와 수소 분자의 계수비가 1 : 2이므로 산소 기체와 수소 기체의 부피비도 1 : 2이다.

3. **결론**: 물 분자를 이루는 수소 원자와 산소 원자는 전기적인 상호 작용으로 결합하고 있고, 물에 전류를 흘려 주면 이 결합이 끊어지고 새로운 결합이 형성되어 각 성분 기체가 발생한다.

◆ 물의 분해 모형



(2) **공유 결합과 전자**: 물은 공유 결합으로 이루어지며, 물을 전기 분해하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 물질로 분해된다. ➡ 성분 원소 사이의 공유 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

(용어)

❶ **전기 분해(電 전기, 氣 기운, 分 나누다, 解 풀다)** 화합물이 전류에 의해 화학 변화를 일으켜 성분 원소로 분해되는 것

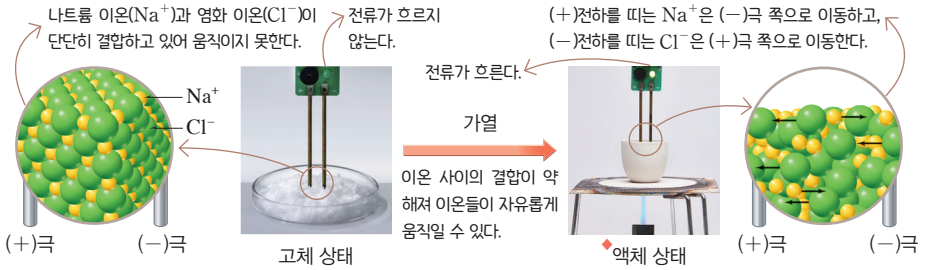
❷ **전해질(電 전기, 解 풀다, 質 바탕)** 수용액 상태에서 전류가 흐르는 물질

2. 이온 결합의 전기적 성질

(1) 염화 나트륨(NaCl)의 구조와 전기적 성질

고체 상태	액체 상태(1 용융액)
고체 상태에서는 양이온(Na^+)과 음이온(Cl^-)이 서로 단단히 규칙적으로 결합하고 있어 자유롭게 움직일 수 없다. ➡ 전기 전도성이 없다.	액체 상태가 되면 양이온(Na^+)과 음이온(Cl^-) 사이의 결합이 약해져 이온들이 자유롭게 움직일 수 있다. ➡ 전기 전도성이 있다.

염화 나트륨의 구조와 전기적 성질

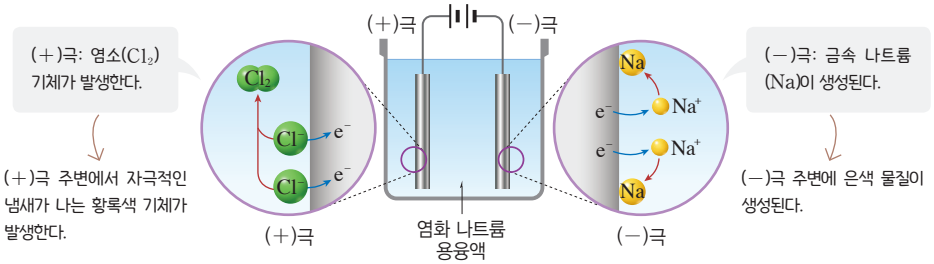


◆ **액체 상태의 염화 나트륨(염화 나트륨 용융액)**
염화 나트륨의 녹는점은 약 802 °C이므로 고체 상태의 염화 나트륨을 802 °C보다 높은 온도로 가열하면 염화 나트륨 용융액이 된다.

(2) 염화 나트륨 용융액의 전기 분해: 액체 상태의 염화 나트륨에 전류를 흘려 주면 염화 나트륨이 분해되어 (+)극에서는 염소 기체가 발생하고, (−)극에서는 나트륨이 생성된다.

탐구 자료창 염화 나트륨 용융액의 전기 분해

액체 상태의 염화 나트륨에 전류를 흘려 주면 (+)극에서는 염소 기체가 발생하고, (−)극에서는 금속 나트륨이 얻어진다.



1. **염화 나트륨 용융액을 전기 분해하는 까닭:** 고체 상태의 염화 나트륨은 전기가 통하지 않으므로 액체 상태로 만들어 전류가 잘 흐르도록 한다.
2. **각 극에서의 반응**
   - (+)극: 염화 이온(Cl^-)이 전자를 잃어 염소(Cl_2) 기체가 발생한다.
   - (−)극: 나트륨 이온(Na^+)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성된다.

$$(+)\text{극: } 2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$$
$$(-)\text{극: } 2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na$$
$$\text{전체 반응: } 2NaCl \longrightarrow 2Na + Cl_2$$

3. **결론:** 염화 나트륨을 이루는 염화 이온과 나트륨 이온은 전기적인 상호 작용으로 결합하고 있지만, 염화 나트륨 용융액에서는 이 결합이 약해진다. 따라서 염화 나트륨 용융액에 전류를 흘려 주면 염화 이온과 나트륨 이온의 결합이 끊어지고, 새로운 결합이 형성되어 각 성분 물질이 생성된다.

(3) 이온 결합과 전자: 염화 나트륨은 이온 결합으로 이루어지며, 염화 나트륨을 전기 분해하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 물질로 분해된다. ➡ 성분 원소 사이의 이온 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

암기해!

전기 분해

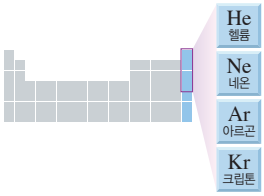
구분	(+)극	(−)극
반응	전자 잃음	전자 얻음
물	O_2 발생	H_2 발생
염화 나트륨 용융액	Cl_2 발생	Na 생성

(용어)
1 **용융액(溶 흐르다, 融 녹다, 液 유동체)** 가열하여 녹인 액체 상태의 물질

B 옥텟 규칙

1. ❶비활성 기체의 전자 배치

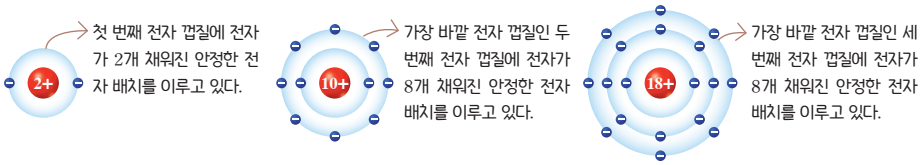
◆ 주기율표에서 비활성 기체의 위치



(1) **비활성 기체**: ◆주기율표의 18족에 속하는 원소 예 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 등

(2) **전자 배치**: 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개(He은 2개) 채워져 안정한 전자 배치를 이룬다. ➡ 화학적으로 안정하므로 다른 원자와 결합하여 전자를 잃거나 얻으려 하지 않는다.

비활성 기체의 전자 배치



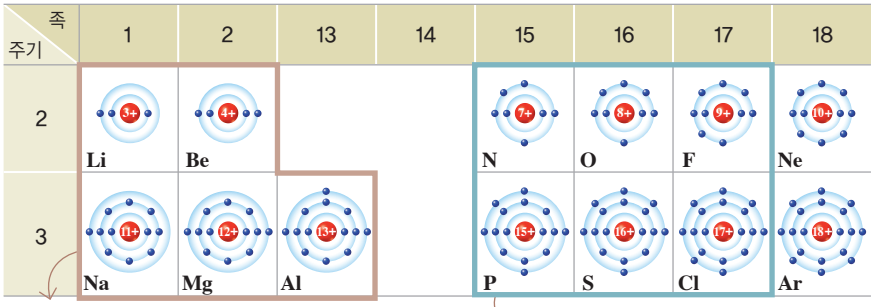
헬륨(He) $1s^2$ 네온(Ne) $1s^2 2s^2 2p^6$ 아르곤(Ar) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

2. ❷옥텟 규칙(여덟 전자 규칙)

18족 이외의 원자들이 전자를 잃거나 얻어서 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개를 채워 안정해지려는 경향(H는 제외)

(1) **화학 결합과 옥텟 규칙**: 원자들은 화학 결합을 통해 전자를 주고받거나 공유하여 옥텟 규칙을 만족하는 안정한 전자 배치를 이룬다.

2, 3주기 원소의 전자 배치와 옥텟 규칙



1족 원소는 원자가 전자 1개를, 2족 원소는 원자가 전자 2개를, 13족 원소인 알루미늄(Al)은 원자가 전자 3개를 잃어 안정한 전자 배치를 이룬다.

15족 원소는 전자 3개를, 16족 원소는 전자 2개를, 17족 원소는 전자 1개를 얻거나 다른 원자와 공유하여 안정한 전자 배치를 이룬다.

주의해!

헬륨(He)의 전자 배치

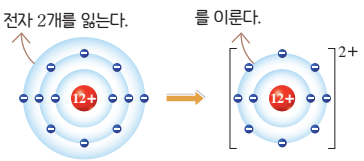
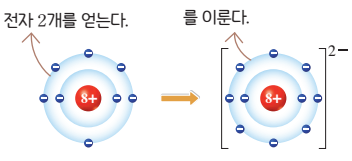
첫 번째 전자 껍질에는 전자가 최대 2개까지만 채워질 수 있다. 따라서 헬륨은 다른 비활성 기체와 달리 가장 바깥 전자 껍질인 첫 번째 전자 껍질에 전자가 2개 채워져 안정한 전자 배치를 이룬다.

암기해!

안정한 이온의 전자 배치

- Li, Be의 이온: He의 전자 배치와 같아진다.
- N, O, F, Na, Mg, Al의 이온: Ne의 전자 배치와 같아진다.
- P, S, Cl의 이온: Ar의 전자 배치와 같아진다.

(2) 안정한 이온의 형성과 옥텟 규칙

구분	양이온	음이온
형성	금속 원자는 전자를 잃어 양이온을 형성하여 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다. (비활성 기체: 앞 주기의 비활성 기체)	비금속 원자는 전자를 얻어 음이온을 형성하여 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다. (비활성 기체: 같은 주기의 비활성 기체)
모형	 마그네슘 원자 → 마그네슘 이온	 산소 원자 → 산화 이온

용어

❶ **비활성(非 아니다, 活 생기가 있다, 性 성질)** 화학적으로 안정하여 화학 반응을 하지 않는 성질

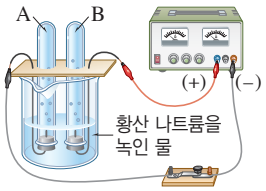
❷ **옥텟(Octet)** 그리스어인 옥타(Octa)에서 유래한 말로, 숫자 '8'을 의미

개념 확인 문제

핵심 체크

- 물의 전기 분해: (+)극에서는 (❶) 기체가, (−)극에서는 (❷) 기체가 발생한다.
- 염화 나트륨 용융액의 전기 분해: (+)극에서는 (❸) 기체가, (−)극에서는 금속 (❹)이 생성된다.
- 원자 사이에 화학 결합이 형성될 때는 (❺)가 관여한다.
- (❻): 주기율표의 18족에 속하는 원소로, 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개(He은 2개) 채워져 안정한 전자 배치를 이룬다.
- (❼): 18족 이외의 원자들이 전자를 잃거나 얻어서 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개를 채워 안정해지려는 경향(H는 제외)
- 이온의 형성: 일반적으로 금속 원자는 전자를 잃어 (❽)을 형성하고, 비금속 원자는 전자를 얻어 (❾)을 형성한다.

1 그림은 물의 전기 분해 장치를 나타낸 것이다.



(1) A와 B에 모이는 기체의 이름을 각각 쓰시오.

(2) A와 B에 모이는 기체의 부피비를 쓰시오.

2 그림은 고체 상태와 액체 상태의 염화 나트륨의 입자 모형을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) (가)와 (나)에서 모두 전기 전도성이 있다. ····· ( )

(2) (나)를 전기 분해하면 (+)극에서는 황록색 기체가 발생한다. ····· ( )

(3) (나)를 전기 분해하면 (−)극에서는 금속 나트륨이 얻어진다. ····· ( )

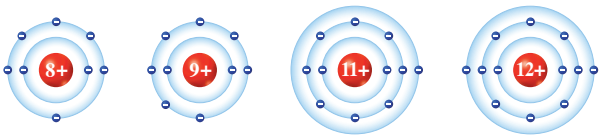
3 비활성 기체와 옥텟 규칙에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 모든 비활성 기체는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 채워져 있다. ····· ( )

(2) 18족 이외의 원자들은 화학 결합을 통해 옥텟 규칙을 만족하려는 경향이 있다. ····· ( )

(3) 원자가 안정한 이온이 될 때는 전자를 잃거나 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다. ····· ( )

4 그림은 원자 A~D의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.



(1) A~D 중 안정한 이온이 될 때 양이온이 되는 것을 있는 대로 고르시오.

(2) A~D 중 안정한 이온이 될 때 음이온이 되는 것을 있는 대로 고르시오.

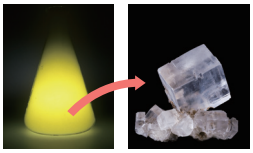
(3) A~D는 안정한 이온이 될 때 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다. 이에 해당하는 비활성 기체를 쓰시오.

C 이온 결합

1. 이온 결합 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합

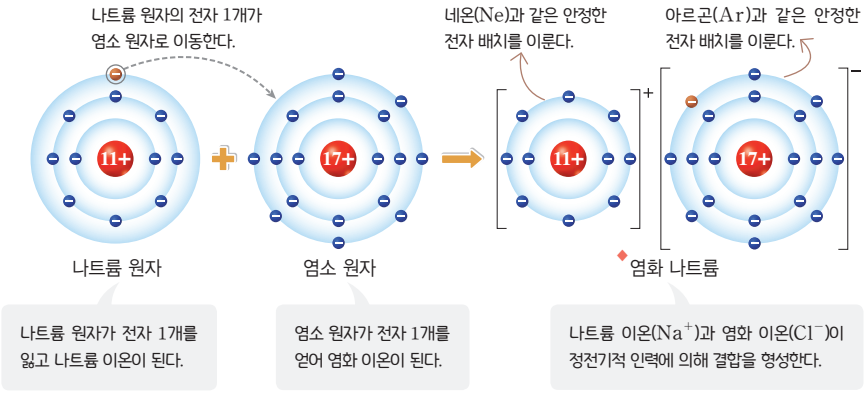
(1) **이온 결합의 형성**: 금속 원자와 비금속 원자가 서로 전자를 주고받아 양이온과 음이온을 형성한 후, 이 이온들 사이에 정전기적 인력이 작용하여 결합이 형성된다.

◆ **염화 나트륨의 생성**
염소 기체에 금속 나트륨을 넣어 반응시키면 열과 빛을 내며 격렬하게 반응하여 염화 나트륨을 생성한다.



염소+나트륨 염화 나트륨

염화 나트륨의 이온 결합 162쪽 대표 자료 ❷



(2) **이온 결합의 형성과 에너지**

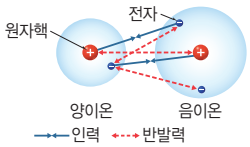
① ◆양이온과 음이온 사이에는 정전기적 인력과 반발력이 동시에 작용한다.

② 양이온과 음이온 사이의 거리가 가까워질수록 인력이 작용하여 에너지가 낮아지지만, 두 이온 사이의 거리가 너무 가까워지면 반발력이 커지므로 에너지가 급격하게 높아진다.

③ 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 이온 결합이 형성된다.

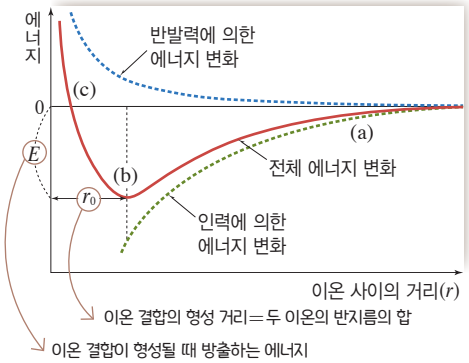
동아 교과서에만 나와요.

◆ **양이온과 음이온 사이의 인력과 반발력**

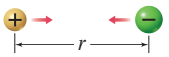


양이온과 음이온은 모두 원자핵과 전자로 이루어져 있기 때문에 한 이온의 원자핵과 다른 이온의 전자 사이에는 인력이 작용하고, 원자핵과 원자핵, 전자와 전자 사이에는 반발력이 작용한다.

이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화 162쪽 대표 자료 ❶

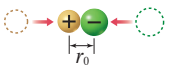


(a) 이온 사이의 거리(r)>r_0일 때



두 이온이 접근할수록 인력이 작용하여 안정해진다.

(b) 이온 사이의 거리(r)=r_0일 때



에너지가 가장 낮은 지점에서 이온 결합이 형성된다.

(c) 이온 사이의 거리(r)<r_0일 때



너무 가까워지면 반발력이 작용하여 불안정해진다.

이온 결합에 의해 생성되는 물질

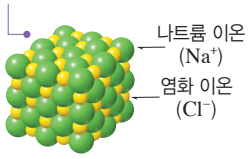
2. 이온 결합 물질의 구조와 화학식

(1) **이온 결합 물질의 구조**

① 고체 상태의 이온 결합 물질을 이온 ❶결정 또는 이온성 고체라고 한다.

② 이온 결정은 수많은 양이온과 음이온이 3차원적으로 서로를 둘러싸며 규칙적으로 배열되어 있다.

반대 전하를 띠는 이온 사이의 인력은 최대화하고, 같은 전하를 띠는 이온 사이의 반발력은 최소화하도록 배열되어 있다.



염화 나트륨 결정의 구조

용어

❶ **결정(結 뭉치다, 晶 빛나다)** 물질을 이루는 입자들이 규칙적인 배열을 한 고체 상태의 물질

(2) ◆이온 결합 물질의 화학식

① 이온의 전하에 따라 결합하는 이온의 개수비가 달라지므로 양이온과 음이온의 원소 기호 뒤에 이온의 개수비를 가장 간단한 정수비로 나타낸다. —● 이때 1은 생략한다.

② 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 양이온의 전체 전하의 양과 음이온의 전체 전하의 양이 같다.

(양이온의 전하 × 양이온의 수) + (음이온의 전하 × 음이온의 수) = 0

양이온	음이온	이온의 개수비	화학식	◆이름
Na^+	Cl^-	1 : 1	NaCl	염화 나트륨
	CO_3^{2-}	2 : 1	Na_2CO_3	탄산 나트륨
Mg^{2+}	OH^-	1 : 2	$Mg(OH)_2$	수산화 마그네슘
	SO_4^{2-}	1 : 1	$MgSO_4$	황산 마그네슘
Ca^{2+}	O^{2-}	1 : 1	CaO	산화 칼슘
	CO_3^{2-}	1 : 1	$CaCO_3$	탄산 칼슘
Cu^{2+}	SO_4^{2-}	1 : 1	$CuSO_4$	황산 구리(Ⅱ)
Al^{3+}		2 : 3	$Al_2(SO_4)_3$	황산 알루미늄

◆ **이온 결합 물질의 화학식**
이온 결합 물질은 전기적으로 중성이어야 한다. 따라서 양이온의 전하 값을 음이온의 수로 두고, 음이온의 전하 값을 양이온의 수로 두면 된다.

Ca^{2+} Cl^- → $CaCl_2$

Al^{3+} O^{2-} → Al_2O_3

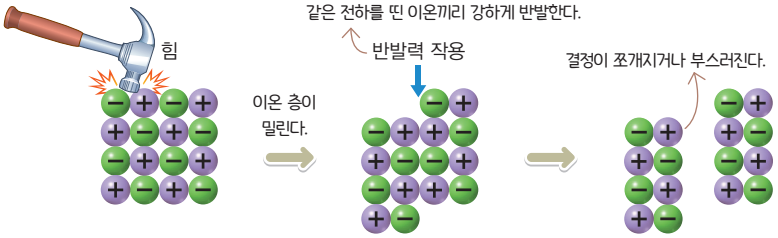
◆ **이온 결합 물질의 이름**
이온 결합 물질의 이름을 읽을 때는 음이온을 먼저 읽고, 양이온을 나중에 읽되, '이온'은 생략한다.

$CaCl_2$
칼슘 이온(양이온) — 염화 이온(음이온)
↓
'염화 칼슘'

3. 이온 결합 물질의 성질

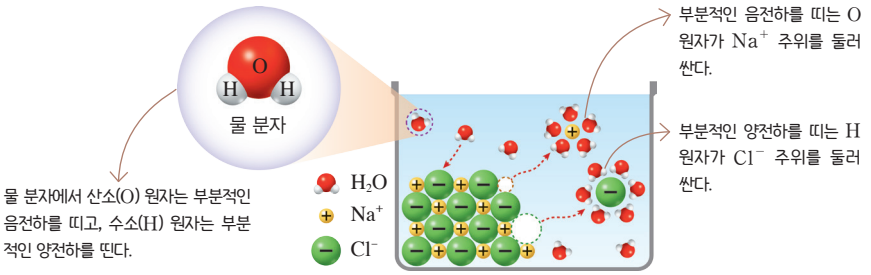
(1) **결정의 쪼개짐과 부스러짐**: 이온 결정은 매우 단단하지만, 외부에서 힘을 가하면 쉽게 쪼개지거나 부스러진다. ➡ 이온 층이 밀리면서 두 층의 경계면에서 같은 전하를 띤 이온들이 만나게 되어 반발력이 작용하기 때문이다.

| 이온 결정에 힘을 가할 때 |



(2) **물에 대한 용해성**: 이온 결합 물질은 대체로 물에 잘 녹으며, 물속에서 양이온과 음이온이 물 분자에 둘러싸여 안정한 상태가 된다.

| 염화 나트륨의 용해 |



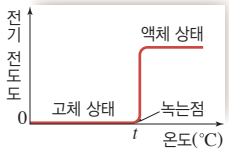
이온 결합 물질이 물에 잘 녹는 것은 물이 극성 용매이기 때문이에요. 물질의 극성에 대해서는 Ⅲ—2—02강에서 배웁니다.



주의해!

물에 녹지 않는 이온 결합 물질
이온 결합 물질이 모두 물에 잘 녹는 것은 아니다. AgCl, PbI_2, $CaSO_4$, $CaCO_3$ 등은 물에 잘 녹지 않는다.

◆ 온도에 따른 이온 결합 물질의 전기 전도도



이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도도가 0이지만, 가열하여 녹는점(t ℃) 이상의 온도가 되면 액체 상태가 되어 전기 전도도가 갑자기 증가한다.

암기해!

이온 결합 물질의 전기 전도성

고체	액체	수용액
×	○	○

◆ 이온 결합 물질의 녹는점

이온 결합 물질을 녹여 액체로 만들려면 정전기적 인력으로 형성된 수많은 이온 결합을 끊어야 하므로 이온 결합 물질의 녹는점은 매우 높다.

◆ 우리 주변 이온 결합 물질의 이용 예

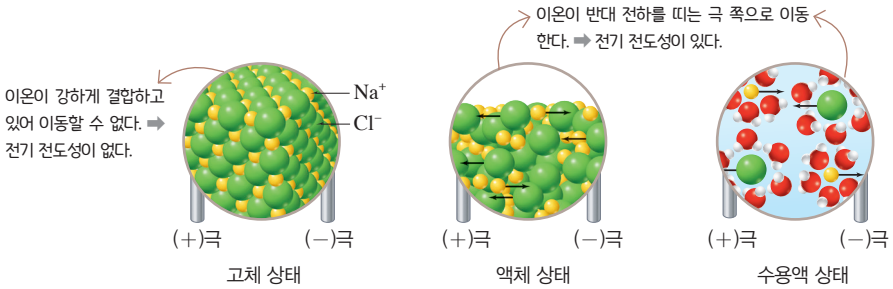
물질	이용
염화 나트륨($NaCl$)	소금
염화 칼슘($CaCl_2$)	제설제, 습기 제거제
탄산 칼슘($CaCO_3$)	대리석, 석회석
염화 마그네슘($MgCl_2$)	두부 만들 때 사용하는 응고제(간수)
수산화 나트륨($NaOH$)	비누의 제조
탄산수소 나트륨($NaHCO_3$)	베이킹파우더

(3) ◆**전기 전도성**

① 고체 상태: 전기 전도성이 없다. ➡ 양이온과 음이온이 강하게 결합하고 있어 자유롭게 이동할 수 없기 때문이다.

② 액체 상태 및 수용액 상태: 전기 전도성이 있다. ➡ 양이온과 음이온으로 나누어져 이온들이 자유롭게 이동할 수 있기 때문이다.

염화 나트륨의 전기 전도성



162쪽 대표 자료 ❷

(4) ◆**녹는점과 끓는점**: 녹는점과 끓는점이 매우 높아 실온에서 대부분 고체 상태로 존재한다.

➡ 양이온과 음이온이 정전기적 인력에 의해 강하게 결합되어 있기 때문이다.

① 정전기적 인력(쿨롱 힘): 전하를 띤 입자 사이에 작용하는 인력의 크기(F)로, 입자 사이의 거리(r)와 전하량(q)에 따라 달라진다.

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (q_1, q_2: \text{두 입자의 전하량}, r: \text{두 입자 사이의 거리})$$

② 정전기적 인력이 클수록 이온 결합력이 커져 녹는점이 높다. ➡ 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 높다.

탐구 자료창 이온 결합 물질의 녹는점

표는 몇 가지 이온 결합 물질의 이온 사이의 거리와 녹는점에 대한 자료이다.

화학식	이온 사이의 거리(pm)	녹는점(℃)	화학식	이온 사이의 거리(pm)	녹는점(℃)
NaF	235	996	MgO	212	2825
NaCl	283	802	CaO	240	2613
NaBr	298	747	SrO	258	2531
	증가 ➡ 낮아짐			증가 ➡ 낮아짐	
	양이온이 모두 Na^+이므로 음이온의 반지름이 클수록 이온 사이의 거리가 증가한다.			음이온이 모두 O^{2-}이므로 양이온의 반지름이 클수록 이온 사이의 거리가 증가한다.	

1. **양이온과 음이온의 전하량이 같은 경우**: 이온 사이의 거리가 짧을수록 녹는점이 높다.
   - 이온 사이의 거리: $NaF < NaCl < NaBr$ ➡ 녹는점: $NaF > NaCl > NaBr$
   - 이온 사이의 거리: $MgO < CaO < SrO$ ➡ 녹는점: $MgO > CaO > SrO$
2. **이온 사이의 거리가 비슷한 경우**: 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 높다.
   - 이온의 전하량: $\overset{+1\ -1}{NaF} < \overset{+2\ -2}{CaO}$ ➡ 녹는점: $NaF < CaO$
3. **결론**: 이온 결합 물질은 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 이온 결합력이 커 녹는점이 높다.

정답친해 76쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- 이온 결합: 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온 사이의 (❶)에 의해 형성되는 결합
- 이온 결합의 형성: 양이온과 음이온의 정전기적 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 (❷) 거리에서 이온 결합이 형성된다.
- 이온 결합 물질의 성질
  - 결정의 쪼개짐과 부스러짐: 외부에서 힘을 가하면 쉽게 쪼개지거나 부스러진다.
  - 물에 대한 용해성: 대체로 물에 잘 녹는다.
  - 전기 전도성: (❸) 상태에서는 전기 전도성이 없지만, (❹) 상태나 (❺) 상태에서는 전기 전도성이 있다.
  - 녹는점: 이온 사이의 거리가 (❻)수록, 이온의 전하량이 (❼)수록 녹는점이 높다.

1 이온 결합에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 금속 원자는 전자를 얻고, 비금속 원자는 전자를 잃어 이온 결합을 형성한다. ( )

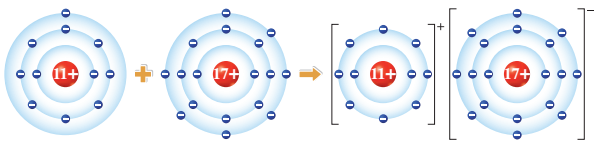
(2) 양이온과 음이온은 정전기적 반발력에 의해 이온 결합을 형성한다. ( )

(3) 염화 나트륨(NaCl)이 생성될 때 나트륨(Na) 원자의 전자 1개가 염소(Cl) 원자로 이동한다. ( )

(4) 양이온과 음이온 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮을 때 이온 결합이 형성된다. ( )

(5) 양이온과 음이온 사이의 거리가 가장 가까울 때 에너지가 가장 낮아 이온 결합이 형성된다. ( )

2 그림은 염화 나트륨(NaCl)의 화학 결합을 모형으로 나타낸 것이다.



나트륨 원자 염소 원자 염화 나트륨

(1) 염화 나트륨에서 각 이온은 어떤 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루고 있는지 각각 쓰시오.

(2) 염화 나트륨에서 두 이온은 어떤 힘에 의해 결합하고 있는지 쓰시오.

3 표는 이온들이 결합하여 생성된 이온 결합 물질에 대한 자료이다. 빈칸에 알맞은 화학식 또는 이름을 쓰시오.

	이온	화학식	이름
(1)	K^+, Cl^-	KCl	( )
(2)	Mg^{2+}, Cl^-	( )	염화 마그네슘
(3)	Ca^{2+}, O^{2-}	CaO	( )
(4)	Al^{3+}, O^{2-}	( )	산화 알루미늄

4 이온 결합 물질의 성질에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 양이온과 음이온이 강하게 결합하여 녹는점과 끓는점이 높다. ( )

(2) 고체 상태와 액체 상태에서는 전기 전도성이 없다. ( )

(3) 외부에서 힘을 가하면 다른 전하를 띤 이온 사이의 반발력에 의해 부스러지기 쉽다. ( )

5 표는 2~4주기 원소로 구성된 이온 결합 물질의 이온 사이의 거리를 나타낸 것이다.

화학식	이온 사이의 거리(pm)	화학식	이온 사이의 거리(pm)
NaF	235	MgO	212
NaCl	283	CaO	240
NaBr	298	SrO	258

각 물질의 녹는점을 부등호로 비교하시오. (단, NaF과 Na_2O은 이온 사이의 거리가 비슷하다.)

(1) NaCl ( ) NaBr (2) NaF ( ) CaO

(3) MgO ( ) SrO (4) NaF ( ) Na_2O

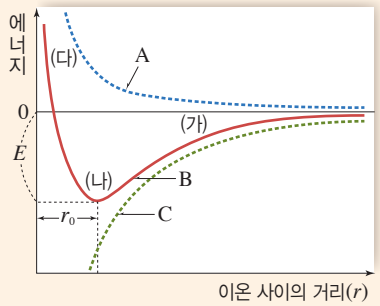
대표 자료 분석

정답친해 77쪽

자료 1 이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화

기출 Point
- 이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화 그래프 해석
- 이온 사이의 거리와 이온 결합의 형성

[1~3] 그림은 이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다.



1 A~C 중 인력과 반발력에 의한 전체 에너지 변화를 나타낸 것을 쓰시오.

2 (가)~(다) 중 이온 결합이 형성되는 지점을 쓰시오.

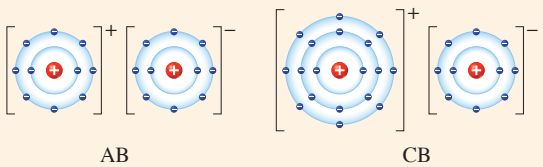
3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) r_0는 양이온과 음이온의 지름의 합과 같다. (○ / ×)
(2) 이온 사이의 거리가 r_0일 때보다 가까울 때는 인력이 반발력보다 우세하게 작용한다. (○ / ×)
(3) E가 클수록 이온 결합 물질의 녹는점이 높다. (○ / ×)
(4) 이온의 전하량이 같을 때 r_0가 작을수록 녹는점이 높다. (○ / ×)
(5) r_0가 비슷할 때 이온의 전하량이 작을수록 녹는점이 높다. (○ / ×)
(6) r_0는 CaO이 MgO보다 크다. (○ / ×)
(7) E는 KCl이 MgO보다 크다. (○ / ×)

자료 2 이온 결합의 형성과 이온 결합 물질

기출 Point
- 이온의 형성과 옥텟 규칙
- 이온 결합 물질의 화학식과 성질

[1~4] 그림은 화합물 AB와 CB를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다. (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)



1 A~C의 원소 기호를 각각 쓰시오.

2 A~C가 각각 안정한 이온이 될 때 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다. A~C의 안정한 이온과 같은 전자 배치를 갖는 비활성 기체를 각각 쓰시오.

3 A와 C가 각각 산소(O)와 결합할 때 생성되는 화합물의 화학식을 순서대로 쓰시오. (단, 화합물은 과산화물이 아니다.)

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

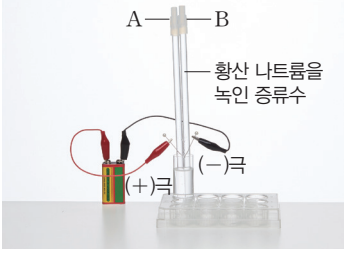
(1) A와 B는 같은 주기 원소이다. (○ / ×)
(2) A와 C는 같은 족 원소이다. (○ / ×)
(3) 이온 사이의 거리는 AB가 CB보다 길다. (○ / ×)
(4) CB의 녹는점은 AB의 녹는점보다 높다. (○ / ×)

내신 만점 문제

정답친해 78쪽

A 화학 결합의 전기적 성질

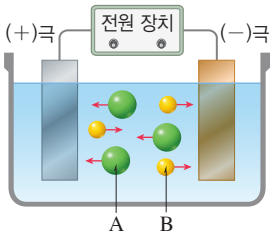
01 그림은 물의 전기 분해 실험 장치를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A에 모인 기체는 산소이다.
② B에 모인 기체에 점화기의 불꽃을 가까이 하면 '펑' 소리가 난다.
③ A와 B에 모이는 기체의 부피비는 1 : 2이다.
④ 황산 나트륨은 물에 전류가 잘 흐르도록 한다.
⑤ (−)극에서는 물 분자가 전자를 잃는 반응이 일어난다.

중요 **02** 그림은 염화 나트륨 용융액을 전기 분해할 때 가열 용기 내에서 각 이온이 이동하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A는 염화 이온이다.
② B는 (−)극에서 전자를 얻는다.
③ (+)극에서는 황록색 기체가 발생한다.
④ (−)극에서는 은백색 물질이 생성된다.
⑤ (+)극과 (−)극에서 생성된 물질의 입자 수비는 1 : 1이다.

서술형 **03** 다음은 염화 나트륨($NaCl$)과 물(H_2O)의 전기 분해를 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

(가) $2NaCl(s) \xrightarrow[\text{전기 분해}]{\text{용융}} 2Na(s)+Cl_2(g)$
(나) $2H_2O(l) \xrightarrow[\text{전기 분해}]{\text{전해질 첨가}} 2H_2(g)+O_2(g)$

(가)와 (나)에서 각 화합물은 분해되어 성분 원소가 얻어진다. 이를 통해 알 수 있는 화학 결합의 성질을 서술하시오.

B 옥텟 규칙

04 비활성 기체와 옥텟 규칙에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 모두 고르면? (2개)

① 비활성 기체는 18족 원소이다.
② 비활성 기체는 안정한 전자 배치를 이루므로 반응성이 크다.
③ 비활성 기체의 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자 수는 모두 같다.
④ 옥텟 규칙은 비활성 기체 이외의 원자들은 화학 결합을 통해 옥텟 규칙을 만족하려는 경향이 있다는 것이다.
⑤ 원자가 안정한 이온이 될 때는 전자를 잃거나 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다.

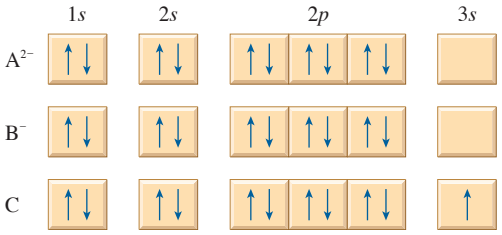
05 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1								A
2	B							C
3		D					E	

A~E에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오. (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. 비활성 기체는 A와 C이다.
ㄴ. B가 안정한 이온이 되면 C와 같은 전자 배치를 이룬다.
ㄷ. D와 E가 각각 안정한 이온이 되면 서로 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다.

06 그림은 원소 A~C의 원자 또는 안정한 이온의 바닥상태 전자 배치를 나타낸 것이다.



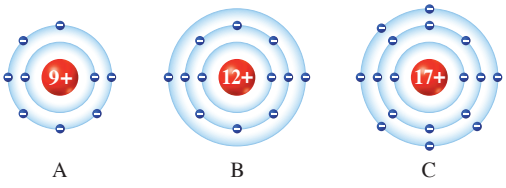
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A의 원자가 전자는 6개이다.
ㄴ. B는 안정한 이온이 될 때 전자 1개를 잃는다.
ㄷ. C는 전자 1개를 얻으면서 옥텟 규칙을 만족한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **07** 그림은 원자 A~C의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.



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

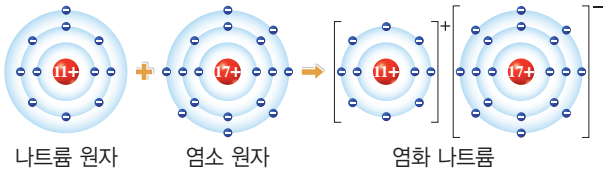
보기

ㄱ. B가 전자 2개를 얻으면 옥텟 규칙을 만족한다.
ㄴ. 안정한 이온이 될 때 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이루는 원자는 A와 B이다.
ㄷ. 안정한 이온이 될 때 음이온이 되는 원자는 A와 C이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

C 이온 결합

중요 **08** 그림은 나트륨 원자와 염소 원자가 반응하여 염화 나트륨을 생성하는 화학 결합 모형을 나타낸 것이다.



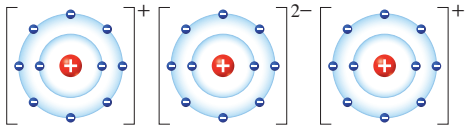
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. Na^+과 Cl^-은 같은 종류의 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다.
ㄴ. 이온 결합이 형성될 때 Na에서 Cl로 전자가 이동한다.
ㄷ. 염화 나트륨은 Na^+과 Cl^-이 1 : 1의 개수비로 결합하여 생성된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 화합물 A_2B를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



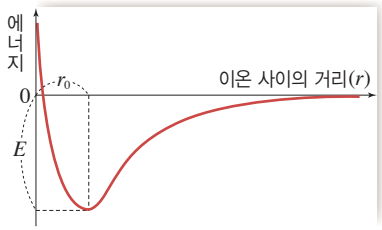
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A와 B는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. A_2B는 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄷ. 화학 결합이 형성될 때 전자는 A에서 B로 이동한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[10~11] 그림은 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다.



중요 **10** 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. r_0는 이온 결합이 형성되는 거리이다.
ㄴ. 이온 사이의 거리가 r_0일 때보다 멀 때는 인력이 반발력보다 우세하게 작용한다.
ㄷ. E가 클수록 이온 결합 물질의 녹는점이 높다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 두 화합물의 r_0와 E의 크기를 각각 옳게 비교한 것은?

	r_0	E
①	LiF > NaCl	LiF < NaCl
②	LiCl < NaCl	LiCl < NaCl
③	MgO < CaO	MgO < CaO
④	MgO < KCl	MgO > KCl
⑤	NaCl > KCl	NaCl < KCl

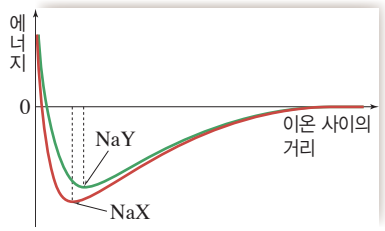
12 다음은 원자 A~E의 바닥상태 전자 배치를 나타낸 것이다.

- A: $1s^2 2s^1$
- B: $1s^2 2s^2 2p^5$
- C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
- D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
- E: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

A~E로 이루어진 화합물의 화학식으로 옳지 <u>않은</u> 것은? (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)

① AB ② A_2D ③ AE
④ CD ⑤ C_2E

13 그림은 2가지 이온 결합 물질의 이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. 원자 번호는 X가 Y보다 크다.
ㄴ. 녹는점은 NaX가 NaY보다 높다.
ㄷ. NaX는 고체 상태에서, NaY는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 다음은 2가지 이온 결합 물질의 화학식에 대한 설명이다.

- 마그네슘 이온(Mg^{2+})과 산화 이온(O^{2-})은 x : y의 개수비로 결합하여 산화 마그네슘을 생성한다.
- 알루미늄 이온(Al^{3+})과 산화 이온(O^{2-})이 결합한 산화 알루미늄의 화학식은 Al_aO_b이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $a : b = 3 : 2$이다.
ㄴ. $\frac{y}{x} \times \frac{b}{a} = \frac{3}{2}$이다.
ㄷ. 이온 결합 물질에서 양이온의 전하량 합과 음이온의 전하량 합은 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **15** 이온 결합 물질의 일반적인 특징으로 옳지 않은 것은?

① 대체로 물에 잘 녹는다.
② 녹는점과 끓는점이 높다.
③ 수용액에서는 전류가 잘 흐른다.
④ 고체 상태에서는 전기 전도성이 없다.
⑤ 이온 결정은 단단해 힘을 가해도 잘 부서지지 않는다.

16 표는 3가지 물질의 녹는점을 나타낸 것이며, 물질 (가)~(다)는 각각 NaF, NaBr, MgO 중 하나이다.

물질	(가)	(나)	(다)
녹는점(℃)	747	996	2825

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, NaF과 MgO의 이온 사이의 거리는 비슷하다.)

보기
ㄱ. (가)는 NaF이다.
ㄴ. (가)~(다) 중 이온 결합력이 가장 큰 화합물은 (다)이다.
ㄷ. (가)와 (나)의 녹는점 차이는 이온의 전하량 때문이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **17** 표는 4가지 이온 결합 물질에 대한 자료이다.

화학식	NaA	NaB	CO	DO
이온 사이의 거리(pm)	235	283	212	240
녹는점(℃)	996	802	2825	2613

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

보기
ㄱ. 원자 번호는 A가 B보다 크다.
ㄴ. C와 D의 전하량은 모두 Na^+의 2배이다.
ㄷ. NaA와 NaB의 녹는점을 비교하면 이온 사이의 거리가 녹는점에 미치는 영향을 알 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 표는 원소 A~D로 이루어진 3가지 화합물에 대한 자료이다. A~D는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.

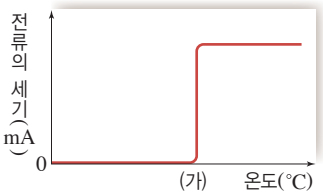
화합물	AB_2	CB	DB_2
액체 상태의 전기 전도성	있음	㉠	없음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. ㉠은 '있음'이다.
ㄴ. A와 C는 모두 금속 원소이다.
ㄷ. AD는 이온 결합 물질이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[19~20] 그림은 2, 3주기의 2가지 원소로 이루어진 고체 X를 가열할 때 온도에 따른 전류의 세기를 나타낸 것이다. (단, X를 구성하는 두 이온은 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다.)



19 X에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. X는 이온 결합 물질이다.
ㄴ. 고체 상태의 X에 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.
ㄷ. X와 이온의 전하량이 같고 X보다 이온 사이의 거리가 긴 화합물의 녹는점은 (가)보다 높다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

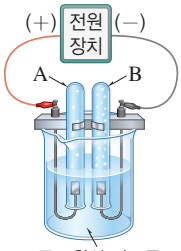
서술형 **20** X를 구성하는 양이온과 음이온의 원소가 각각 어떤 주기에 속하는지 그렇게 판단한 까닭과 함께 서술하시오.

실력 UP 문제

정답친해 81쪽

01 다음은 물(H_2O)의 전기 분해 실험 과정이다.

(가) 비커에 물을 넣고, 황산 나트륨을 소량 녹인다.
(나) (가)의 수용액으로 가득 채운 시험관 A와 B에 그림과 같이 장치하고 전류를 흘려 주어 생성되는 기체를 시험관에 모은다.
(다) 시험관 A, B에 모인 기체의 부피를 측정하고, 기체의 종류를 확인한다.



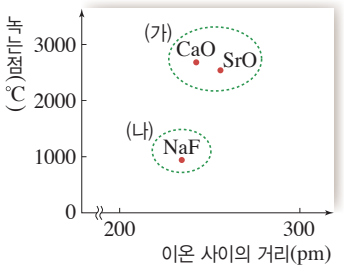
물+황산 나트륨

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A와 B에 모인 기체의 부피비는 1 : 2이다.
ㄴ. B에 모인 기체는 산소(O_2)이다.
ㄷ. 이 실험으로 물을 이루고 있는 수소(H)와 산소(O)의 화학 결합에는 전자가 관여함을 알 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 몇 가지 이온 결합 물질의 이온 사이의 거리에 따른 녹는점을 나타낸 것이다.

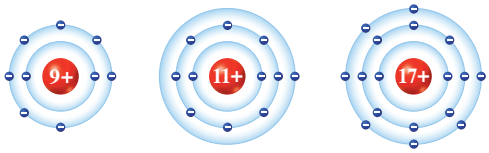


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 이온의 전하량은 CaO이 SrO보다 크다.
ㄴ. (가)에서 CaO이 SrO보다 녹는점이 높은 까닭은 CaO이 SrO보다 이온 사이의 거리가 짧기 때문이다.
ㄷ. (가)가 (나)보다 녹는점이 높은 주된 까닭은 (가)가 (나)보다 이온의 전하량이 크기 때문이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 원자 A~C의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.

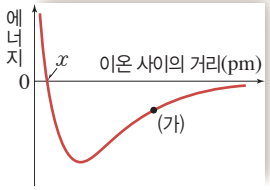


A~C 중 2가지 원자가 결합하여 이온 결합 물질을 생성할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. 녹는점은 BC(s)가 BA(s)보다 높다.
ㄴ. 이온 사이의 거리는 BA가 BC보다 길다.
ㄷ. BA를 구성하는 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 이룬다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 $Na^+(g)$과 $X^-(g)$ 사이의 거리에 따른 에너지 변화를, 표는 $NaX(g)$와 $NaY(g)$가 가장 안정한 상태일 때 각 물질에서 양이온과 음이온 사이의 거리를 나타낸 것이다.



물질	이온 사이의 거리(pm)
$NaX(g)$	236
$NaY(g)$	250

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

보기
ㄱ. NaX에서 x는 236보다 작다.
ㄴ. (가)에서 Na^+과 X^- 사이에 작용하는 힘은 반발력이 인력보다 우세하다.
ㄷ. 1 atm에서 녹는점은 $NaX(s)$가 $NaY(s)$보다 높다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2 공유 결합과 금속 결합

핵심 포인트
1. 공유 결합의 형성 ★★★
2. 공유 결합 물질의 성질 ★★
3. 금속 결합 물질의 성질 ★★★
4. 녹는점, 끓는점, 전기 전도성을 이용한 물질의 분류 ★★★

A 공유 결합

우리 주변에는 물, 산소, 수소, 이산화 탄소 등과 같은 분자들이 존재하는데, 이러한 분자는 모두 비금속 원소로 이루어져 있어요. 그렇다면 비금속 원소 사이에서는 어떤 원리로 화학 결합이 형성되는 걸까요? 지금부터 살펴볼까요?

◆ **비금속 원소**
주기율표에서 14~17족 원소들은 원자가 전자가 4~7개이다. 따라서 비금속 원소들끼리 결합하여 안정한 전자 배치를 하기 위해서는 부족한 전자 수만큼 서로 전자를 공유하여 결합해야 한다.

1. 공유 결합

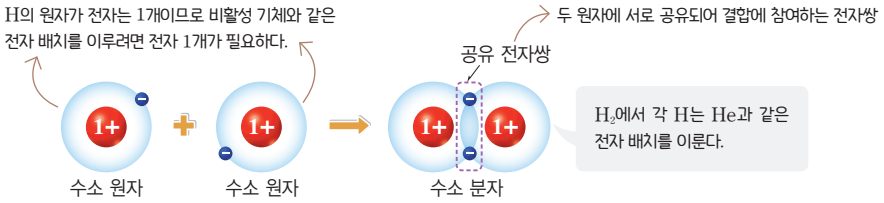
◆비금속 원자들이 전자쌍을 공유하여 형성되는 결합

175쪽 대표 자료 ❶

(1) **공유 결합의 형성**: 비금속 원자들이 각각 전자를 내놓아 전자쌍을 만들고, 이 전자쌍을 공유하여 결합이 형성된다.

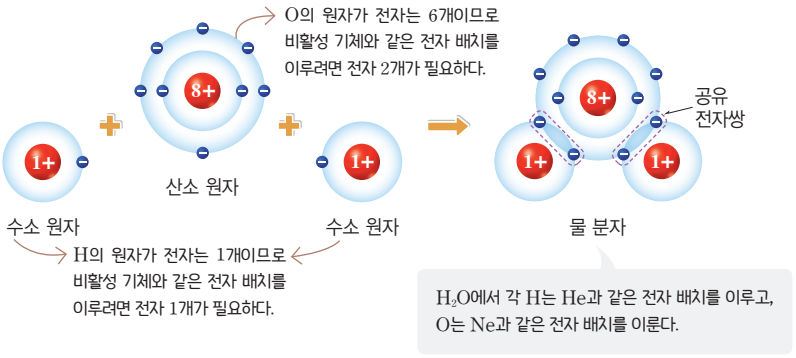
수소(H_2)의 공유 결합

수소(H) 원자 2개가 전자를 각각 1개씩 내놓아 전자쌍 1개를 공유하여 결합을 형성한다.



물(H_2O)의 공유 결합

산소(O) 원자 1개가 수소(H) 원자 2개와 각각 전자쌍 1개씩을 공유하여 결합을 형성한다.



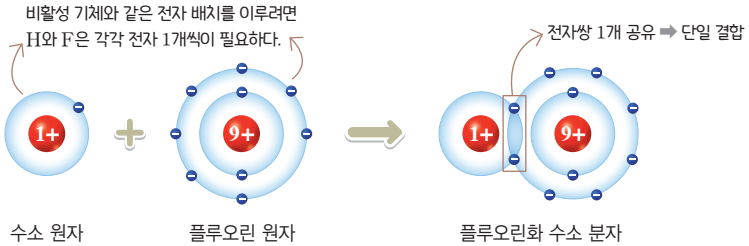
(2) **공유 결합의 종류**

① 단일 결합: 두 원자 사이에 전자쌍 1개를 공유하여 형성되는 결합

예 HF, H_2, NH_3, CH_4 등

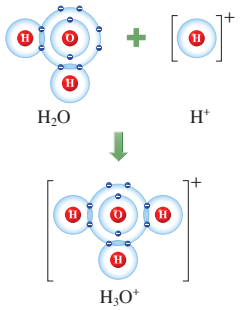
플루오린화 수소(HF)의 생성

플루오린화 수소(HF) 분자에서 수소(H) 원자와 플루오린(F) 원자 사이에는 단일 결합이 형성된다.



동아, 천재 교과서에만 나와요.

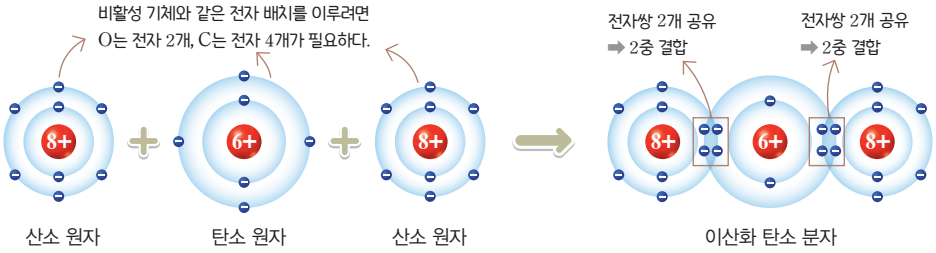
◆ **배위 공유 결합**
어떤 이온이나 분자가 옥텟 규칙을 만족하지 못하는 경우 다른 원자나 분자가 공유 전자쌍을 모두 제공하는 공유 결합을 형성하는데, 이를 배위 공유 결합 또는 배위 결합이라고 한다.



하이드로늄 이온(H_3O^+)의 형성

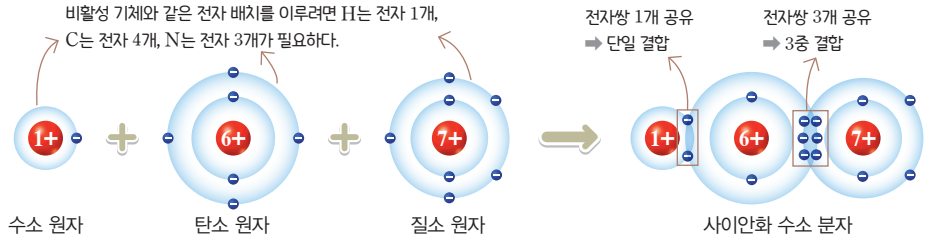
② 2중 결합: 두 원자 사이에 전자쌍 2개를 공유하여 형성되는 결합 예 CO_2, O_2 등

이산화 탄소(CO_2)의 생성



③ 3중 결합: 두 원자 사이에 전자쌍 3개를 공유하여 형성되는 결합 예 HCN, N_2 등

사이안화 수소(HCN)의 생성



(3) 공유 결합의 형성과 에너지 변화

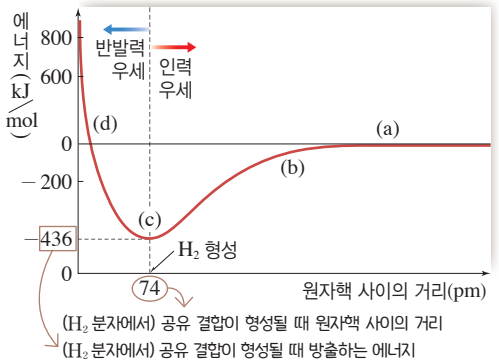
① 분자를 이루는 두 원자 사이에는 ◆정전기적 인력과 반발력이 동시에 작용한다.

② 두 원자 사이의 거리가 가까워지면 인력이 작용하여 에너지가 낮아지지만, 두 원자 사이의 거리가 너무 가까워지면 반발력이 커지므로 에너지가 급격하게 높아진다.

③ 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 공유 결합이 형성된다.

공유 결합의 형성과 에너지 변화

175쪽 대표 자료 ❷



(a) H H — 멀리 떨어져 있어 서로 영향을 미치지 않는다.

(b) H H — 두 원자가 접근할수록 인력이 작용하여 안정해진다.

(c) H H, 74 pm — 에너지가 가장 낮은 지점에서 공유 결합이 형성된다.

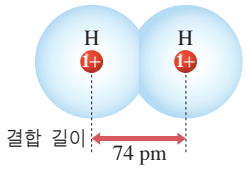
(d) H H — 너무 가까워지면 반발력이 작용하여 불안정해진다.

④ ◆결합 길이: 두 원자가 공유 결합을 이룰 때 두 원자핵 사이의 거리
• '공유 결합 길이'라고도 한다.

미래엔, 천재 교과서에만 나와요.

⑤ ◆결합 에너지: 기체 상태의 분자 1 mol에서 원자 사이의 공유 결합을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지로, 결합 에너지가 클수록 결합이 강하고 안정하다.

예 $H_2(g) + 436\ kJ \longrightarrow H(g) + H(g)$
• 수소 분자의 결합 에너지

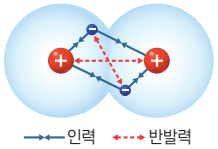


수소(H_2)의 결합 길이

◆ **다중 결합**
다중 결합은 두 원자 사이에 여러 개의 전자쌍을 공유하는 결합이다. 2중 결합과 3중 결합을 통틀어 다중 결합이라고 한다.

YBM 교과서에만 나와요.

◆ **분자 내의 인력과 반발력**



분자를 이루는 두 원자의 원자핵과 공유된 전자 사이에는 인력이 작용하고, 원자핵과 원자핵, 전자와 전자 사이에는 반발력이 작용한다.

천재 교과서에만 나와요.

◆ **결합 길이와 결합 에너지의 관계**

분자	결합 길이 (pm)	결합 에너지 (kJ/mol)
Cl_2	199	242
Br_2	228	194
I_2	267	152

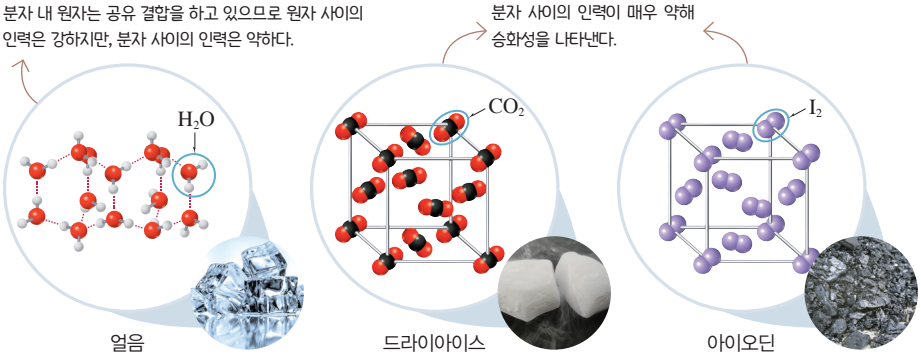
일반적으로 결합 길이가 짧을수록 결합이 강하므로 결합 에너지가 크다.

2. 공유 결합 물질 공유 결합으로 생성되는 물질로, 대부분이 독립된 분자로 존재한다.

➡ 고체 상태의 공유 결합 물질은 분자 결정과 공유 결정으로 구분할 수 있다.

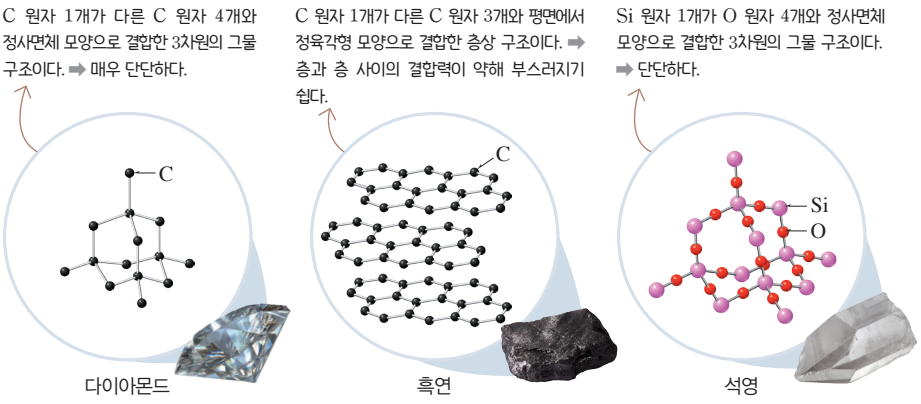
(1) **분자 결정(분자성 고체)**: 분자들이 분자 사이에 작용하는 인력에 의해 규칙적으로 배열되어 이룬 결정 예 얼음(H_2O), 드라이아이스(CO_2), 아이오딘(I_2), 나프탈렌($C_{10}H_8$) 등 ← 대표적인 승화성 물질이다.

분자 결정 모형



(2) **공유 결정(원자 결정)**: 물질을 구성하고 있는 모든 원자가 연속적으로 공유 결합을 형성하여 그물처럼 연결된 결정 예 다이아몬드(C), 흑연(C), 석영(SiO_2) 등 ← 분자로 존재하지 않는다.

공유 결정 모형



궁금해?

흑연은 공유 결합 물질인데, 왜 전기 전도성이 있을까?

흑연은 공유 결합 물질이지만 예외로 고체 상태에서 전기 전도성이 있다. 이는 흑연에서 탄소 원자 1개는 다른 탄소 원자 3개와 결합하고 있어 4개의 원자가 전자 중 3개가 결합에 참여하고, 나머지 1개의 전자가 자유롭게 이동하면서 전기를 통하기 때문이다.

3. 공유 결합 물질의 성질

(1) **결정의 부스러짐**: 분자 결정은 분자 사이의 인력이 약해 쉽게 부스러지지만, 공유 결정은 원자들이 강하게 결합되어 있어 단단하다.

(2) **물에 대한 용해성**: 대부분 물에 잘 녹지 않는다. ← HCl, NH_3처럼 물에 녹아 이온을 형성하는 분자는 물에 잘 녹는다.

(3) **전기 전도성**: 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다. (단, 흑연은 예외) ➡ 전자가 원자 사이에 공유되어 있거나 원자핵에 강하게 결합되어 있어 이동할 수 없기 때문이다.

(4) **녹는점과 끓는점**

① 분자 결정: 분자 사이의 인력이 약해 녹는점과 끓는점이 비교적 낮고, 실온에서 대부분 액체 상태나 기체 상태로 존재한다. ← 분자 사이에 작용하는 인력은 이온 결합이나 공유 결합에 비해 매우 약하다.

② 공유 결정: 원자들이 강하게 결합되어 있어 녹는점이 매우 높고, 실온에서 고체 상태로 존재한다. 예 흑연과 다이아몬드의 녹는점: 3500 °C 이상

주의해!

분자 결정의 결합 에너지와 녹는점, 끓는점

분자 결정의 결합 에너지는 녹는점이나 끓는점과 관계가 없다. 결합 에너지는 분자를 이루는 원자 사이의 결합의 세기를 나타내는 척도인 반면, 분자 결정의 녹는점과 끓는점은 분자 사이의 인력에 의해 결정되기 때문이다.

정답친해 81쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶) 결합: 비금속 원자들이 전자쌍을 공유하여 형성되는 결합
- 공유 결합의 형성과 에너지 변화: 공유 결합은 두 원자의 정전기적 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 (❷) 거리에서 형성되며, 이때 두 원자핵 사이의 거리를 (❸)라고 한다.
- (❹): 분자들이 분자 사이에 작용하는 인력에 의해 규칙적으로 배열되어 이룬 결정
- (❺): 물질을 구성하고 있는 모든 원자가 연속적으로 공유 결합을 형성하여 그물처럼 연결된 결정
- 공유 결합 물질의 성질
  - 결정의 부스러짐: (❻) 결정은 쉽게 부스러지지만, (❼) 결정은 단단하다.
  - 물에 대한 용해성: 대부분 물에 잘 녹지 않는다.
  - 전기 전도성: 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 (❽). (흑연은 예외)
  - 녹는점과 끓는점: (❾) 결정은 녹는점과 끓는점이 낮지만, (❿) 결정은 녹는점이 매우 높다.

1 공유 결합에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

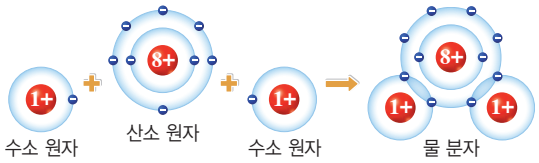
(1) 비금속 원자들 사이에 전자를 주고받아 이루어지는 결합이다. ( )

(2) 원자들이 공유 결합을 형성하면 비활성 기체와 같은 안정한 전자 배치를 이룬다. ( )

(3) 결합에 참여하는 전자쌍을 공유 전자쌍이라고 한다. ( )

(4) 두 원자 사이에 항상 1개의 전자쌍을 공유하여 형성된다. ( )

2 그림은 물 분자의 생성 과정을 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



다음 ㉠~㉤에 알맞은 수 또는 원소 이름을 쓰시오.

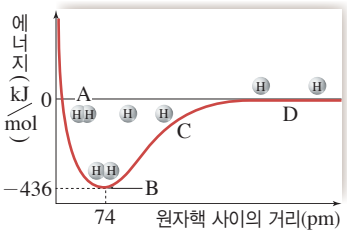
- 수소 원자와 산소 원자가 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루려면 수소 원자는 전자 ㉠( )개, 산소 원자는 전자 ㉡( )개가 필요하다.
- 물 분자에는 공유 전자쌍이 ㉢( )개 있다.
- 물 분자에서 수소는 ㉣( )과 같은 전자 배치를 이루고, 산소는 ㉤( )과 같은 전자 배치를 이룬다.

3 (가)2중 결합이 있는 물질과 (나)3중 결합이 있는 물질을 [보기]에서 각각 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. N_2 ㄴ. O_2 ㄷ. HF
ㄹ. HCN ㅁ. CO_2 ㅂ. CH_4

4 그림은 수소(H_2) 분자가 생성될 때 원자핵 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다.



(1) A~D 중 공유 결합이 형성되는 위치를 고르시오.

(2) 수소 분자의 결합 길이(pm)와 결합 에너지(kJ/mol)를 각각 쓰시오.

5 공유 결합 물질의 구조와 성질에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 드라이아이스와 아이오딘은 분자 결정이고, 흑연과 석영은 공유 결정이다. ( )

(2) 분자 사이의 인력이 강하므로 녹는점과 끓는점이 높다. ( )

(3) 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있다. ( )

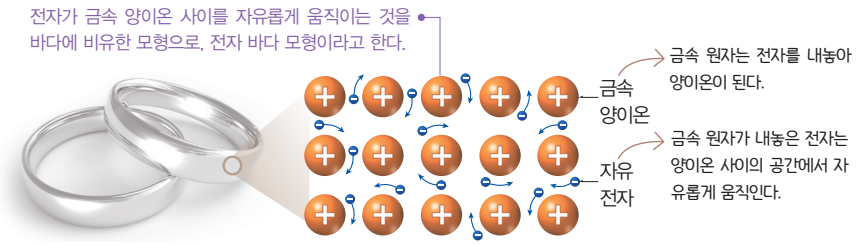
B 금속 결합

1. 금속 결합 ◆금속 원소의 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의한 결합

➡ 자유 전자: 금속 원자에서 떨어져 나온 전자로, 한 원자에 속해 있지 않고 수많은 금속 양이온 사이를 자유롭게 이동할 수 있다. ● 금속에서 원자가 전자는 쉽게 떨어져 나온다.

2. 금속 결합 물질 금속 결합으로 생성된 물질로, 고체 상태의 금속 결합 물질은 금속 결정이라고 한다. ● 금속 원자가 규칙적으로 배열되어 있다.

금속 결정의 모형

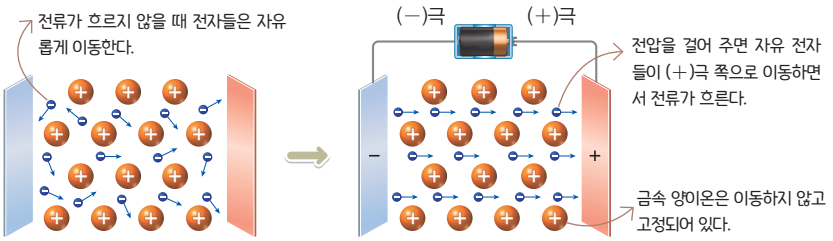


3. 금속 결합 물질의 성질 금속의 여러 가지 특성은 자유 전자에 의해 나타난다.

(1) **광택**: 대부분 은백색 광택을 나타낸다. (단, 금은 노란색, 구리는 붉은색) ➡ 금속 표면의 자유 전자가 빛을 흡수하였다가 다시 방출하기 때문이다.

(2) **전기 전도성**: 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 크다. ➡ 자유 전자들이 비교적 자유롭게 이동할 수 있기 때문이다.

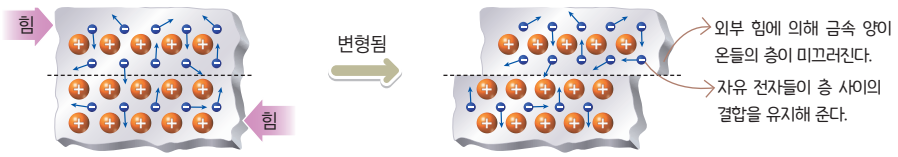
금속의 전기 전도성



(3) **열 전도성**: 크다. ➡ 금속을 가열하면 자유 전자가 열에너지를 얻게 되고, 큰 열에너지를 가진 자유 전자가 인접한 자유 전자와 금속 양이온에 열에너지를 전달하기 때문이다.

(4) ◆**연성(뽑힘성)과 전성(펴짐성)**: 크다. ➡ 외부의 힘에 의해 금속이 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합이 유지되기 때문이다.

금속의 연성과 전성



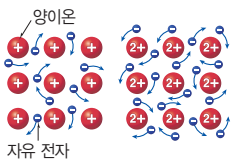
(5) ◆**녹는점과 끓는점**: 녹는점과 끓는점이 매우 높아 실온에서 대부분 고체 상태로 존재한다. (단, 수은은 예외) ➡ 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 강하게 결합하기 때문이다.

◆ **금속 원소**
주기율표에서 1~2족에 속하는 금속 원소들은 원자가 전자가 1~2개이다. 따라서 이온화 에너지가 작아서 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

◆ **연성과 전성**
- 연성: 금속을 가느다란 실처럼 길게 늘일 수 있는 성질로, 뽑힘성 또는 늘림성이라고도 한다. 이용된 예로 구리 전선 등이 있다.
- 전성: 금속을 얇은 판처럼 넓게 펼 수 있는 성질로, 펴짐성이라고도 한다. 이용된 예로 금박, 알루미늄 포일 등이 있다.

지학사 교과서에만 나와요.

◆ **금속 양이온의 전하와 녹는점의 관계**
나트륨과 같이 양이온의 전하가 +1인 경우에는 양이온 수만큼 자유 전자가 존재한다. 또, 마그네슘과 같이 양이온의 전하가 +2인 경우에는 자유 전자의 수가 양이온의 2배가 된다. 따라서 양이온의 전하가 +2인 경우가 +1인 경우보다 더 강하게 금속 결합을 형성하여 금속의 녹는점이 더 높다.



C 화학 결합과 물질의 성질

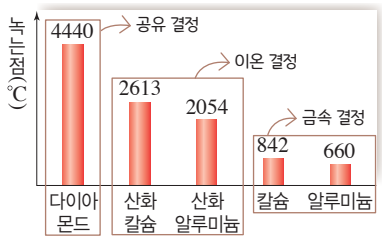
원소의 종류에 따라 화학 결합이 달라지고, 화학 결합의 종류에 따라 물질의 성질이 달라져요. 그러면 화학 결합의 세기는 어떻게 다를까요? 화학 결합의 세기를 비교해 보고, 탐구를 통해 화학 결합의 종류에 따른 물질의 성질을 정리해 보아요.

1. 화학 결합의 세기

(1) **화학 결합의 세기**: 일반적으로 공유 결합>이온 결합>금속 결합이다.

(2) **화학 결합의 세기와 녹는점의 관계**: 화학 결합의 세기가 강할수록 물질의 녹는점이 높다.

화학 결합의 종류에 따른 물질의 녹는점



- 실온에서 고체 상태인 물질은 일반적으로 공유 결정의 녹는점이 가장 높고, 금속 결정의 녹는점이 가장 낮다.
  ➡ ◆녹는점: 공유 결정>이온 결정>금속 결정
- 화학 결합의 세기가 강할수록 물질의 녹는점이 높으므로, 제시된 결정의 녹는점을 통해 공유 결합의 세기가 가장 강하고, 금속 결합의 세기가 가장 약함을 알 수 있다.

◆ 결정의 종류와 녹는점

결정	녹는점
공유 결정	매우 높음
이온 결정	높음
금속 결정	비교적 높음
분자 결정	낮음

176쪽 대표 자료 ❸

2. ◆화학 결합과 물질의 성질 상태에 따른 전기 전도성, 녹는점 등 물질의 성질을 비교하여 화학 결합의 종류를 알 수 있다.

탐구 자료창 화학 결합의 종류에 따른 물질의 성질

176쪽 대표 자료 ❹

표는 몇 가지 물질의 상태에 따른 전기 전도성과 녹는점을 나타낸 것이다.

구분	전기 전도성			녹는점 (℃)
	고체	액체	수용액	
염화 나트륨	없음	있음	있음	802
산화 칼슘	없음	있음	있음	2613
설탕	없음	없음	없음	185
다이아몬드	없음	없음	—	4440
알루미늄	있음	있음	—	660

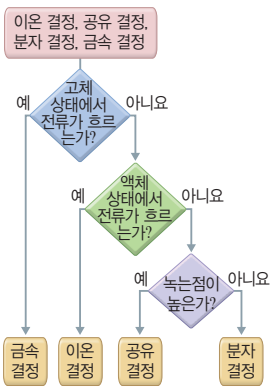
1. **전기 전도성을 이용한 물질의 분류**
   - 이온 결합 물질: 염화 나트륨, 산화 칼슘 ➡ 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있기 때문이다.
   - 공유 결합 물질: 설탕, 다이아몬드 ➡ 상태에 관계없이 모두 전기 전도성이 없기 때문이다.
   - 금속 결합 물질: 알루미늄 ➡ 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있기 때문이다.
2. **화학 결합의 종류에 따른 물질의 녹는점 비교**
   - 이온 결합 물질의 녹는점 비교: 산화 칼슘>염화 나트륨 ➡ 이온의 전하량이 산화 칼슘>염화 나트륨이기 때문이다.
   - 공유 결합 물질의 녹는점 비교: 다이아몬드>설탕 ➡ 원자 사이의 공유 결합력이 분자 사이의 인력보다 매우 강하기 때문이다. (다이아몬드: 공유 결정, 설탕: 분자 결정)
   - 전체 물질의 녹는점 비교: 다이아몬드>산화 칼슘>염화 나트륨>알루미늄>설탕 (다이아몬드: 공유 결정, 산화 칼슘·염화 나트륨: 이온 결정, 알루미늄: 금속 결정, 설탕: 분자 결정)
3. **결론**: 일반적으로 공유 결합이 이온 결합이나 금속 결합보다 강하므로 공유 결정이 이온 결정이나 금속 결정보다 녹는점이 높다. 분자 사이의 인력은 원자 사이의 결합력에 비해 매우 약하므로 분자 결정은 공유 결정에 비해 녹는점이 매우 낮다.

주의해!

화학 결합의 종류에 따른 물질의 녹는점

모든 공유 결정의 녹는점이 가장 높고, 금속 결정의 녹는점이 가장 낮은 것은 아니다. 예를 들어 금속 결정인 구리나 철은 녹는점이 1000 ℃가 넘어서 공유 결정인 규소나 이온 결정인 염화 나트륨보다 녹는점이 높다.

◆ 물질의 성질에 따른 분류



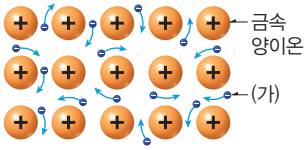
정답친해 82쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶) 결합: 금속 원소의 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의한 결합
- (❷): 금속 원자에서 떨어져 나온 전자로, 한 원자에 속해 있지 않고 수많은 금속 양이온 사이를 자유롭게 이동할 수 있다.
- 금속 결합 물질의 성질: (❸)에 의해 나타난다.
  - 광택: 대부분 (❹) 광택을 나타낸다.
  - 전기 전도성: (❺) 상태와 (❻) 상태에서 전기 전도성이 크다.
  - 열 전도성, 연성과 전성: 크다.
  - 녹는점과 끓는점: 녹는점과 끓는점이 매우 높아 실온에서 대부분 (❼) 상태로 존재한다.
- 화학 결합의 세기: 화학 결합의 세기가 강할수록 물질의 녹는점이 (❽)으며, 일반적으로 녹는점은 (❾) 결정>(❿) 결정>(⓫) 결정이다.

[1~2] 그림은 금속 결정의 모형을 나타낸 것이다.



1 (가)의 이름을 쓰시오.

2 이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 금속 결합은 금속 양이온과 (가) 사이의 정전기적 반발력에 의해 이루어진다. ( )

(2) 금속이 연성과 전성을 나타내는 까닭은 (가)가 결합을 유지시키기 때문이다. ( )

(3) 금속에 전원 장치를 연결하면 금속 양이온은 (+)극 쪽으로, (가)는 (−)극 쪽으로 이동한다. ( )

(4) 금속이 전기 전도성을 나타내는 까닭은 (가) 때문이다. ( )

3 금속은 우리 주위에서 다양하게 이용된다. (가)알루미늄 포일과 (나)구리 전선은 각각 금속의 어떤 성질을 이용한 것인지 쓰시오.

4 금속 결합 물질의 성질에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다. ( )

(2) 외부의 힘에 의해 변형되어도 결합은 그대로 유지된다. ( )

(3) 자유 전자에 의해 열 전도성이 나타난다. ( )

(4) 녹는점과 끓는점이 대체로 높은 까닭은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 이온 결합력이 강하기 때문이다. ( )

5 다음 물질이 원자 사이에 형성하고 있는 화학 결합을 옳게 연결하시오.

(1) 구리(Cu) •
(2) 염화 수소(HCl) •
(3) 다이아몬드(C) •
(4) 산화 마그네슘(MgO) •

• ㉠ 이온 결합
• ㉡ 공유 결합
• ㉢ 금속 결합

6 표는 3가지 물질의 상태에 따른 전기 전도성을 나타낸 것이다.

물질	염화 나트륨	설탕	마그네슘
고체 상태	없음	없음	있음
액체 상태	㉠	㉢	㉣
수용액 상태	㉡	없음	—

㉠~㉣에 알맞은 말을 각각 쓰시오.

대표 자료 분석

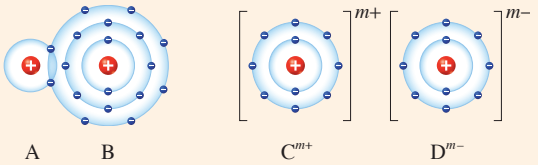
정답친해 83쪽

자료 ❶ 화학 결합 모형의 해석

기출 Point
- 옥텟 규칙
- 이온 결합, 공유 결합 모형의 해석

[1~4] 다음은 화합물 AB와 CD의 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이고, 그림은 AB와 CD를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다. (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

$$2AB + CD \longrightarrow (가) + A_2D$$



1 A~D의 실제 원소 기호를 각각 쓰시오.

2 화합물 (가)의 화학식을 쓰시오.

3 화합물 (가)와 A_2D를 이루는 화학 결합의 종류를 각각 쓰시오.

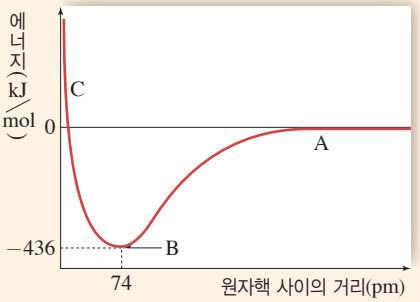
4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) $m=2$이다. ····· (○ / ×)
(2) A_2와 D_2는 모두 2중 결합으로 생성된다. ····· (○ / ×)
(3) AB와 CD를 이루는 화학 결합의 종류는 같다. ····· (○ / ×)
(4) 생성물 중 AB와 화학 결합의 종류가 같은 물질은 (가)이다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 원자핵 사이의 거리에 따른 에너지 변화

기출 Point
- 원자핵 사이의 거리에 따른 에너지 변화 그래프 해석
- 원자핵 사이의 거리와 공유 결합의 형성

[1~3] 그림은 수소 분자의 생성 과정에서 수소 원자핵 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다.



1 A~C 중 수소 분자가 생성될 때 두 수소 원자 사이의 인력과 반발력이 균형을 이룬 지점을 고르시오.

2 수소 분자의 (가)결합 에너지(kJ/mol)와 (나)결합 길이(pm)를 쓰시오.

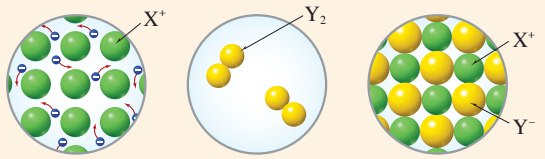
3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) A~C 중 두 수소 원자 사이에 반발력이 가장 우세한 지점은 A이다. ····· (○ / ×)
(2) A에서 B로 갈수록 두 수소 원자 사이의 인력이 점점 커진다. ····· (○ / ×)
(3) B에서 공유 전자쌍 1개를 형성한다. ····· (○ / ×)
(4) 두 수소 원자가 C 상태일 때 가장 안정하다. (○ / ×)
(5) B에서 C로 갈수록 에너지가 높아지는 것은 수소 원자 사이의 인력이 커지기 때문이다. ····· (○ / ×)
(6) 수소 원자의 반지름은 74 pm이다. ····· (○ / ×)
(7) 1 mol의 기체 상태의 수소 분자에서 원자 사이의 결합을 끊는 데 필요한 에너지는 436 kJ이다. (○ / ×)
(8) 수소 분자보다 공유 결합력이 큰 분자는 B에서보다 더 높은 에너지에서 결합이 형성된다. ····· (○ / ×)

자료 3 화학 결합 물질 모형의 해석

기출 Point
- 금속 결합, 공유 결합, 이온 결합 물질 모형의 해석
- 화학 결합의 종류와 물질의 성질

[1~4] 그림은 실온에서 3가지 물질의 입자 모형을 나타낸 것이다. (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)



(가) X (나) Y_2 (다) XY

1 (가)~(다)를 이루는 화학 결합의 종류를 각각 쓰시오.

2 (가)~(다) 중 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질을 있는 대로 고르시오.

3 (가)~(다) 중 양이온과 다른 입자 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된 물질을 있는 대로 고르시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)는 연성(뽑힘성)이 있다. ····· (○ / ×)
(2) (나)는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. ··· (○ / ×)
(3) 고체 상태에서 전성(펴짐성)은 (가)가 (다)보다 크다. ····· (○ / ×)
(4) X와 Y는 모두 비금속 원소이다. ····· (○ / ×)

자료 4 화학 결합과 물질의 성질

기출 Point
- 녹는점, 끓는점, 전기 전도성을 이용한 물질의 분류
- 이온 결합 물질, 공유 결합 물질, 금속 결합 물질의 성질

[1~4] 표는 물질 A~D의 몇 가지 성질을 나타낸 것이다.

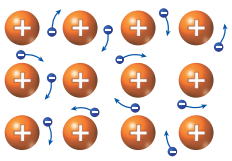
물질	녹는점 (℃)	끓는점 (℃)	전기 전도성	
			고체	액체
A	802	1413	×	○
B	−114	78.8	×	×
C	97.8	882	○	○
D	1670	2250	×	×

(단, ○: 전기 전도성이 있음, ×: 전기 전도성이 없음)

1 물질 A~D 중 양이온과 음이온의 정전기적 인력에 의해 형성된 물질을 있는 대로 고르시오.

2 물질 A~D 중 같은 종류의 결합으로 이루어진 물질을 고르고, 그 결합의 종류를 쓰시오.

3 물질 A~D 중 그림과 같은 모형으로 나타낼 수 있는 물질을 고르시오. (단, ⊕는 양이온, ⊖는 전자이다.)



4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) A의 결정은 외부 힘에 의해 쉽게 부스러진다. ····· (○ / ×)
(2) B는 원자 사이에 공유 결합을 하고 있다. ····· (○ / ×)
(3) B는 실온에서 분자로 존재한다. ····· (○ / ×)
(4) C는 실온에서 이온 결정으로 존재한다. ····· (○ / ×)
(5) D는 녹는점과 끓는점이 높으므로 금속이다. (○ / ×)
(6) 자유 전자가 존재하는 것은 A이다. ····· (○ / ×)
(7) 다이아몬드나 석영은 A와 같은 종류의 결정이다. ····· (○ / ×)
(8) 실온에서 액체 상태인 물질은 C이다. ····· (○ / ×)
(9) 화학 결합의 세기는 D가 가장 강하다. ····· (○ / ×)

내신 만점 문제

정답친해 84쪽

A 공유 결합

01 공유 결합에 대한 설명으로 옳은 것은?

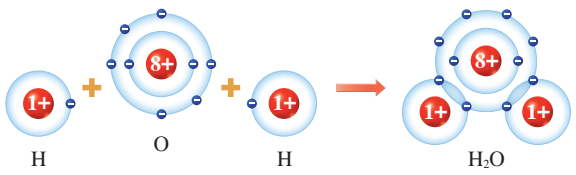
① 전자를 주고받아 결합이 형성된다.
② 원자가 전자 수만큼 공유 결합을 형성한다.
③ 결합이 형성된 원자는 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다.
④ 공유 결합은 이온 사이의 정전기적 인력으로 형성된다.
⑤ 공유 결합 물질은 대부분 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

02 표는 2주기 원자 A~C의 바닥상태 전자 배치를 나타낸 것이다.

원소	A	B	C
전자 배치	$1s^2 2s^2 2p^2$	$1s^2 2s^2 2p^4$	$1s^2 2s^2 2p^6$

A~C 중 서로 결합할 때 공유 결합을 형성할 수 있는 원소를 고르시오. (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

중요 **03** 그림은 물 분자의 화학 결합 모형을 나타낸 것이다.

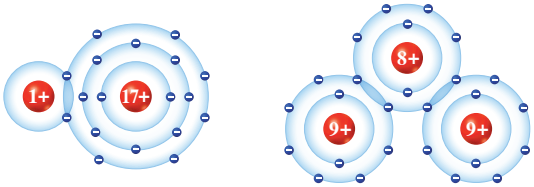


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 수소 원자와 산소 원자 사이의 결합은 공유 결합이다.
ㄴ. 물 분자 내에서 산소는 옥텟 규칙을 만족한다.
ㄷ. 물 분자 1개는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개가 전자를 주고받아 생성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 화합물 (가)와 (나)를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.

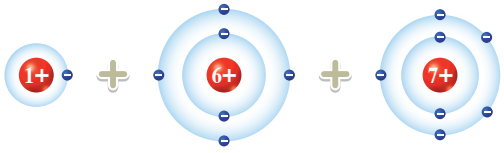


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이고, 원자 번호는 A<B이다.)

보기
ㄱ. B와 D는 같은 족 원소이다.
ㄴ. (가)와 (나)의 공유 전자쌍 수는 같다.
ㄷ. A와 C로 이루어진 화합물 중 원자 수가 가장 작은 화합물의 화학식은 AC_2이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

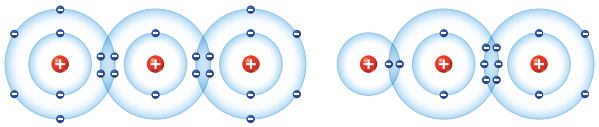
서술형 **05** 그림은 사이안화 수소(HCN)가 생성되기 전 각 원자의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다.



(1) (가)H와 C 사이와 (나)C와 N 사이에는 각각 몇 개의 공유 전자쌍이 형성되는지 쓰시오.

(2) 각 원자 사이의 공유 전자쌍이 (1)과 같이 나타난 까닭을 각 원자의 원자가 전자 수를 언급하여 서술하시오.

중요 **06** 그림은 분자 (가)와 (나)를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다.
ㄴ. (가)와 (나)에는 모두 다중 결합이 있다.
ㄷ. (가)와 (나)에서 각 원자는 모두 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **07** 그림은 수소(H_2) 분자가 생성되는 과정에서의 에너지 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 수소 분자의 결합 길이는 37 pm이다.
ㄴ. 기체 상태의 수소 분자 1 mol을 기체 상태의 수소 원자로 만드는 데 436 kJ의 에너지가 필요하다.
ㄷ. 원자핵 사이의 거리가 74 pm보다 작을 때 인력이 우세하게 작용한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 2주기 원소 A~C의 원자 반지름과 이원자 분자 A_2~C_2의 결합 길이와 결합 에너지에 대한 자료이다.

원소	원자 반지름(Å)	이원자 분자	
		결합 길이(Å)	결합 에너지(kJ/mol)
A	0.71	1.42	159
B	0.73	1.21	498
C	0.75	1.10	945

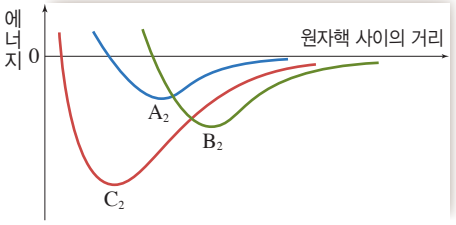
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 원자가 전자 수는 A>B>C이다.
ㄴ. 공유 전자쌍 수는 A_2가 B_2의 2배이다.
ㄷ. 다중 결합이 있는 분자는 A_2와 C_2이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 2, 3주기 원소 A~C가 각각 기체 상태의 이원자 분자를 생성할 때, 각 분자 내 원자들의 원자핵 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다.



A_2~C_2에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

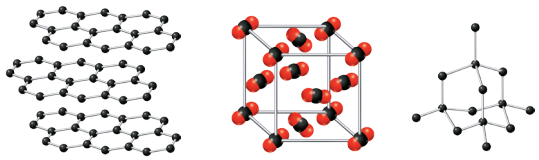
ㄱ. 결합 에너지가 가장 큰 것은 A_2이다.
ㄴ. 결합 길이가 가장 짧은 것은 B_2이다.
ㄷ. 결합의 세기가 가장 강한 것은 C_2이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 공유 결합 물질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 일반적으로 고체나 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.
② 분자 사이의 인력이 약해 승화성이 있는 물질이 존재한다.
③ 분자의 결합 에너지가 클수록 분자 결정의 녹는점과 끓는점이 높게 나타난다.
④ 석영은 규소와 산소가 그물처럼 연결되어 생성된 공유 결합 물질이다.
⑤ 얼음은 물 분자들이 분자 사이의 인력에 의해 규칙적으로 배열된 공유 결합 물질이다.

중요 **11** 그림은 탄소(C)를 포함한 몇 가지 물질들을 모형으로 나타낸 것이다.



흑연(C) 드라이아이스(CO_2) 다이아몬드(C)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 원자와 원자 사이에는 모두 공유 전자쌍이 존재한다.
ㄴ. 드라이아이스는 분자 사이의 인력이 매우 약하다.
ㄷ. 흑연은 층상 구조이고, 다이아몬드는 그물 구조이다.

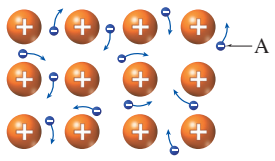
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 금속 결합

12 금속의 일반적인 성질 중 자유 전자와 관계가 적은 것은?

① 밀도가 크다.
② 열을 잘 전달한다.
③ 전기 전도성이 크다.
④ 두드리면 넓게 펴지는 성질이 있다.
⑤ 잡아당기면 길게 늘어나는 성질이 있다.

13 그림은 금속 X(*s*)의 결합 모형을 나타낸 것이다.

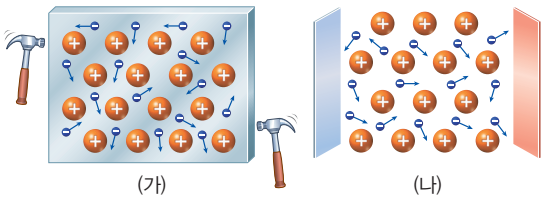


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A는 자유 전자이다.
ㄴ. X(*s*)를 가열하면 A가 열에너지를 전달하므로 열 전도성이 크다.
ㄷ. X(*s*)에 외부에서 힘을 가하면 같은 전하 사이의 반발력이 증가하여 결합이 깨진다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **14** 그림 (가)는 외부에서 금속에 힘을 가하기 전의 모습을, (나)는 금속에 전원을 연결하기 전의 모습을 각각 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)와 (나)에서 금속 양이온은 자유롭게 움직인다.
ㄴ. (가)에서 외부에서 금속에 힘을 가하면 변형이 일어나 결합이 깨지므로 부스러진다.
ㄷ. (나)에서 전원을 연결하면 자유 전자가 (+)극 쪽으로 이동하며 전류가 흐른다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

C 화학 결합과 물질의 성질

15 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							
2				B			C	
3		D						

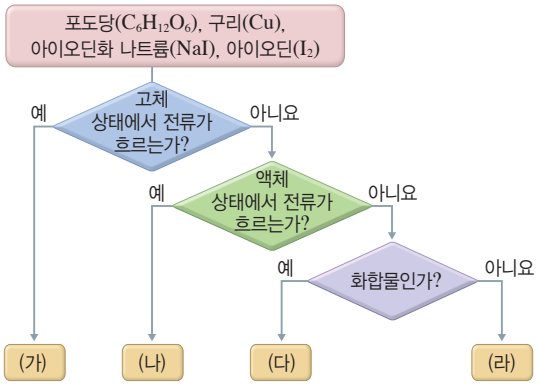
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. AC는 분자로 존재한다.
ㄴ. B만으로 이루어진 물질은 모두 매우 단단하여 부스러지지 않는다.
ㄷ. DC_2는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **16** 그림은 4가지 물질을 3가지 기준에 따라 구분한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

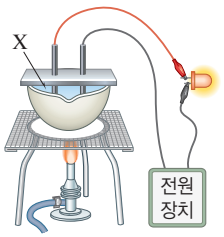
보기

ㄱ. (가)는 NaI이다.
ㄴ. (다)는 수용액 상태에서 전류가 흐른다.
ㄷ. (나)와 (라)에는 공통된 원소가 포함되어 있다.

① ㄷ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 다음은 물질 X의 성질을 알아보기 위한 실험이다.

(가) 그림과 같이 장치한 후, X의 상태에 따라 전구에 불이 켜지는지를 확인하였더니 고체 상태에서는 전구의 불이 켜지지 않았지만, 액체 상태에서는 불이 켜졌다.



(나) X의 불꽃 반응색을 확인하였더니 보라색이었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 금속 결합 물질이다.
ㄴ. X를 이루는 금속 원소는 나트륨이다.
ㄷ. X(*s*)에 외부에서 힘을 가하면 쉽게 부스러진다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 표는 물질 A~D의 몇 가지 성질을 나타낸 것이다.

물질	녹는점(℃)	끓는점(℃)	전기 전도성	
			고체	액체
A	−114	78.8	×	×
B	97.8	882	○	○
C	802	1413	×	○
D	1670	2250	×	×

(단, ○: 전기 전도성이 있음, ×: 전기 전도성이 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. B에는 자유 전자가 존재한다.
ㄴ. A와 D는 비금속 원소 사이에 전자쌍을 공유하여 생성된 물질이다.
ㄷ. C는 이온 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 물질이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 87쪽

01 표는 바닥상태 원자 A~D의 전자 배치를 나타낸 것이다.

원자	전자 배치
A	$1s^2 2s^2 2p^4$
B	$1s^2 2s^2 2p^5$
C	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
D	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

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

보기

ㄱ. AB_2는 공유 결합 물질이다.
ㄴ. CB는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄷ. A 1개는 D 1개와 결합하여 안정한 화합물을 생성한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 표는 실온에서 기체로 존재하는 물질 A_2, B_2, C_2, D_2를 구성하는 2, 3주기 원소 A~D에 대해 원자 반지름과 원자 사이의 공유 결합의 종류를 나타낸 것이다.

원소	A	B	C	D
원자 반지름(pm)	75	73	71	99.5
이원자 분자를 이루는 공유 결합의 종류			단일 결합	단일 결합

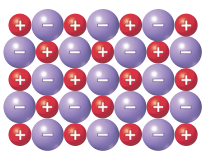
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

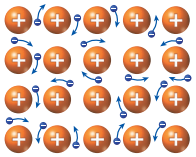
ㄱ. 공유 전자쌍 수는 A_2가 B_2보다 크다.
ㄴ. A~D 중 이원자 분자를 이룰 때 Ne과 같은 전자 배치를 이루는 원소는 3가지이다.
ㄷ. A 1개가 D와 결합한 안정한 화합물의 공유 전자쌍 수는 3이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 결정의 모형을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

(가)와 (나)의 공통점으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (−)전하를 띠는 입자의 종류가 같다.
ㄴ. 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄷ. 외부에서 힘을 가했을 때 쉽게 부스러진다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 물질 A~C의 성질을 조사한 자료이다.

물질	녹는점(℃)	색깔	전기 전도성	
			고체	액체
A	1538	은백색	있음	있음
B	800	흰색	없음	있음
C	113	흑자색	없음	없음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 금속 결합 물질이다.
ㄴ. C는 분자로 구성되어 있다.
ㄷ. 액체 상태의 A와 B에 전류를 흘려 주면 양이온이 모두 (−)극 쪽으로 이동한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원

핵심 정리

Q1 이온 결합

1. 화학 결합의 전기적 성질

(1) 전기 분해

물	• (+)극: 물 분자가 전자를 잃어 (❶)기체가 발생한다. ➡ $2H_2O \longrightarrow O_2+4H^++4e^-$ • (−)극: 물 분자가 전자를 얻어 (❷) 기체가 발생한다. ➡ $2H_2O+2e^- \longrightarrow H_2+2OH^-$ • 전체 반응식: $2H_2O \longrightarrow 2H_2+O_2$
염화 나트륨 용융액	• (+)극: 염화 이온(Cl^-)이 전자를 잃어 (❸) 기체가 발생한다. ➡ $2Cl^- \longrightarrow Cl_2+2e^-$ • (−)극: 나트륨 이온(Na^+)이 전자를 얻어 금속 (❹)이 생성된다. ➡ $Na^++e^- \longrightarrow Na$ • 전체 반응식: $2NaCl \longrightarrow 2Na+Cl_2$

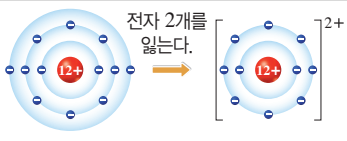
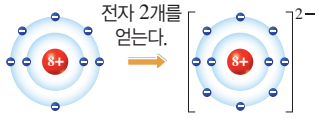
(2) **화학 결합과 전자**: 물이나 염화 나트륨 용융액을 전기 분해하면 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 물질로 분해된다. ➡ 화학 결합에는 (❺)가 관여한다.

2. 옥텟 규칙

(1) **비활성 기체의 전자 배치**: 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개(He은 2개) 채워져 안정한 전자 배치를 이룬다.
➡ 다른 원자와 화학 결합을 거의 하지 않는다.

(2) (❻) **규칙**: 원자들이 전자를 잃거나 얻어서 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자 껍질에 전자 (❼)개를 채워 안정해지려는 경향(H는 예외)

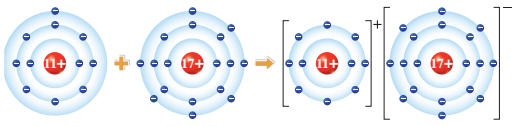
(3) **이온의 형성과 옥텟 규칙**

양이온	금속 원자는 전자를 잃어 (❽)을 형성한다.  마그네슘 원자 마그네슘 이온
음이온	비금속 원자는 전자를 얻어 (❾)을 형성한다.  산소 원자 산화 이온

3. 이온 결합

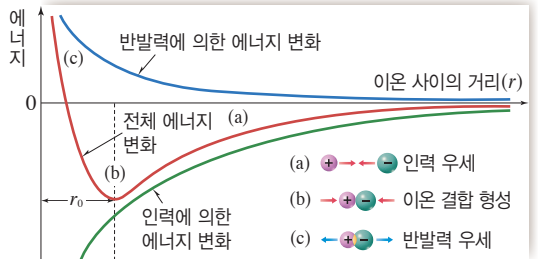
(1) **이온 결합**: 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온 사이의 (❿)에 의한 결합

[염화 나트륨(NaCl)의 이온 결합]



(2) **이온 결합의 형성과 에너지 변화**

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



4. 이온 결합 물질

(1) **이온 결정**: 수많은 양이온과 음이온이 이온 결합을 형성하여 3차원적으로 서로 둘러싸며 규칙적으로 배열되어 이룬 결정

(2) **화학식**: 양이온과 음이온의 원소 기호 뒤에 이온의 (⓫)를 가장 간단한 정수비로 나타낸다.
➡ $mA^{n+}+nB^{m-} \longrightarrow A_mB_n$

(3) **성질**

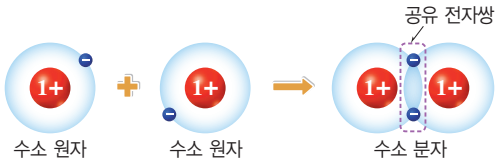
쪼개짐과 부스러짐	단단하지만 외부에서 힘을 가하면 쪼개지거나 부스러지기 쉽다. ➡ 이온 층이 밀리면서 같은 전하를 띤 이온들 사이에 (⓬)이 작용하기 때문
용해성	대체로 물에 잘 녹는다.
전기 전도성	• (⓭) 상태: 전기 전도성이 없다. • (⓮) 및 수용액 상태: 전기 전도성이 있다. ➡ 이온들이 자유롭게 이동할 수 있기 때문
녹는점과 끓는점	• 매우 높아 실온에서 대부분 고체 상태로 존재한다. ➡ 양이온과 음이온이 정전기적 인력으로 강하게 결합되어 있기 때문 • 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 (⓯). 예 이온 사이의 거리: $NaF<NaCl<NaBr$ ➡ 녹는점: $NaF>NaCl>NaBr$ 이온의 전하량: $NaF<CaO$ ➡ 녹는점: $NaF<CaO$

2 공유 결합과 금속 결합

1. 공유 결합

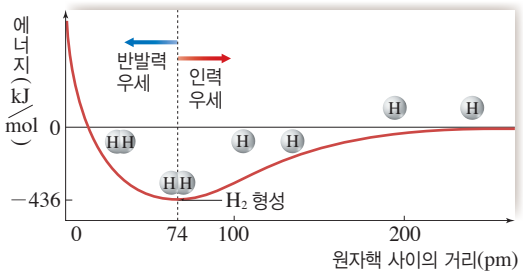
(1) **공유 결합:** (⑯) 원자들이 전자쌍을 공유하여 이루어지는 결합

[수소(H_2)의 공유 결합]



(2) **공유 결합의 형성과 에너지 변화**

두 원자 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 공유 결합이 형성된다.



- (⑰): 두 원자가 공유 결합을 이룰 때 두 원자핵 사이의 거리
- (⑱): 기체 상태의 분자 1 mol에서 원자 사이의 공유 결합을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지

2. 공유 결합 물질

(1) **분자 결정과 공유 결정**

분자 결정	분자들이 분자 사이에 작용하는 인력에 의해 규칙적으로 배열되어 이룬 결정 예 얼음, 드라이아이스, 아이오딘 등
공유 결정	물질을 구성하는 모든 원자가 연속적으로 공유 결합을 형성하여 그물처럼 연결된 결정 예 다이아몬드, 흑연, 석영 등

(2) **성질**

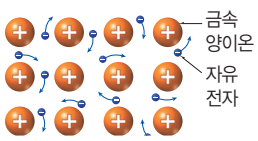
결정의 부스러짐	• 분자 결정: 쉽게 부스러진다. ➡ 분자 사이의 인력이 약하기 때문 • 공유 결정: 단단하다. ➡ 원자들이 강하게 결합되어 있기 때문
용해성	대부분 물에 녹지 않는다.
전기 전도성	• 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 (⑲). (흑연은 예외) ➡ 전자가 이동할 수 없기 때문
녹는점과 끓는점	• 분자 결정: 비교적 낮아 실온에서 대부분 액체나 기체 상태로 존재한다. • 공유 결정: 매우 높아 실온에서 (⑳) 상태로 존재한다.

3. 금속 결합

(1) **금속 결합:** 금속 원소의 양이온과 자유 전자 사이의 (㉑)에 의한 결합

(2) **금속 결합 모형**

금속 원자에서 떨어져 나온 자유 전자가 규칙적으로 배열한 금속 양이온 사이를 자유롭게 움직이고 있다.



4. 금속 결합 물질

(1) **금속 결정:** 금속 원자가 규칙적으로 배열된 결정

(2) **성질**

광택	대부분의 금속은 은백색 광택을 나타낸다. ➡ 금속 표면의 (㉒)가 빛을 흡수하였다가 다시 방출하기 때문
전기 전도성	고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 크다. ➡ (㉓)들이 비교적 자유롭게 이동하기 때문
열 전도성	크다. ➡ 금속을 가열하면 (㉔)가 열에너지를 얻어 인접한 자유 전자와 금속 양이온에 열에너지를 전달하기 때문
연성과 전성	크다. ➡ 외부의 힘에 의해 금속이 변형되어도 (㉕)가 이동하여 금속 결합이 유지되기 때문
녹는점과 끓는점	매우 높아 실온에서 대부분 고체 상태로 존재한다. (수은은 예외)

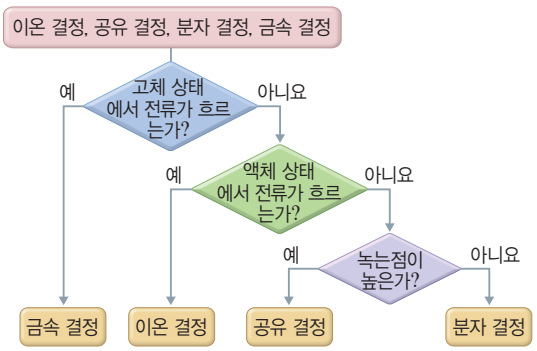
5. 화학 결합과 물질의 성질

(1) **물질의 녹는점(일반적인 경우)**

(㉖) 결정 > 이온 결정 > (㉗) 결정

(2) **화학 결합의 세기와 녹는점의 관계:** 화학 결합의 세기가 강할수록 물질의 녹는점이 (㉘).

(3) **화학 결합과 물질의 성질:** 상태에 따른 전기 전도성, 녹는점 등을 비교하여 화학 결합의 종류를 알 수 있다.

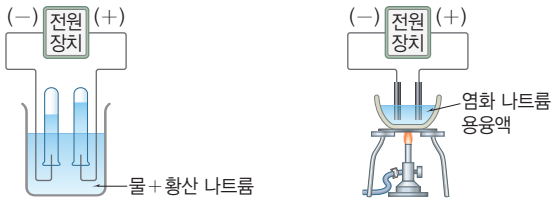


중단원

마무리 문제

하 중 상

01 그림은 물(H_2O)과 염화 나트륨(NaCl) 용융액 각각의 전기 분해 장치를, 표는 각 전극에서 생성되는 일부 물질에 대한 자료를 나타낸 것이다.



구분 \ 생성물	A	B_2	C_2
생성되는 전극	(−)극	(−)극	(+)극
25 °C에서의 상태	고체	기체	기체
원자 사이의 결합	−	단일 결합	단일 결합

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

보기

ㄱ. B는 17족 원소이다.
ㄴ. A와 C는 NaCl의 성분 원소이다.
ㄷ. B와 C로 이루어진 화합물은 공유 결합 물질이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

02 표는 원자 A~D가 안정한 이온이 되었을 때의 이온식과 전자 수를 나타낸 것이다.

이온식	A^+	B^{2-}	C^{2+}	D^-
전자 수	10	10	18	18

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

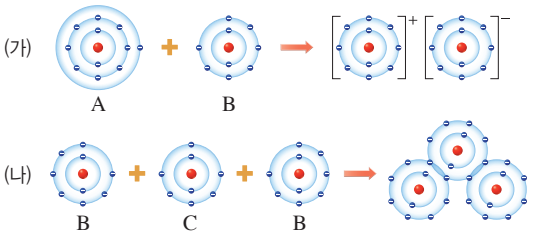
보기

ㄱ. A와 B는 2 : 1의 개수비로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
ㄴ. C와 D는 같은 주기 원소이다.
ㄷ. 이온 사이의 거리가 비슷할 경우 A와 D의 화합물보다 B와 C의 화합물의 녹는점이 더 높다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

03 그림은 원자 A~C가 화합물을 생성하는 과정을 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



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

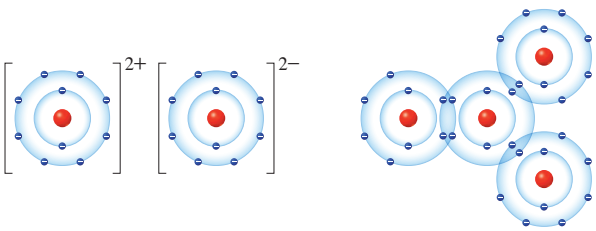
보기

ㄱ. (가)에서 전자는 B에서 A로 이동하여 화합물을 생성한다.
ㄴ. (나)에서 2중 결합이 형성된다.
ㄷ. (가)와 (나)의 화합물에서 A~C는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

04 그림은 화합물 WX와 YXZ_2를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



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

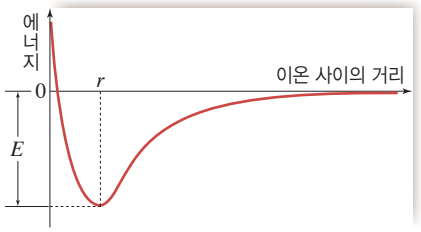
보기

ㄱ. W~Z는 모두 같은 주기 원소이다.
ㄴ. W~Z 중 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 Z이다.
ㄷ. W와 Z로 이루어진 화합물의 화학식은 W_2Z이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

05 그림은 염화 나트륨(NaCl)이 생성될 때 이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 이온 사이의 거리가 r일 때 Na^+과 Cl^- 사이의 인력과 반발력이 균형을 이룬다.
ㄴ. NaF이 생성될 때 이온 사이의 거리는 r보다 작다.
ㄷ. KCl이 생성될 때 방출하는 에너지는 E보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

06 표는 몇 가지 이온 결합 물질에서 이온 사이의 거리와 녹는점을 나타낸 것이다.

물질	이온 사이의 거리(pm)	녹는점(℃)
AX	235	996
AY	283	802
BZ	240	2613

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, X~Z는 원자 번호 20 이내의 임의의 원소 기호이다.)

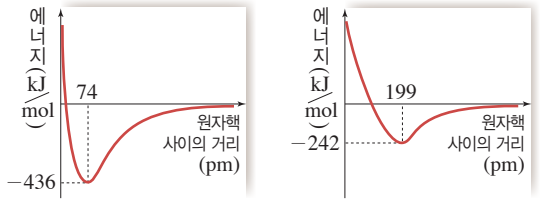
보기

ㄱ. 전하량은 B 이온이 A 이온보다 크다.
ㄴ. 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 Y가 X보다 크다.
ㄷ. BZ의 녹는점이 AX의 녹는점보다 높은 것은 이온의 전하량으로 설명할 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

07 그림 (가)와 (나)는 수소(H_2) 분자와 염소(Cl_2) 분자가 생성되는 과정에서의 에너지 변화를 각각 나타낸 것이다.



(가) H_2 (나) Cl_2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

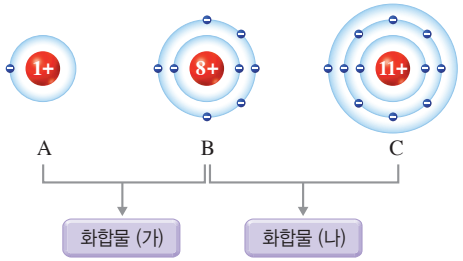
보기

ㄱ. 결합 에너지는 H_2가 Cl_2보다 크다.
ㄴ. 결합 길이는 H_2가 Cl_2보다 짧다.
ㄷ. H와 Cl의 원자 반지름은 각각 74 pm와 199 pm이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

08 그림은 원자 A~C가 각각 결합하여 가장 안정한 화합물 (가)와 (나)를 생성한 것이다.



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

보기

ㄱ. (나)는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄴ. (가)와 (나)를 이루는 화학 결합의 종류는 같다.
ㄷ. 고체 상태일 때 녹는점은 (가)가 (나)보다 높다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

09 그림은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A							
2						B	C	
3	D						E	
4		F						

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~F는 임의의 원소 기호이며, B와 C의 이온 반지름의 크기는 비슷하다.)

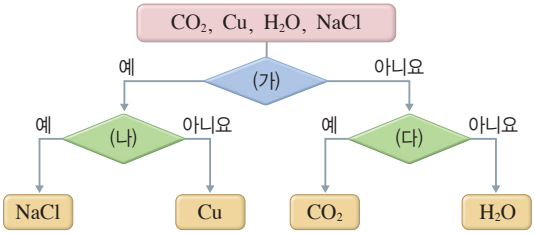
보기

ㄱ. A와 B로 이루어진 화합물은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄴ. D_2B의 녹는점은 DC의 녹는점보다 높다.
ㄷ. E와 F가 결합하여 화합물을 생성할 때 전자는 E에서 F로 이동한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

10 그림은 4가지 물질을 어떤 기준에 따라 분류한 것이다.



(가)~(다)에 들어갈 기준으로 옳은 것을 [보기]에서 골라 옳게 나타낸 것은?

보기

ㄱ. 고체 상태일 때 힘을 가하면 쉽게 부스러지는가?
ㄴ. 다중 결합이 있는가?
ㄷ. 액체 상태에서 전기 전도성이 있는가?

	(가)	(나)	(다)
①	ㄱ	ㄴ	ㄷ
②	ㄱ	ㄷ	ㄴ
③	ㄴ	ㄱ	ㄷ
④	ㄷ	ㄱ	ㄴ
⑤	ㄷ	ㄴ	ㄱ

하 중 상

11 표는 원소 A~E로 이루어진 물질에 대한 자료이다.

물질	AD_2, DE_2	B, C	BD, CE
화학 결합의 종류	공유 결합	㉠	㉡

㉠과 ㉡은 각각 이온 결합과 금속 결합 중 하나라고 할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~E의 원자 번호는 각각 6, 8, 9, 11, 12 중 하나이다.)

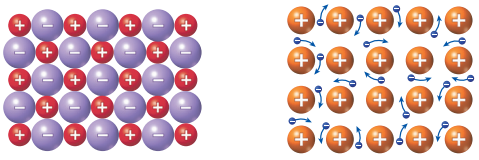
보기

ㄱ. ㉠은 '금속 결합'이다.
ㄴ. A~E 중 원자 번호가 가장 큰 원소는 E이다.
ㄷ. BD와 CE는 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

12 그림은 2가지 결정의 모형을 나타낸 것이고, 표는 물질 A~C의 성질을 나타낸 것이다.



(가) (나)

물질	녹는점(°C)	전기 전도성	
		고체 상태	액체 상태
A	802	없음	있음
B	1085	있음	있음
C	185	없음	없음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

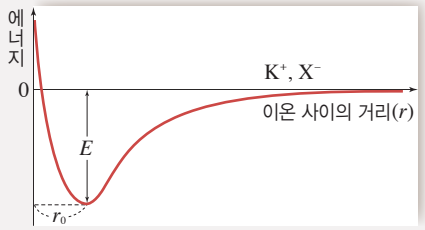
ㄱ. A는 (나)에 해당한다.
ㄴ. B는 자유 전자가 존재하여 열 전도성이 크다.
ㄷ. C는 고체 상태에서 공유 결정으로 존재한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 문제

하 중 상

13 그림은 KX가 생성될 때 양이온과 음이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다. (단, X는 임의의 원소 기호이다.)

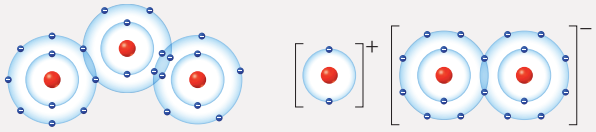


(1) KF과 KCl이 생성될 때 r_0의 크기를 비교하고, 그 까닭을 서술하시오.

(2) KCl 대신 MgO이 생성될 때 E의 크기는 어떻게 변하는지 이온의 전하량과 이온 사이의 거리를 언급하여 서술하시오.

하 중 상

14 그림은 화합물 WXY와 ZYW를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다. (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)



(1) 두 화합물 중 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질을 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

(2) Y와 Z로 이루어진 안정한 화합물의 (가)화학식과 화합물을 이루는 (나)결합의 종류를 쓰시오.

하 중 상

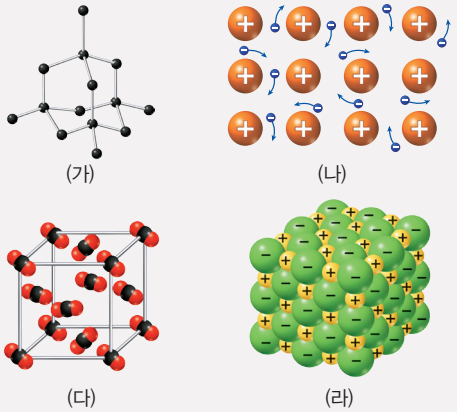
15 표는 4가지 이온 결합 물질에서 이온 사이의 거리를 나타낸 것이다.

물질	NaCl	NaBr	MgO	SrO
이온 사이의 거리(pm)	283	298	212	258

4가지 물질 중 녹는점이 가장 높을 것으로 예상되는 물질을 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

하 중 상

16 그림은 몇 가지 결정 모형을 나타낸 것이다.



(1) 각 결정에서 입자들이 이루는 화학 결합의 종류를 쓰시오.

(2) 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 결정을 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

(3) 녹는점이 가장 낮을 것으로 예상되는 결정을 고르고, 그 까닭을 서술하시오.

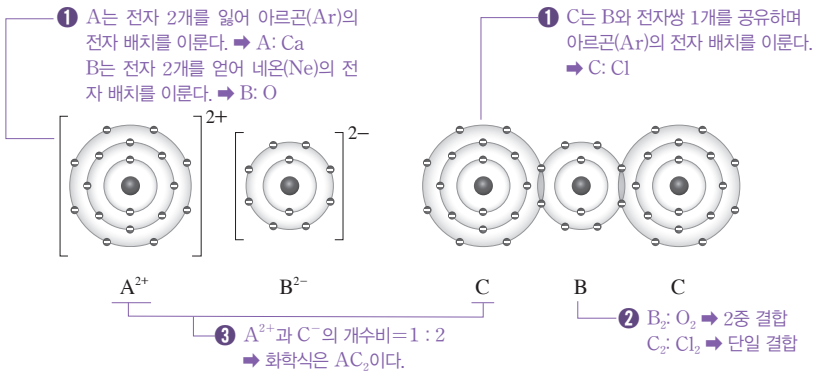
수능 실전 문제

• 수능 출제 경향

이 단원에서는 옥텟 규칙에 따라 이온 결합과 공유 결합이 형성되는 원리를 묻는 문제가 출제되며, 이온 결합 물질과 공유 결합 물질, 금속 결합 물질의 성질을 비교하는 문제가 자주 출제된다. 특히 화합물의 화학 결합 모형을 분석하여 화학 결합의 종류와 실제 원소, 실제 화합물의 성질 등을 분석하는 유형의 문제가 계속 출제되고 있다.

수능 이렇게 나온다!

그림은 화합물 AB와 BC_2를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. A와 B는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. 공유 전자쌍 수는 B_2가 C_2의 2배이다.
ㄷ. A와 C가 결합하여 안정한 화합물을 생성할 때의 화학식은 A_2C이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

출제개념

옥텟 규칙
▶ 본문 156쪽
이온 결합과 공유 결합
▶ 본문 158쪽, 168쪽

출제의도

옥텟 규칙을 바탕으로 각 원자의 원자가 전자 수, 원소의 종류를 파악하고, 화학 결합이 어떻게 이루어져 있는지를 확인하는 문제이다.

전략적 풀이

❶ AB와 BC_2에서 각 원소가 옥텟 규칙을 만족하기 위해 어떻게 결합했는지 파악하여 각 원소의 원자가 전자 수를 구하고, 원소의 종류를 파악한다.

ㄱ. AB에서 A는 전자 2개를 잃어 ( )의 전자 배치를 이루고, B는 전자 2개를 얻어 ( )의 전자 배치를 이룬다. 또한 BC_2에서 B와 C는 전자쌍을 공유하며 각각 ( )의 전자 배치와 ( )의 전자 배치를 이룬다. 따라서 A는 4주기 2족 원소인 칼슘(Ca), B는 2주기 16족 원소인 산소(O), C는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.

❷ 각 원소의 원자가 전자 수를 이용하여 공유 전자쌍 수를 파악한다.

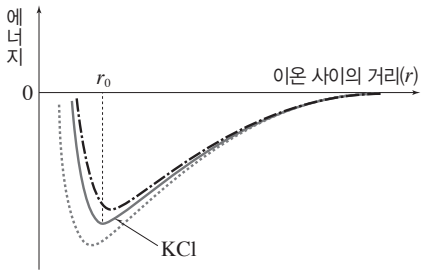
ㄴ. B는 2주기 16족 원소인 산소(O)로 원자가 전자가 6개이므로 B_2는 ( ) 결합을 형성하고, C는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)로 원자가 전자가 7개이므로 C_2는 ( ) 결합을 형성한다. 따라서 공유 전자쌍 수는 B_2가 C_2의 2배이다.

❸ 각 원소의 원자가 전자 수를 이용하여 화합물을 이루는 입자의 개수비를 구한 후, 화학식을 파악한다.

ㄷ. 원자가 전자가 2개인 A는 전자 2개를 잃으면서 양이온인 ( )이 되고, 원자가 전자가 7개인 C는 전자 1개를 얻으면서 음이온인 ( )이 되므로 A와 C가 결합하여 안정한 화합물을 생성할 때 두 이온은 1 : 2의 개수비로 결합한다. 따라서 화학식은 AC_2이다.

답 ②
❶ 아르곤(Ar), 네온(Ne), 네온(Ne), 아르곤(Ar)
❷ 2중, 단일
❸ A^{2+}, C^-

01 그림은 3가지 화합물 KCl, KBr, KX에서 두 이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화를 대략적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X는 할로젠 중 하나이다.)

보기

ㄱ. 원자 반지름은 Cl가 X보다 크다.
ㄴ. 녹는점은 KX가 KCl보다 높다.
ㄷ. KCl에서 K^+의 이온 반지름은 $\frac{r_0}{2}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 원자 W~Z에 대한 자료이다.

- W~Z는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.
- W와 X는 3주기 원소이다.
- W와 Z는 1 : 2의 개수비로 결합하여 안정한 화합물을 생성한다.

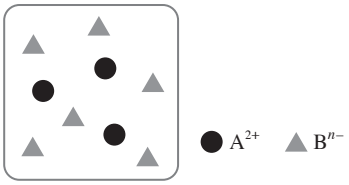
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 Na이다.
ㄴ. 이온 결합력은 X_2Y가 K_2Y보다 크다.
ㄷ. Y와 Z로 이루어진 안정한 화합물은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 같은 주기 원소 A와 B로 이루어진 이온 결합 물질을 물에 녹였을 때 수용액 속 단위 부피당 이온 모형을 나타낸 것이다.



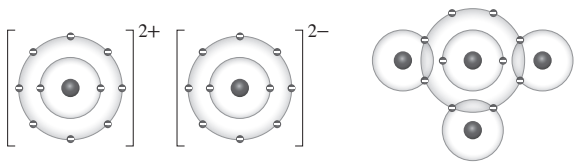
A^{2+}과 B^{n-}은 각각 Ne과 Ar의 전자 배치를 갖는다고 할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. B는 3주기 17족 원소이다.
ㄴ. 이 물질의 화학식은 AB_2이다.
ㄷ. 이 물질이 고체 상태일 때 외부에서 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 화합물 AB와 CD_3를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



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

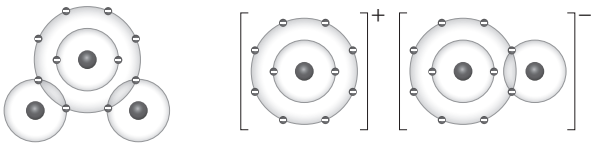
보기

ㄱ. B와 C는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 화합물은 AB이다.
ㄷ. B와 D로 이루어진 화합물은 이온 사이의 정전기적 인력에 의해 생성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 Na과 ㉠이 반응하여 ㉡과 H_2를 생성하는 반응의 화학 반응식이고, 그림 (가)와 (나)는 ㉠과 ㉡을 각각 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.

$$2Na + 2\boxed{\text{㉠}} \longrightarrow 2\boxed{\text{㉡}} + H_2$$



(가) (나)

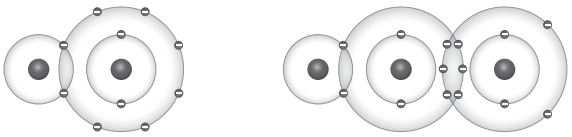
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠과 ㉡ 중 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 ㉠이다.
ㄴ. ㉡에서 모든 원소는 Ne의 전자 배치를 이룬다.
ㄷ. 반응물과 생성물 중 고체 상태에서 전성(펴짐성)이 있는 것은 Na뿐이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 화합물 WX와 WYZ를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



W X (가) W Y Z (나)

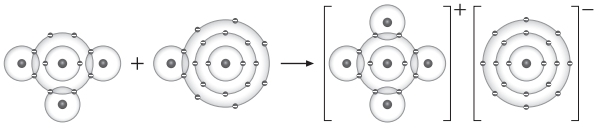
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. W~Z 중 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 X이다.
ㄴ. 공유 전자쌍 수는 Z_2가 W_2의 3배이다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 공유 결합 물질이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 어떤 반응의 화학 반응식을 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



XH_3 HY (가)

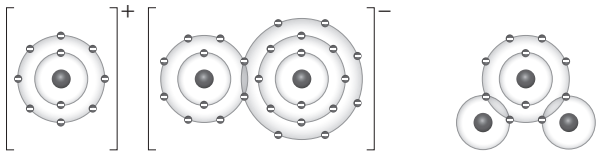
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. (가)에서 Y는 옥텟 규칙을 만족한다.
ㄴ. X_2에는 다중 결합이 있다.
ㄷ. X와 Y로 이루어진 안정한 화합물은 이온 결합 물질이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 화합물 ABC와 H_2B를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



A^+ BC^- H_2B

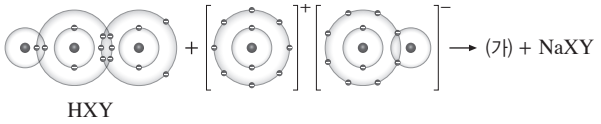
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 전기 전도성은 A(*s*)가 ABC(*s*)보다 크다.
ㄴ. H_2와 C_2의 공유 전자쌍 수는 같다.
ㄷ. 화합물 AC와 HC의 화학 결합의 종류는 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 어떤 화학 반응의 반응물을 화학 결합 모형으로 나타낸 화학 반응식이다. HXY에서 중심 원자는 X이다.



HXY

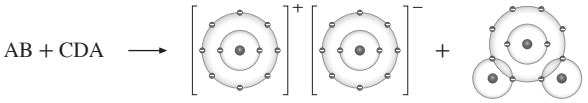
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. (가)는 공유 결합 물질이다.
ㄴ. HXY는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄷ. NaXY(*s*)는 외부에서 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 물질 AB와 CDA가 반응하여 CB와 A_2D를 생성하는 반응에서 생성물을 화학 결합 모형으로 나타낸 화학 반응식이다.



C^+ B^- A_2D

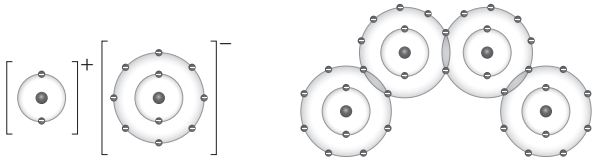
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. AB는 공유 결합 물질이다.
ㄴ. B와 D는 같은 주기 원소이다.
ㄷ. C(*s*)는 외부에서 힘을 가하면 전성(펴짐성)이 나타난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 화합물 XY와 Z_2Y_2를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



XY Z_2Y_2

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

보기

ㄱ. X~Z는 모두 같은 주기 원소이다.
ㄴ. 공유 전자쌍 수는 Y_2가 Z_2의 2배이다.
ㄷ. X와 Z가 결합하여 안정한 화합물을 생성할 때 화학식은 XZ_2이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 표는 물질 A~D에 대한 몇 가지 성질을 나타낸 것이다.

물질		A	B	C	D
녹는점(℃)		802	996	−210	−219
끓는점(℃)		1413	1704	−196	−183
전기 전도성	고체	없음	없음	없음	없음
	액체	있음	있음	없음	없음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 고체 상태인 A에 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.
ㄴ. B와 C는 반대 전하를 띤 이온 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 물질이다.
ㄷ. C와 D는 전자쌍을 공유하며 옥텟 규칙을 만족하는 물질이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

III 화학 결합과 분자의 세계

2 분자의 구조와 성질

01 결합의 극성 194

02 분자의 구조와 성질 208

Review

이전에 학습한 내용 중 이 단원과 연계된 내용을 다시 한 번 떠올려 봅시다.

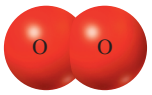
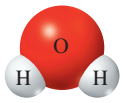
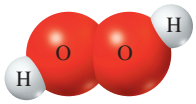
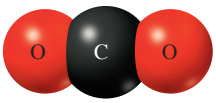
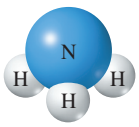
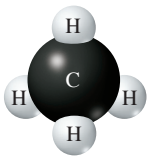
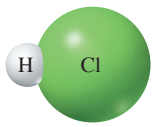
다음 단어가 들어갈 곳을 찾아 빈칸을 완성해 보자.

H_2O_2	CH_4	분자 모형	분자식	공유	암모니아	과산화 수소

중2 물질의 구성

- **분자**
  - ① 물질의 고유한 성질을 나타내는 가장 작은 입자
  - ② 일반적으로 2개 이상의 원자가 ❶ [ ] 결합하여 이루어져 있다.

- **분자식과 분자 모형**
  - ① ❷ [ ] : 분자를 이루는 원자의 종류와 수를 원소 기호와 숫자로 나타낸 것
  - ② ❸ [ ] : 분자의 모양을 알기 쉽게 분자를 구성하는 원자의 종류와 수, 배열 상태를 나타낸 모형
  - ③ **여러 가지 분자의 분자식과 분자 모형**

구분	수소	산소	물	❹ [ ]
분자식	H_2	O_2	H_2O	❺ [ ]
분자 모형				
구분	**이산화 탄소**	❻ [ ]	**메테인**	**염화 수소**
분자식	CO_2	NH_3	❼ [ ]	HCl
분자 모형				

답 ❶ 공유 ❷ 분자식 ❸ 분자 모형 ❹ 과산화 수소 ❺ H_2O_2 ❻ 암모니아 ❼ CH_4

C1 결합의 극성

핵심 포인트
1. 전기 음성도의 주기성 ★★
2. 결합의 극성 ★★★
3. 쌍극자 모멘트 ★★
4. 루이스 전자점식 ★★★
5. 루이스 구조 ★★

A 전기 음성도

힘이 센 사람과 약한 사람이 줄다리기를 하면 힘이 센 사람 쪽으로 줄이 끌려가겠죠? 공유 결합을 형성한 원자 사이에서도 원자의 종류에 따라 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 다르기 때문에 이와 비슷한 현상이 일어나요. 지금부터 공유 결합과 공유 전자쌍의 치우침에 대해 알아볼까요?

1. 전기 음성도 공유 결합을 형성한 두 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘의 크기를 상대적으로 비교하여 정한 값 ← 상대적인 값이므로 단위가 없다.

(1) **전기 음성도의 기준**: 미국의 화학자 폴링은 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 가장 큰 원소인 플루오린(F)의 전기 음성도를 4.0으로 정하고, 이 값을 기준으로 다른 원소들의 전기 음성도를 정하였다.

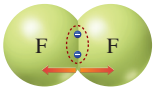
예 대표적인 원소의 전기 음성도 비교: F(4.0)>O(3.5)>N(3.0)>C(2.5)>H(2.1)

(2) **전기 음성도의 크기**: 원자의 크기가 작을수록, 원자핵의 전하량이 클수록 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도가 커지므로 전기 음성도가 커진다. ← 원자핵이 공유 전자쌍과 가까워 끌어당기기 쉬우므로

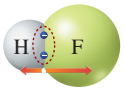
2. 전기 음성도의 주기성

같은 주기	같은 족
원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 대체로 커진다. ➡ 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아지고 유효 핵전하가 증가하여 원자핵과 공유 전자쌍 사이의 인력이 증가하기 때문이다.	원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 대체로 작아진다. ➡ 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커져 원자핵과 공유 전자쌍 사이의 인력이 감소하기 때문이다.
예 C(2.5)<N(3.0)<O(3.5)<F(4.0)	예 F(4.0)>Cl(3.0)>Br(2.8)>I(2.5)

◆ **전기 음성도와 공유 결합**
전기 음성도가 클수록 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다.

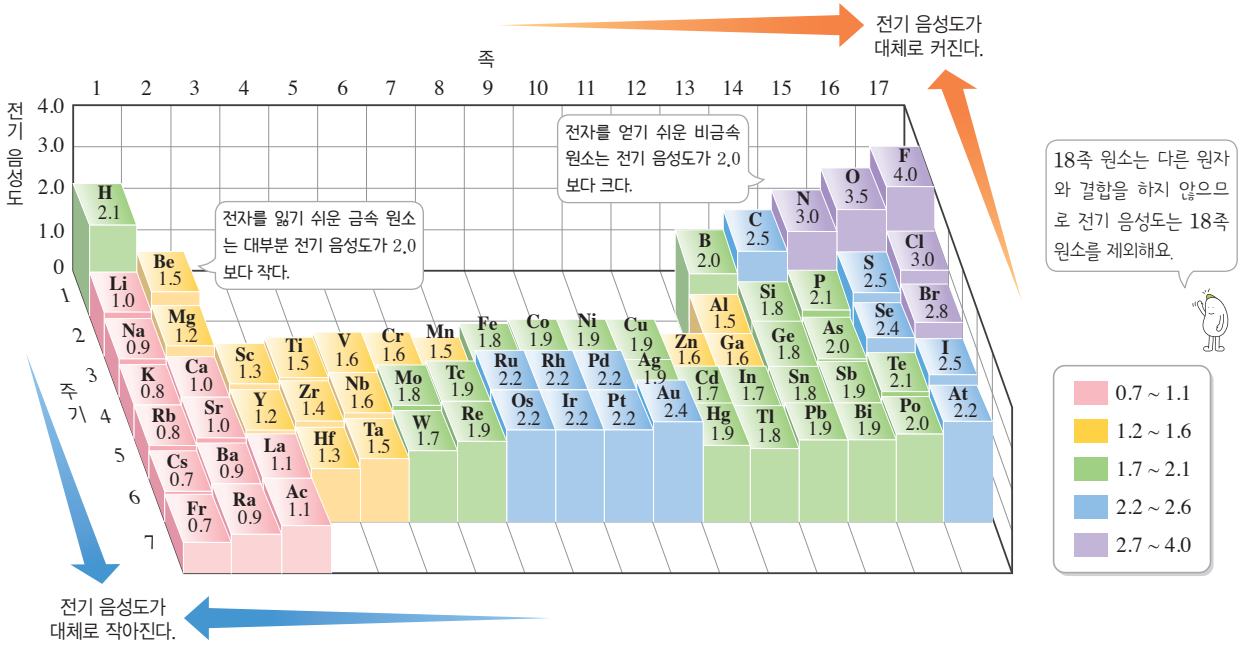


같은 원자끼리는 공유 전자쌍을 같은 세기로 끌어당긴다.



전기 음성도가 더 큰 플루오린(F)이 수소(H)보다 공유 전자쌍을 더 세게 끌어당긴다.

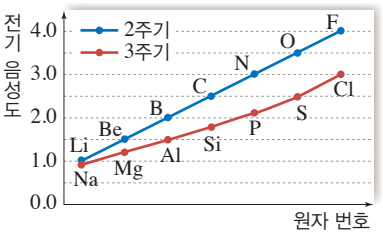
전기 음성도



주기와 족에 따른 전기 음성도 비교

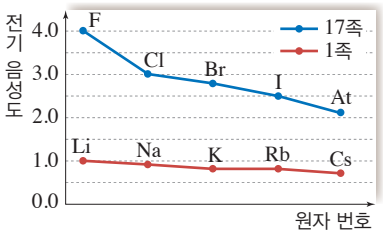
천재 교과서에만 나와요.

[2, 3주기 원소의 전기 음성도]



- 2주기 원소들은 3주기의 같은 족 원소들보다 전기 음성도가 크다.
- 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 커진다.

[1, 17족 원소의 전기 음성도]

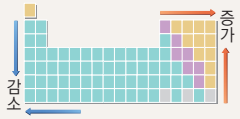


- 17족 원소들은 1족 원소들보다 전기 음성도가 크다.
- 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 작아진다.

암기해!

전기 음성도의 주기성

전기 음성도는 주기율표에서 오른쪽 위로 갈수록 대체로 커지고, 왼쪽 아래로 갈수록 대체로 작아진다.



B 결합의 극성과 쌍극자 모멘트

1. 결합의 ◆극성

구분	무극성 공유 결합	극성 공유 결합
정의	같은 원자 사이에 형성되는 공유 결합	서로 다른 원자 사이에 형성되는 공유 결합
	두 원자의 전기 음성도가 같아 공유 전자쌍이 어느 한 원자 쪽으로 치우치지 않는다. ➡ ◆부분적인 전하가 생기지 않는다.	두 원자의 전기 음성도 차이에 의해 공유 전자쌍이 어느 한 원자 쪽으로 치우친다. ➡ 부분적인 전하가 생긴다.
모형	H + H → H H 수소 원자 수소 원자 수소 분자 공유 전자쌍이 두 원자 주위에 균일하게 존재하므로 H는 부분적인 전하를 띠지 않는다.	H + Cl → δ^+H Cl δ^- 수소 원자 염소 원자 염화 수소 분자 전기 음성도가 큰 Cl는 부분적인 음전하(δ^-)를, 전기 음성도가 작은 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
예	H_2, N_2, O_2, Cl_2 등	HCl, H_2O, CH_4, CO_2, NH_3 등

2. 전기 음성도 차이와 결합의 극성

(1) 극성 공유 결합에서 결합한 두 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 대체로 결합의 극성이 커진다.

| 전기 음성도 차이와 결합의 극성 |

전기 음성도: H(2.1)<C(2.5)<N(3.0)<O(3.5)<F(4.0)

공유 결합	H−H	δ^- δ^+ C−H	δ^- δ^+ N−H	δ^- δ^+ O−H	δ^- δ^+ F−H
전기 음성도 차이	0	0.4	0.9	1.4	1.9
결합의 극성 비교	무극성	← 극성이 작음			극성이 큼 →

(2) 결합한 두 원자의 전기 음성도 차이가 매우 크면 전기 음성도가 작은 원자에서 전기 음성도가 큰 원자로 전자가 완전히 이동하여 이온 결합을 형성한다.

◆ **극성**
자석에 N극과 S극이 있듯이 (+)전하를 띠는 극과 (−)전하를 띠는 극이 나뉘어서 나타나는 성질을 극성이라고 한다.

◆ **부분적인 전하(δ^+, δ^-)**
원자가 전자 1개를 잃으면 +1의 전하를, 전자 1개를 얻으면 −1의 전하를 띤다. 극성 공유 결합의 경우 전자가 완전히 이동하는 것이 아니라 전자쌍이 치우쳐 전하를 띠므로 부분적인 전하라고 하며, 그리스어의 δ(델타)로 표시한다. 이때 δ는 0보다 크고, 1보다 작은 값이다.

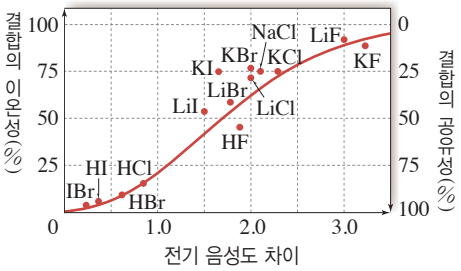
(3) 전기 음성도 차이에 따른 화학 결합의 종류

202쪽 대표 자료 ❶

전기 음성도	차이가 없다. ← 같은 원자이므로	차이가 작다.	차이가 크다.
결합의 종류	무극성 공유 결합	극성 공유 결합	이온 결합
전자의 치우침 모형	X : X (공유 전자쌍이 치우치지 않는다.)	δ^+ X : Y δ^- (공유 전자쌍이 치우친다.)	M^+ Y^- (전자가 완전히 이동한다.)
	공유 결합성이 커진다. →		이온 결합성이 커진다.

결합의 이온성과 공유성

동아, 지학사 교과서에만 나와요.

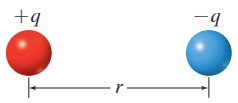


모든 물질은 결합의 이온성과 공유성을 갖는데, 결합한 두 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 결합의 이온성이 커진다. 일반적으로 결합의 이온성이 50 % 이상이면 이온 결합이다.

3. 쌍극자와 쌍극자 모멘트

(1) **쌍극자**: 하나의 분자에서 크기가 같고 부호가 반대인 두 전하($+q$, $-q$)가 일정한 거리(r)만큼 떨어져 부분적인 전하를 나타내는 것 ← 결합 길이

(2) ◆**쌍극자 모멘트(μ)**: 결합의 극성 정도를 나타내는 물리량으로, 결합하는 두 원자의 전하량(q)과 두 전하 사이의 거리(r)를 곱한 값으로 나타낸다.



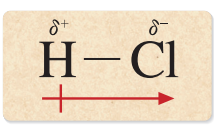
쌍극자

$$\mu = q \times r$$
쌍극자 모멘트(μ)의 크기

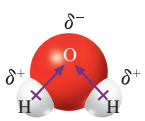
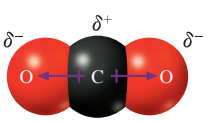
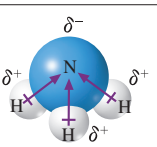
① 무극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 0이다.

② 극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 0이 아니며, 쌍극자 모멘트 값이 클수록 대체로 결합의 극성이 크다.

(3) **쌍극자 모멘트의 표시**: 전기 음성도가 작아 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자에서 전기 음성도가 커 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자 쪽으로 화살표가 향하도록 표시한다. ← 전자가 끌려가는 방향



쌍극자 모멘트의 표시

구분	물(H_2O)	이산화 탄소(CO_2)	암모니아(NH_3)
전기 음성도	H<O	C<O	H<N
쌍극자 모멘트의 표시			

천재 교과서에만 나와요.

◆ **쌍극자 모멘트의 측정**

전류가 흐르는 두 금속판 사이에서 일정한 방향으로 배열하는 분자는 금속판의 전기 용량에 영향을 준다. 따라서 금속판 사이의 전기 용량을 측정하여 쌍극자 모멘트의 크기를 계산할 수 있다.

◆ **쌍극자 모멘트의 단위**

쌍극자 모멘트는 두 원자의 전하량(단위: C)과 두 전하 사이의 거리(단위: m)의 곱이므로 쌍극자 모멘트의 단위는 C·m 또는 D(debye)이다. 이때 $1\,D = 3.34 \times 10^{-30}\,C \cdot m$이다.

알기해!

공유 결합의 극성과 쌍극자 모멘트

- 같은 원자 사이의 결합
  - ➡ 무극성 공유 결합
  - ➡ 결합의 쌍극자 모멘트 = 0
- 서로 다른 원자 사이의 결합
  - ➡ 극성 공유 결합
  - ➡ 결합의 쌍극자 모멘트 ≠ 0

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 공유 결합을 형성한 두 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘의 크기를 상대적으로 비교하여 정한 값
  - 같은 주기: 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아지고 (❷)가 증가하므로 대체로 커진다.
  - 같은 족: 원자 번호가 커질수록 (❸)이 커지므로 대체로 작아진다.
- (❹): 같은 원자 사이의 공유 결합으로, 공유 전자쌍이 치우치지 않아 부분적인 전하가 생기지 않는 결합
- (❺): 서로 다른 원자 사이의 공유 결합으로, 공유 전자쌍이 한쪽으로 치우쳐 부분적인 전하가 생기는 결합
- 전기 음성도 차이에 따른 화학 결합의 종류

전기 음성도 차이가 0이다. ←		→ 전기 음성도 차이가 매우 크다.
(❻) 결합	(❼) 결합	(❽) 결합

- (❾): 결합의 극성 정도를 나타내는 물리량으로, 결합하는 두 원자의 (❿)과 두 전하 사이의 거리의 곱으로 나타낸다. ➡ (⓫) 결합의 쌍극자 모멘트 = 0, (⓬) 결합의 쌍극자 모멘트 ≠ 0

1 전기 음성도와 결합의 극성에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 플루오린의 전기 음성도가 가장 크다. ····· ( )
(2) 같은 주기와 같은 족에서 각각 원자 번호가 커질수록 원소의 전기 음성도가 커진다. ····· ( )
(3) 극성 공유 결합으로 이루어진 물질에서 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. ····· ( )
(4) 같은 원소로 이루어진 이원자 분자는 무극성 공유 결합을 하고 있다. ····· ( )
(5) 전기 음성도가 서로 다른 두 원자 사이의 공유 결합은 극성을 나타낸다. ····· ( )

[2~3] 표는 몇 가지 원소의 전기 음성도를 나타낸 것이다.

원소	H	C	N	O	F
전기 음성도	2.1	2.5	3.0	3.5	4.0

2 다음 두 원자가 공유 결합을 형성할 때 각 원자가 띠는 부분적인 전하(δ^+, δ^-)를 원소 기호 위에 표시하시오.

(1) C−H (2) C−N (3) O−F

3 다음 중 결합의 극성이 가장 큰 결합으로 예측되는 것은?

① H−H ② C−H ③ H−F
④ N−O ⑤ O−F

4 [보기]에서 (가)극성 공유 결합과 (나)무극성 공유 결합을 포함하고 있는 물질을 각각 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. O_2 ㄴ. NH_3 ㄷ. CO_2

5 그림은 공유 결합과 이온 결합의 모형을 순서에 관계없이 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

(가)~(다)를 무극성 공유 결합, 극성 공유 결합, 이온 결합으로 구분하시오.

6 쌍극자 모멘트에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 단위를 갖지 않는 물리량이다. ····· ( )
(2) 무극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트 값은 0이다. ····· ( )
(3) 쌍극자 모멘트 값이 클수록 대체로 결합의 극성이 크다. ····· ( )
(4) 두 원자의 전하량과 두 전하 사이의 거리를 곱한 값이 작을수록 쌍극자 모멘트 값이 크다. ····· ( )

C 루이스 전자점식

완자쌤 비법 특강 200쪽

1. 루이스 전자점식 원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 나타낸 식 ➡ 원자 사이의 화학 결합을 간단하게 나타낼 수 있다.

2. 원자의 루이스 전자점식 원소 기호 상하좌우에 원자가 전자를 1개씩 그린 다음, 다섯 번째 전자부터 쌍을 이루도록 그려 표시한다.

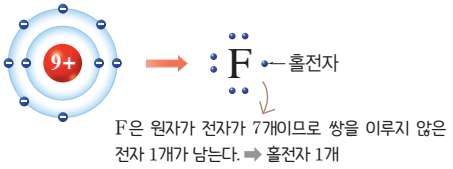
(1) **홀전자**: 각 원자에 포함된 원자가 전자 중 쌍을 이루지 않은 전자로, 원자가 화학 결합을 할 때 쌍을 이룬다.

루이스 전자점식을 이용하면 화학 결합을 할 때 원자가 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자 수를 쉽게 파악할 수 있어요.

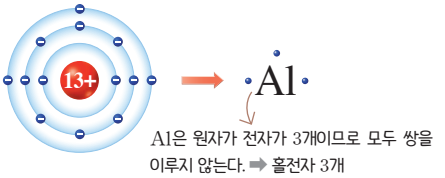


원자의 루이스 전자점식

[플루오린(F) 원자]



[알루미늄(Al) 원자]



(2) 1~3주기 원소의 루이스 전자점식

	1족	2족	13족	14족	15족	16족	17족
1주기	H						
2주기	Li	Be	B	C	N	O	F
3주기	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같으므로 루이스 전자점식이 같다.

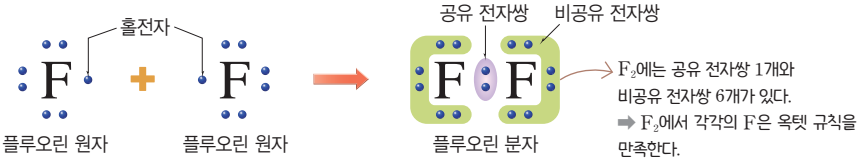
3. 분자의 루이스 전자점식 공유 전자쌍은 두 원자의 원소 기호 사이에 표시하고, 비공유 전자쌍은 각 원소 기호 주변에 표시한다. 202쪽 대표 자료 ❷

(1) **공유 전자쌍**: 공유 결합에 참여하는 전자쌍

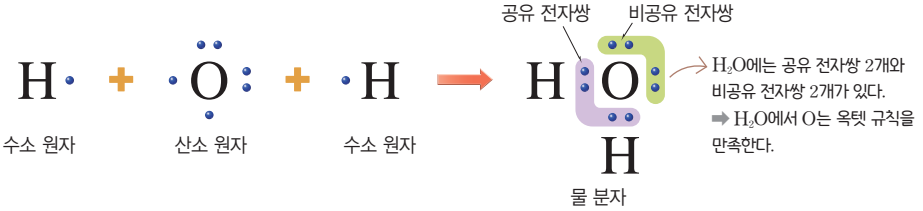
(2) **비공유 전자쌍**: 공유 결합에 참여하지 않고 한 원자에만 속해 있는 전자쌍

분자의 루이스 전자점식

[플루오린(F_2) 분자]



[물(H_2O) 분자]



암기해!

- 홀전자, 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍
  - 홀전자: 각 원자에 포함된 원자가 전자 중 쌍을 이루지 않은 전자
  - 공유 전자쌍: 공유 결합에 참여하는 전자쌍
  - 비공유 전자쌍: 공유 결합에 참여하지 않고 한 원자에만 속해 있는 전자쌍

주의해!

- 루이스 전자점식과 옥텟 규칙
  루이스 전자점식으로 화학 결합을 나타낼 때에는 원자들이 옥텟 규칙을 만족하게 나타낸다. 단, 붕소(B)나 황(S)처럼 옥텟 규칙을 만족하지 않는 경우도 있다.

(3) **루이스 구조**: 공유 결합을 편리하게 나타내기 위해 공유 전자쌍은 결합선(—)으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 그대로 나타내거나 생략한 식 ← '루이스 구조식' 또는 '구조식'이라고도 한다.

① 단일 결합: 결합선 1개(—)로 나타낸다.

구분	플루오린화 수소 (HF)	플루오린 (F_2)	물 (H_2O)	암모니아 (NH_3)	메테인 (CH_4)
루이스 전자점식	H:F:	:F:F:	H:O:H	H:N:H (H)	H (H):C:(H) H
루이스 구조	H−F	F−F	H−O (H)	H−N−H (H)	H (H)−C−(H) H

H_2O에서 O, NH_3에서 N, CH_4에서 C와 같이, 다른 여러 개의 원자와 공유 결합하여 구성 원자를 서로 연결해 주는 역할을 하는 원자를 '중심 원자'라고 해요.

② 다중 결합: 2중 결합은 결합선 2개(=), 3중 결합은 결합선 3개(≡)로 나타낸다.

구분	산소 (O_2)	질소 (N_2)	이산화 탄소 (CO_2)	사이안화 수소 (HCN)	에타인 (C_2H_2)
루이스 전자점식	:O::O:	:N⋮⋮N:	:O::C::O:	H:C⋮⋮N:	H:C⋮⋮C:H
루이스 구조	O=O	N≡N	O=C=O	H−C≡N	H−C≡C−H

4. ◆이온의 루이스 전자점식 원자의 루이스 전자점식으로부터 이온의 전하만큼 전자(점)를 빼거나 더해서 표시한다.

이온의 루이스 전자점식

[양이온] 잃은 전자의 수만큼 원자의 루이스 전자점식에서 점을 빼서 표시한다.

$Na\cdot \longrightarrow Na^+ + e^-$

나트륨 원자 → 나트륨 이온 + 전자

나트륨 원자의 루이스 전자점식에서 점 1개를 빼서 표시한다.

[음이온] 얻은 전자의 수만큼 원자의 루이스 전자점식에 점을 더해서 표시한다.

$:\dot{Cl}\cdot + e^- \longrightarrow [:\dot{Cl}:]^-$

염소 원자 + 전자 → 염화 이온

염소 원자의 루이스 전자점식에 점 1개를 더해서 표시한다.

◆ **수산화 이온(OH^-)의 루이스 전자점식과 루이스 구조**

OH^-은 H 원자와 O 원자가 결합하여 하나의 이온으로 존재한다. 따라서 이온의 범위를 표시하기 위해 대괄호를 사용하고, 대괄호의 오른쪽 위에 이온 전체의 전하를 표시한다.

$[:\ddot{O}:H]^-$ 또는 $[:\ddot{O}-H]^-$

5. 이온 결합 물질의 루이스 전자점식 양이온과 음이온을 구분하기 위해 대괄호([ ])를 사용하고, 대괄호의 오른쪽 위에 이온의 전하를 표시한다.

염화 나트륨의 루이스 전자점식

$Na\cdot + :\dot{Cl}\cdot \longrightarrow [Na]^+[:\ddot{Cl}:]^-$

나트륨 원자 + 염소 원자 → 염화 나트륨

이온 결합할 때 나트륨 원자에서 염소 원자로 전자 1개가 이동하므로 루이스 전자점식에서는 나트륨 원자의 점 1개를 염소 원자로 옮겨 표시한다.

구분	플루오린화 나트륨(NaF)	산화 마그네슘(MgO)	염화 칼슘($CaCl_2$)
루이스 전자점식	$[Na]^+[:\ddot{F}:]^-$	$[Mg]^{2+}[:\ddot{O}:]^{2-}$	$[:\ddot{Cl}:]^-[Ca]^{2+}[:\ddot{Cl}:]^-$
구분	**염화 칼륨(KCl)**	**산화 칼슘(CaO)**	**산화 리튬(Li_2O)**
루이스 전자점식	$[K]^+[:\ddot{Cl}:]^-$	$[Ca]^{2+}[:\ddot{O}:]^{2-}$	$[Li]^+[:\ddot{O}:]^{2-}[Li]^+$

주의해!

음이온의 루이스 전자점식

원자가 안정한 음이온이 되면 18족 원소와 같은 전자 배치를 이루게 되어 원자가 전자 수가 0이 된다. 그러나 음이온을 루이스 전자점식으로 표시할 때는 가장 바깥 전자 껍질에 있는 전자 8개를 모두 점으로 표시한다.

정답친해 96쪽

완자쌤 비법 특강

원자와 분자를 루이스 전자점식으로 나타내기

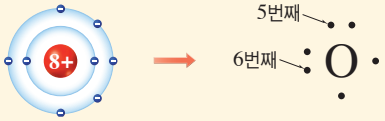
원자들은 옥텟 규칙을 만족하기 위해 화학 결합을 하고, 화학 결합에는 각 원자의 원자가 전자가 관여하죠. 이렇게 화학 결합에 관여하는 원자가 전자를 원소 기호 주위에 점으로 표시한 식이 루이스 전자점식이랍니다. 따라서 루이스 전자점식을 통해 각 원자가 옥텟 규칙을 만족하기 위해 부족한 전자 수를 쉽게 알 수 있고, 화학 결합 시 어떻게 옥텟 규칙을 만족하는지도 알 수 있어요.

1 원자의 루이스 전자점식 나타내기

❶ 원자의 원자가 전자 수를 파악한다.
⬇
❷ 원자가 전자 1~4개까지는 원소 기호의 상하좌우에 1개씩 그린다.
⬇
❸ 5번째 전자부터는 이미 그린 전자와 쌍을 이루도록 한다.
⬇
❹ 이때 쌍을 이루지 않은 전자를 홀전자라고 한다.

예 **산소(O) 원자의 루이스 전자점식**

산소의 원자가 전자는 6개이므로 5, 6번째 전자는 쌍을 이룬다.



Q1 다음 (가)~(사)에 각 원자의 루이스 전자점식을 나타내시오.

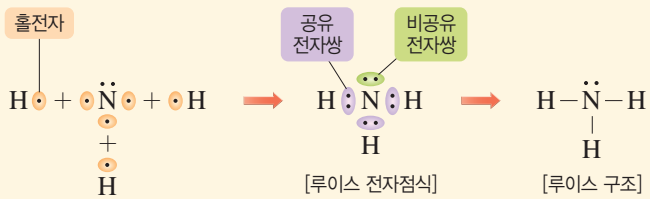
	1족	2족	13족	14족	15족	16족	17족
1주기	H·						
2주기	(가)	·Be·	(나)	·C·	(다)	:O·	(라)
3주기	Na·	(마)	·Al·	(바)	·P·	(사)	:Cl·

2 분자의 루이스 전자점식 나타내기

❶ 각 원자의 루이스 전자점식을 나타낸다.
⬇
❷ 각각의 원자에서 홀전자를 파악한 후, 홀전자끼리 결합하여 전자쌍을 이루도록 원자들을 배치한다.
⬇
❸ 이때 두 원자가 공유하고 있는 전자쌍을 공유 전자쌍, 한 원자에만 속해 있는 전자쌍을 비공유 전자쌍이라고 한다.
⬇
❹ 공유 전자쌍을 결합선으로 나타낸 것을 루이스 구조라고 한다.

예 **암모니아(NH_3) 분자의 전자점식**

• H의 원자가 전자는 1개, N의 원자가 전자는 5개이다.



• 암모니아(NH_3) 분자의 공유 전자쌍 수: 3, 비공유 전자쌍 수: 1

Q2 다음 (가)~(아)에 분자의 루이스 전자점식 또는 공유 전자쌍 수, 비공유 전자쌍 수를 쓰시오.

분자	플루오린화 수소 (HF)	산소 (O_2)	질소 (N_2)	사이안화 수소 (HCN)	이산화 탄소 (CO_2)	폼알데하이드 (CH_2O)
루이스 전자점식	H:F:	(가)	:N⋮⋮N:	(나)	O::C::O	(다)
공유 전자쌍 수	(라)	2	(마)	4	(바)	4
비공유 전자쌍 수	3	(사)	2	(아)	4	2

정답친해 96쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- 루이스 전자점식: 원소 기호 주위에 (❶)를 점으로 나타낸 식
  - (❷): 각 원자에 포함된 원자가 전자 중 쌍을 이루지 않은 전자
  - (❸): 공유 결합에 참여하는 전자쌍
  - (❹): 공유 결합에 참여하지 않고 한 원자에만 속해 있는 전자쌍
- (❺): 공유 결합을 편리하게 나타내기 위해 공유 전자쌍은 결합선(—)으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 그대로 나타내거나 생략한 식

1 루이스 전자점식과 루이스 구조에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

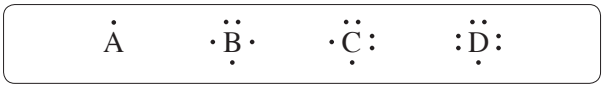
(1) 원자의 루이스 전자점식을 나타낼 때에는 원자의 모든 전자를 점으로 나타낸다. ( )

(2) 루이스 구조는 비공유 전자쌍을 결합선으로 나타낸다. ( )

(3) 원자가 전자의 홀전자가 공유 전자쌍을 만든다. ( )

(4) 루이스 구조에서 2중 결합은 결합선 2개로 나타낸다. ( )

2 그림은 1, 2주기의 비금속 원자 A~D의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)



(1) B~D의 전기 음성도 크기를 부등호로 비교하시오.

(2) B_2, D_2의 공유 전자쌍 수를 각각 쓰시오.

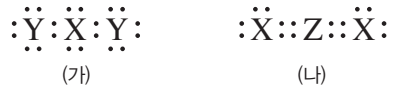
(3) C 1개가 A와 결합하여 생성한 안정한 화합물의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 각각 쓰시오.

3 분자의 루이스 전자점식을 나타낸 것으로 옳지 않은 것은?

① H:H ②  ③ :N⋮⋮N:

④  ⑤ 

[4~5] 그림은 2주기 원소 X~Z로 구성된 분자 (가), (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. (단, X~Z는 임의의 원소 기호이며, 전기 음성도는 Y>X>Z이다.)



(가) (나)

4 ( ) 안에 알맞은 말이나 숫자를 쓰시오.

(1) (가)에서 X는 부분적인 ( )전하를 띤다.

(2) (나)에서 X와 Z는 ( ) 공유 결합을 한다.

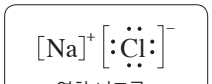
(3) (가)에서 공유 전자쌍 수는 ( )이다.

(4) 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)보다 더 ( )다.

5 (가)와 (나)를 루이스 구조로 각각 나타내시오.

분자	(가)	(나)
루이스 구조		

6 그림은 염화 나트륨의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.



염화 나트륨

(1) 나트륨 원자의 점 1개를 염소 원자로 옮겨 표시한다. ( )

(2) 염화 이온의 루이스 전자점식은 염소 원자의 루이스 전자점식보다 점이 1개 더 많다. ( )

(3) 나트륨 이온은 원자가 전자가 없지만, 염화 이온은 원자가 전자가 8개임을 알 수 있다. ( )

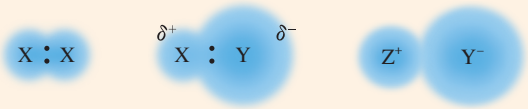
대표 자료 분석

정답친해 96쪽

자료 ❶ 결합의 극성

기출 Point
- 극성 공유 결합, 무극성 공유 결합, 이온 결합의 구분
- 전기 음성도 차이, 결합의 극성, 쌍극자 모멘트의 크기 비교

[1~4] 그림은 3가지 화학 결합을 모형으로 나타낸 것이다. (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)



(가) (나) (다)

1 (가)~(다)에서 성분 원소의 전기 음성도 크기를 각각 비교하시오.

2 (가)~(다)의 결합의 종류를 구분하시오.

3 (가)와 (나)의 결합의 쌍극자 모멘트 크기를 비교하시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (나)에서 X는 부분적인 양전하를 띤다. ····· (○ / ×)
(2) (다)에서 원자 사이의 전기 음성도 차이가 매우 커 Y의 전자가 Z로 이동하였다. ····· (○ / ×)
(3) 결합의 극성은 (나)가 (가)보다 크다. ····· (○ / ×)
(4) X~Z 중 전기 음성도가 가장 큰 원소는 Y이다. ····· (○ / ×)
(5) Y_2는 극성 공유 결합을 형성한다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 루이스 전자점식

기출 Point
- 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍
- 루이스 전자점식과 루이스 구조

[1~4] 그림은 2주기 원소 X~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)를 루이스 전자점식으로 나타낸 것이다. (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)



(가) (나)

1 X~Z 중 원자가 전자 수가 가장 큰 원소를 쓰시오.

2 X~Z의 전기 음성도 크기를 부등호로 비교하시오.

3 X_2, Y_2, Z_2의 공유 전자쌍 수를 순서대로 쓰시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

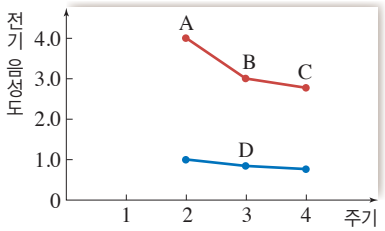
(1) (가)와 (나)에서 모든 원소는 옥텟 규칙을 만족한다. ····· (○ / ×)
(2) (나)에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. (○ / ×)
(3) 쌍극자 모멘트는 (나)의 결합이 (가)의 결합보다 크다. ····· (○ / ×)
(4) 비공유 전자쌍 수는 Z_2가 Y_2의 2배이다. ····· (○ / ×)
(5) X 1개는 Z 3개와 결합하여 안정한 화합물 XZ_3을 생성한다. ····· (○ / ×)

내신 만점 문제

정답친해 97쪽

A 전기 음성도 B 결합의 극성과 쌍극자 모멘트

01 그림은 몇 가지 원소의 전기 음성도를 주기에 따라 나타낸 것이다.



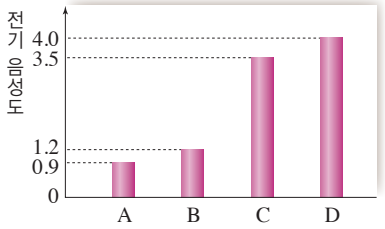
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이고, 같은 선으로 연결한 원소는 같은 족에 속한다.)

보기

ㄱ. A는 플루오린이다.
ㄴ. 원자 번호는 B가 D보다 크다.
ㄷ. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 작다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **02** 그림은 원소 A~D의 전기 음성도를 나타낸 것으로, A~D는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A와 B는 3주기 원소이다.
ㄴ. 공유 전자쌍 수는 C_2가 D_2의 2배이다.
ㄷ. A와 D로 이루어진 화합물은 공유 결합 물질이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[03~04] 표는 수소(H)가 포함된 3가지 분자에서 원자 사이의 전기 음성도 차이를 나타낸 것으로, X~Z는 각각 H, F, Cl 중 하나이다.

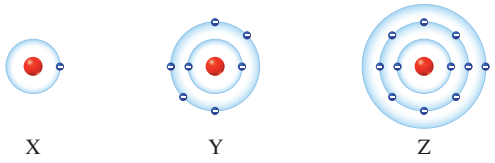
분자	(가)	(나)	(다)
	H−X	H−Y	H−Z
전기 음성도 차이	0	0.9	1.9

03 (가)~(다)의 결합을 극성 공유 결합과 무극성 공유 결합으로 구분하시오.

04 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전기 음성도가 가장 큰 원소는 Z이다.
② H−Z에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원소는 Z이다.
③ 결합의 극성은 H−Z가 H−X보다 크다.
④ X−Z에서 원자 사이의 전기 음성도 차이는 1.9이다.
⑤ Y_2는 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

05 그림은 원자 X~Z의 전자 배치 모형을, 표는 X~Z의 플루오린 화합물 (가)~(다)의 화학식을 나타낸 것이다.



화합물	(가)	(나)	(다)
화학식	XF	YF_3	ZF

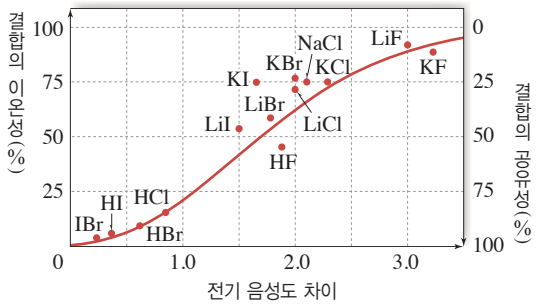
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. (가)~(다)는 모두 공유 결합 물질이다.
ㄴ. (나)에서 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
ㄷ. (다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[06~07] 그림은 전기 음성도 차이에 따른 결합의 이온성과 공유성을 나타낸 것이다.



06 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. LiF은 이온 결합으로 이루어진 물질이다.
ㄴ. HCl는 HF보다 극성이 크다.
ㄷ. HBr는 HCl보다 결합의 공유성이 작다.

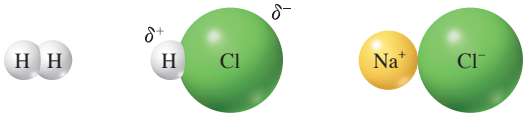
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형

07 두 원자 사이의 전기 음성도 차이가 커질 때 결합의 이온성과 공유성의 변화를 서술하시오.

중요

08 그림은 공유 결합과 이온 결합의 모형을 순서에 관계없이 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

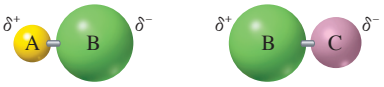
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 결합의 쌍극자 모멘트는 0이다.
ㄴ. 결합의 극성은 (나)>(가)이다.
ㄷ. H, Cl, Na 중 전기 음성도가 가장 작은 원소는 H이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 분자 AB와 BC의 모형에 부분적인 양전하(δ^+)와 부분적인 음전하(δ^-)를 표시한 것이다.



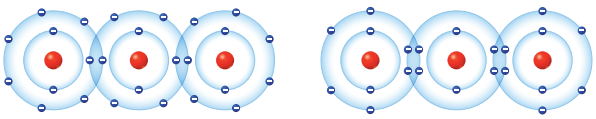
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. AB에는 무극성 공유 결합이 있다.
ㄴ. A~C 중 전기 음성도가 가장 큰 원소는 C이다.
ㄷ. A와 C로 이루어진 안정한 화합물에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자는 A이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 분자 (가)와 (나)를 화학 결합 모형으로 나타낸 것이다.



(가) XY_2 (나) ZX_2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, 분자 내에서 옥텟 규칙을 만족한다.)

보기

ㄱ. X~Z의 전기 음성도는 Y>X>Z이다.
ㄴ. 무극성 공유 결합이 있는 물질은 (가)이다.
ㄷ. (가)와 (나)에서 X는 모두 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 5가지 화합물의 화학식을 나타낸 것이다.

I_2	KBr	HF	CO_2	CCl_4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

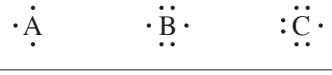
보기

ㄱ. 쌍극자 모멘트가 0인 결합이 있는 물질은 1가지이다.
ㄴ. 극성 공유 결합이 있는 물질은 2가지이다.
ㄷ. CO_2와 CCl_4에서 C는 모두 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

C 루이스 전자점식

[12~13] 그림은 2주기 원자 A~C의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)



중요 **12** 각 원자로 이루어진 물질에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

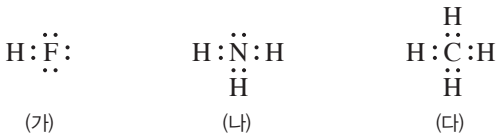
보기

ㄱ. AC_3에서 A는 옥텟 규칙을 만족한다.
ㄴ. B_2에는 무극성 공유 결합이 있다.
ㄷ. BC_2에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자는 B이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **13** B_2와 C_2의 루이스 전자점식을 각각 나타내시오.

중요 **14** 그림은 물질 (가)~(다)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

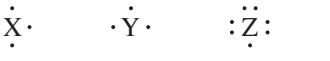
(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 가장 크다.
ㄴ. (가)와 (나)에서 수소(H)는 모두 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
ㄷ. 무극성 공유 결합이 있는 물질은 (다)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 다음은 2주기 원자 X~Z의 루이스 전자점식과 이 원자들이 포함된 화합물들을 나타낸 것이다.

(가) 
(나) XZ_4 YZ_3 HZ XH_2Z_2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, H는 수소이다.)

보기

ㄱ. HZ에서 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
ㄴ. (나)에서 비공유 전자쌍이 가장 많은 화합물은 XZ_4이다.
ㄷ. XZ_4와 XH_2Z_2는 공유 전자쌍 수가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 그림은 2주기 원소로 구성된 분자 BA_2와 AC_2의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. 원자 번호는 C > A > B이다.
ㄴ. 두 화합물에서 A~C는 모두 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다.
ㄷ. 두 화합물의 루이스 구조에서 결합선의 수는 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[17~18] 표는 원자 A~D의 바닥상태 전자 배치를 나타낸 것이다. (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

원자	전자 배치
A	$1s^2 2s^2 2p^4$
B	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
C	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
D	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

17 A~D로 이루어진 물질에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A_2는 무극성 공유 결합 물질이다.
ㄴ. A와 B로 이루어진 안정한 화합물은 이온 결합 물질이다.
ㄷ. 화합물 CD_3에서 중심 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

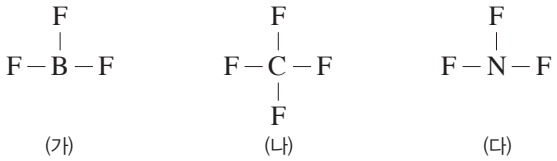
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형

18 B와 D로 이루어진 화합물의 루이스 전자점식을 나타내시오.

중요

19 그림은 3가지 화합물의 루이스 구조를 나타낸 것이다.



(가)~(다)의 공통점으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

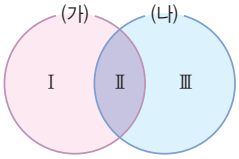
보기

ㄱ. 극성 공유 결합 물질이다.
ㄴ. 중심 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.
ㄷ. 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 합한 값이 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 다음은 4가지 분자를 기준 (가)와 (나)에 따라 분류하는 벤 다이어그램이다.

분자	O=O　　H−O−H O=C=O　　H−O−O−H
분류 기준	(가) 극성 공유 결합이 있다. (나) 무극성 공유 결합이 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. Ⅰ 영역에 속하는 분자는 1가지이다.
ㄴ. H−O−O−H는 Ⅱ 영역에 속한다.
ㄷ. CH_4은 Ⅱ 영역에 속한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 100쪽

01 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

분자	분자식	두 중심 원자 사이의 공유 전자쌍 수
(가)	X_2F_2	3
(나)	Y_2F_2	2
(다)	Z_2F_2	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 2주기 원소 기호이며, 분자 (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.)

보기

ㄱ. ㉠은 1이다.
ㄴ. (가)에서 비공유 전자쌍 수는 6이다.
ㄷ. X~Z 중 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 Z이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



(가) (나)

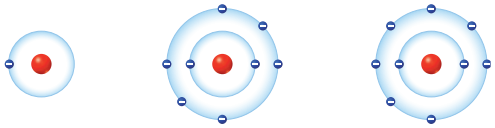
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 1, 2주기 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. A~C 중 전기 음성도가 가장 큰 원소는 B이다.
ㄴ. (나)에는 무극성 공유 결합이 있다.
ㄷ. 공유 전자쌍 수는 B_2가 A_2의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 원자 X~Z의 전자 배치 모형을 나타낸 것이고, 표는 X~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다.



X Y Z

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	X, Y	X, Z	Y, Z
공유 전자쌍 수	2	1	3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, (가)~(다)에서 Y, Z는 옥텟 규칙을 만족한다.)

보기

ㄱ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄴ. (가)~(다)에는 모두 극성 공유 결합이 있다.
ㄷ. (다)의 화학식은 YZ_2이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 원소 W~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 구조식에서 다중 결합은 표시하지 않았다.

분자	(가)	(나)
구조식	W−X−X−W	Y−Z−W
$\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{1}{2}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이며, 분자를 구성하는 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.)

보기

ㄱ. W~Z 중 원자 번호가 가장 큰 원소는 W이다.
ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다.
ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2 분자의 구조와 성질

핵심 포인트
1. 전자쌍 반발 이론 ★★
2. 분자의 결합각과 구조 ★★★
3. 분자의 극성 ★★★
4. 극성 분자와 무극성 분자의 성질 ★★★

A 분자의 구조

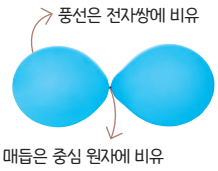
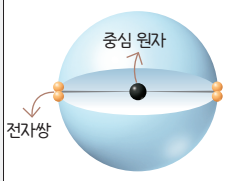
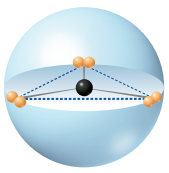
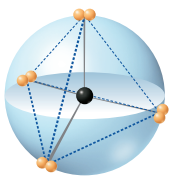
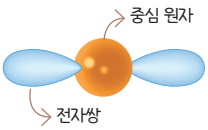
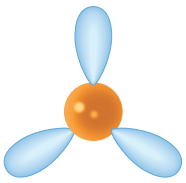
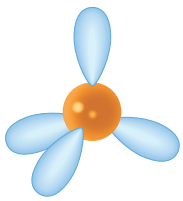
블록의 종류와 수에 따라 다양한 모양의 장난감을 만들 수 있는 것처럼, 원자의 종류와 수에 따라 분자의 구조도 달라져요. 정확하게는 중심 원자 주위에 있는 전자쌍 수에 따라 달라지죠. 그러면 분자의 구조가 어떻게 달라지는지 살펴볼까요?



1. 전자쌍 반발 이론 분자에서 중심 원자 주위에 있는 전자쌍들은 서로 같은 전하(−)를 띠므로 정전기적 반발력이 작용하여 가능한 한 멀리 떨어져 있으려 한다는 이론 ➡ 공유 결합으로 이루어진 분자의 구조를 예측하는 데 유용하다.

(1) **전자쌍 반발 이론에 의한 전자쌍 배치**: 중심 원자에 있는 전자쌍의 수에 따라 전자쌍의 배치가 달라지며, 이에 따라 분자의 구조가 결정된다.

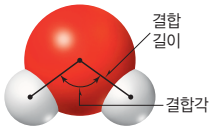
풍선 모형은 각 고무풍선의 매듭을 묶어 고무풍선들이 가장 멀리 떨어지도록 배치했을 때의 모양을 나타낸 것이다.

전자쌍	2개	3개	4개
풍선 모형 (풍선의 배열은 전자쌍의 배열을 의미)			
전자쌍의 배치			
			
	전자쌍이 서로 정반대 위치에 놓일 때 반발력이 가장 작다.	전자쌍이 정삼각형의 꼭짓점에 놓일 때 반발력이 가장 작다.	전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 놓일 때 반발력이 가장 작다.
◆결합각	180°	120°	109.5°
분자 구조	직선형	평면 삼각형	정사면체형

(2) **전자쌍 사이의 반발력 크기**: 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다. ➡ 비공유 전자쌍은 중심 원자에만 속해 있고, 공유 전자쌍은 2개의 원자가 공유하고 있어 ◆비공유 전자쌍이 공유 전자쌍에 비해 더 넓은 공간을 차지하기 때문이다.

비공유 전자쌍 ↕ 반발력 비공유 전자쌍 > 공유 전자쌍 ↕ 반발력 비공유 전자쌍 > 공유 전자쌍 ↕ 반발력 공유 전자쌍

◆ **결합각과 결합 길이**
결합각과 결합 길이는 전자쌍 반발 이론에 의해 결정되며, 분자의 구조를 결정하는 데 중요한 역할을 한다.



- 결합각: 원자가 3개 이상 결합한 분자에서 중심 원자의 원자핵과 이와 결합한 두 원자의 원자핵을 연결한 선이 이루는 각
- 결합 길이: 결합하고 있는 두 원자의 원자핵의 중심 사이의 거리

상상 교과서에만 나와요.

◆ **전자쌍이 차지하는 공간의 크기**



공유 전자쌍은 두 원자 사이에 존재하고 있는 반면, 비공유 전자쌍은 한 원자에만 속해 있으므로 비공유 전자쌍이 공유 전자쌍에 비해 더 넓은 공간을 차지한다.

2. 분자의 구조 215쪽 대표 자료 ❶❷

(1) 중심 원자에 공유 전자쌍만 있는 경우: 중심 원자 주위의 공유 전자쌍 수에 따라 구조가 다르다.

공유 전자쌍	2개	3개	4개
예	플루오린화 베릴륨(BeF_2)	삼염화 붕소(BCl_3)	메테인(CH_4)
루이스 전자점식과 루이스 구조	:F:Be:F: F−Be−F (옥텟 규칙 예외)	:Cl: Cl / :Cl:B:Cl: Cl−B−Cl (옥텟 규칙 예외)	H / H:C:H H−C−H / H
분자 모형	180°, F, Be, F	Cl, B, Cl, 120°, Cl	H, 109.5°, C, H, H, H
결합각 / 분자 구조	180° / 직선형	120° / 평면 삼각형	109.5° / 정사면체형

• 평면 구조 ➡ 분자를 이루는 모든 원자가 동일 평면에 있다.

• 입체 구조

(2) 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 경우

① 전체 전자쌍을 배치한 후, 비공유 전자쌍을 제외한 공유 전자쌍의 배열로 구조를 결정한다.

② 비공유 전자쌍이 많을수록 반발력이 커지므로 결합각이 작아진다.

전자쌍	공유 전자쌍 3개 / 비공유 전자쌍 1개	공유 전자쌍 2개 / 비공유 전자쌍 2개
예	암모니아(NH_3) 다른 예: PH_3	물(H_2O) 다른 예: H_2S
루이스 전자점식과 루이스 구조	H:N:H / H H−N−H / H	H:O: / H H−O / H
분자 모형	비공유 전자쌍, 비공유 전자쌍의 반발력이 커서 공유 전자쌍을 더 세게 밀어내므로 결합각은 CH_4보다 작다., N, H, H, H, 107°	비공유 전자쌍, 비공유 전자쌍 2개의 반발력이 크므로 결합각은 NH_3보다 작다., O, H, H, 104.5°
결합각 / 분자 구조	107° / 삼각뿔형 입체 구조	104.5° / 굽은 형 평면 구조

(3) 중심 원자에 다중 결합이 있는 경우: 중심 원자에 2중 결합 또는 3중 결합이 있는 경우 다중 결합을 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정한다.

• C에 공유 전자쌍만 2개 있는 것으로 간주

• C에 공유 전자쌍만 3개 있는 것으로 간주

예	이산화 탄소(CO_2)	사이안화 수소(HCN)	폼알데하이드(HCHO)
루이스 전자점식과 루이스 구조	:O::C::O: / O=C=O	H:C⋮⋮N: / H−C≡N	:O: / H:C:H O / H−C−H
분자 모형	180°, O, C, O	180°, H, C, N	O, 2중 결합과 단일 결합 사이의 반발력이 단일 결합들 사이의 반발력보다 크다., 122°, C, H, H, 116°
결합각 / 분자 구조	180° / 직선형	180° / 직선형	약 120° / 평면 삼각형

◆ **이원자 분자의 구조**

H_2, O_2, N_2, HCl 등과 같이 2개의 원자로 이루어진 분자들은 모두 직선형 구조를 이루며, 결합각은 180°이다.

주의해!

중심 원자의 공유 전자쌍 수

중심 원자가 3주기 이상의 원소일 때는 d 오비탈에 전자가 존재하므로 옥텟 규칙을 따르지 않아 중심 원자의 공유 전자쌍이 5개, 6개인 경우도 있다.

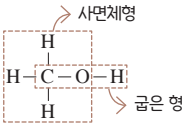
예 • PF_5 : 공유 전자쌍 5개 ➡ 삼각쌍뿔형

• SF_6 : 공유 전자쌍 6개 ➡ 정팔면체형

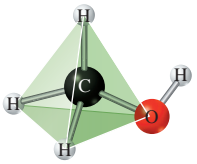
미래엔 교과서에만 나와요.

◆ **중심 원자가 2개 이상인 분자의 구조**

메탄올(CH_3OH)과 같이 중심 원자가 2개 이상인 분자도 전자쌍 반발 이론을 적용하여 아래처럼 분자의 구조를 예측할 수 있다.



메탄올의 루이스 구조



메탄올의 분자 모형

정답친해 101쪽

개념 확인 문제

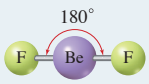
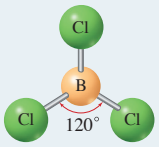
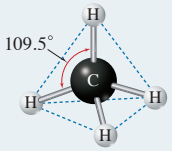
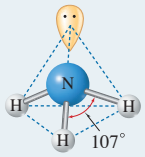
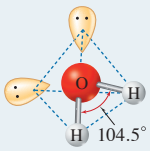
핵심 체크

• (❶): 분자에서 중심 원자 주위에 있는 전자쌍들은 서로 같은 전하를 띠므로 정전기적 반발력이 작용하여 가능한 한 멀리 떨어져 있으려고 한다는 이론

• 전자쌍 사이의 반발력 크기

(❷) 전자쌍들 사이의 반발력 > 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이의 반발력 > (❸) 전자쌍들 사이의 반발력

• 중심 원자의 전자쌍 수에 따른 분자 구조

구분	중심 원자에 공유 전자쌍만 있는 경우			중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 경우	
공유 전자쌍	2개	3개	4개	3개	2개
비공유 전자쌍	0개	0개	0개	1개	2개
	예 BeF_2	예 BCl_3	예 CH_4	예 NH_3	예 H_2O
분자 모형					
분자 구조	(❹)	(❺)	(❻)	(❼)	(❽)

• 중심 원자에 다중 결합이 있는 경우 분자 구조: 다중 결합을 (❾)개의 전자쌍으로 취급하여 구조를 결정한다.

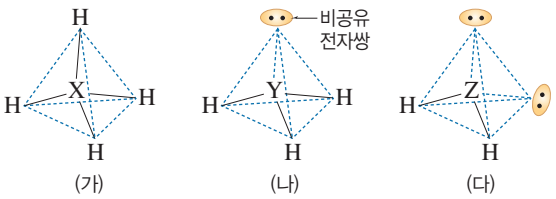
1 전자쌍 반발 이론에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 분자에서 중심 원자 주위의 전자쌍들은 가능한 한 가깝게 붙어 있으려 한다는 이론이다. …… ( )

(2) 중심 원자에 전자쌍이 4개 있는 경우 전자쌍이 정사각형의 꼭짓점에 놓일 때 반발력이 가장 작다. ( )

(3) 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍들 사이의 반발력보다 크다. …… ( )

2 그림은 2주기 원소 X~Z의 수소 화합물의 분자 구조를 나타낸 것이다. (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)



(1) 화합물 (가)~(다)의 결합각 크기를 부등호로 비교하시오.

(2) 화합물 (가)~(다)의 분자 구조를 각각 쓰시오.

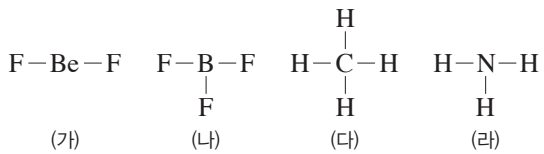
3 다음 각 분자 구조에 알맞은 분자식을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. NF_3　ㄴ. HF　ㄷ. N_2　ㄹ. CO_2
ㅁ. BCl_3　ㅂ. H_2O　ㅅ. $BeCl_2$　ㅇ. CH_4

(1) 직선형　(2) 굽은 형　(3) 삼각뿔형
(4) 정사면체형　(5) 평면 삼각형

4 그림은 몇 가지 화합물의 루이스 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) (가)에서 공유 전자쌍은 2개이다. …… ( )

(2) (나)와 (라)의 분자 구조는 같다. …… ( )

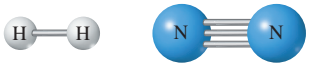
(3) (다)와 (라)에서 중심 원자의 전체 전자쌍 수는 같다. …… ( )

B 분자의 극성

1. 무극성 분자 분자 안에 전하가 고르게 분포하므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자

(1) **이원자 분자인 경우:** 같은 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 분자

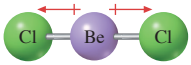
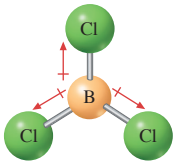
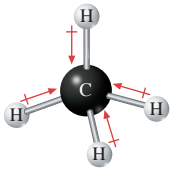
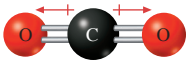
예



수소(H_2) 질소(N_2)

각 결합의 쌍극자 모멘트가 같고, 분자 구조에 의해 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄된다.

(2) **다원자 분자인 경우:** 분자 구조가 대칭을 이루어 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되는 분자

예	염화 베릴륨($BeCl_2$)	삼염화 붕소(BCl_3)	메테인(CH_4)	이산화 탄소(CO_2)
분자 모형				
분자 구조	직선형	평면 삼각형	정사면체형	직선형
	대칭 구조	대칭 구조	대칭 구조	대칭 구조
결합의 극성	Be−Cl 결합 ➡ 극성 공유 결합	B−Cl 결합 ➡ 극성 공유 결합	C−H 결합 ➡ 극성 공유 결합	C=O 결합 ➡ 극성 공유 결합
결합의 쌍극자 모멘트 합	0	0	0	0

분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

2. 극성 분자 분자 안에 전하가 고르게 분포하지 않아 부분적인 전하를 띠므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자

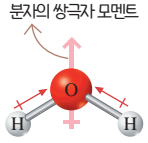
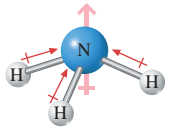
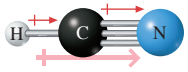
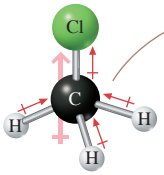
(1) **이원자 분자인 경우:** 서로 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 분자

예



플루오린화 수소(HF) 염화 수소(HCl)

(2) **다원자 분자인 경우:** 분자 구조가 ◆비대칭이어서 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되지 않는 분자

예	물(H_2O)	암모니아(NH_3)	사이안화 수소(HCN)	클로로메테인(CH_3Cl)
분자 모형	 분자의 쌍극자 모멘트 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는다.	 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는다.	 두 결합의 쌍극자 모멘트는 서로 방향이 같아 상쇄되지 않는다.	 C−H 결합과 C−Cl 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는다.
분자 구조	굽은 형	삼각뿔형	직선형	사면체형
	비대칭 구조	비대칭 구조	비대칭 구조	비대칭 구조
결합의 극성	O−H ➡ 극성 공유 결합	N−H ➡ 극성 공유 결합	C−H, C≡N ➡ 극성 공유 결합	C−H, C−Cl ➡ 극성 공유 결합
결합의 쌍극자 모멘트 합	0이 아님	0이 아님	0이 아님	0이 아님

분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

분자의 극성 여부는 결합의 극성과 분자의 구조에 따라 결정되어요.

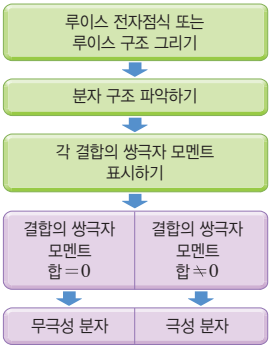


주의해!

분자의 극성
- 이원자 분자는 결합의 극성에 따라 분자의 극성이 결정된다.
- 다원자 분자는 분자 구조에 따라 분자의 극성이 결정된다.

◆ **비대칭 구조**
중심 원자에 결합된 원자들이 모두 같은 종류가 아니거나 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 분자의 구조는 비대칭 구조이다.

◆ **분자의 극성 판단하기**



C 분자의 성질

물과 기름은 섞이지 않는다는 사실을 우리는 모두 알고 있답니다. 그런데 이러한 현상이 분자의 구조와 관련이 있다는 사실도 알고 있나요? 분자의 구조는 분자의 극성을 결정하고, 분자의 극성은 물질의 물리적, 화학적 성질에 영향을 미쳐요. 그럼 극성 분자와 무극성 분자의 성질에 대해 함께 알아보아요.

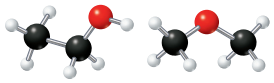
◆ **극성 물질과 무극성 물질**
극성 물질은 이온 결합 물질이나 극성 분자로 이루어진 물질이고, 무극성 물질은 원소나 무극성 분자로 이루어진 물질이다.

◆ **대전체**
물체 사이에서 전자가 이동하여 전기를 띠게 되는 현상을 대전이라 하고, 대전된 물체를 대전체라고 한다.

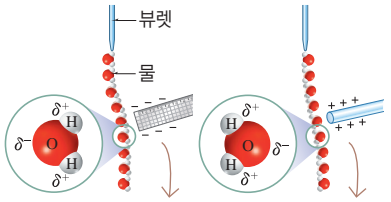
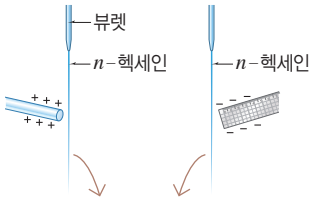
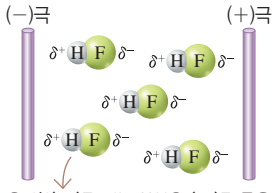
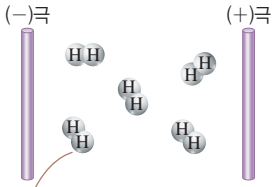
◆ **극성 분자와 무극성 분자가 섞이지 않는 까닭**
극성 분자끼리는 서로 반대 전하를 띤 부분 사이에 강한 정전기적 인력이 작용하므로 쉽게 섞인다. 하지만 무극성 분자와 극성 분자를 섞으면 극성 분자끼리만 강한 정전기적 인력이 작용하므로 무극성 분자는 그 사이로 섞여 들어가지 못하고 층을 이룬다.

천재 교과서에만 나와요.

◆ **분자 구조와 물리적, 화학적 성질**
에탄올(C_2H_5OH)과 다이메틸에테르(CH_3OCH_3)는 분자식이 C_2H_6O로 같지만 분자 구조가 다르다. 따라서 두 물질은 녹는점과 끓는점, 물에 대한 용해도, 화학적 성질이 다르다.



에탄올 다이메틸 에테르

구분	극성 분자	무극성 분자
대전체의 영향	액체 상태의 ◆극성 물질에 ◆대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려온다.  (−)대전체를 가까이 대면 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 수소 부분이 끌려온다. (+)대전체를 가까이 대면 부분적인 음전하(δ^-)를 띤 산소 부분이 끌려온다.	액체 상태의 무극성 물질에 대전체를 가까이 대도 액체 줄기가 끌려오지 않는다.  무극성 물질인 n−헥세인은 (+)대전체나 (−)대전체를 가까이 대도 끌려오지 않는다.
전기장 속에서 분자의 배열	기체 상태의 극성 분자는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열된다.  부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 부분은 (+)극 쪽을 향하고, 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 부분은 (−)극 쪽을 향하여 배열된다.	기체 상태의 무극성 분자는 전기장 속에 있을 때에도 일정한 방향으로 배열되지 않는다.  무극성 분자인 H_2는 무질서하게 배열된다.
용해도	극성 물질은 극성 용매에 잘 용해된다. 예 • 물은 염화 나트륨이나 황산 구리(Ⅱ) 오수화물과 같은 이온 결합 물질을 잘 녹인다. • 극성 물질인 물과 에탄올은 잘 섞인다.	무극성 물질은 무극성 용매에 잘 용해된다. 예 • 무극성 물질인 아이오딘(I_2)은 무극성 물질인 사염화 탄소에 잘 녹는다. • 무극성 물질인 n−헥세인과 벤젠은 잘 섞인다.
	◆극성 물질과 무극성 물질은 서로 잘 섞이지 않는다. 예 극성 물질인 물은 무극성 물질인 n−헥세인이나 기름과 혼합하면 섞이지 않고 분리되어 층을 이룬다.  	
녹는점과 끓는점	일반적으로 분자량이 비슷한 경우 분자의 극성이 클수록 녹는점과 끓는점이 높다. ➡ 극성 분자끼리는 서로 반대 전하를 띤 부분 사이에 강한 정전기적 인력이 작용하므로 무극성 분자보다 분자 사이의 인력이 강하다. → 분자 사이의 인력이 강할수록 융해하거나 기화하는 데 더 많은 에너지가 필요하므로 극성 물질이 무극성 물질보다 융해열, 기화열, 비열 등이 크다.	

구분		분자량	녹는점(°C)	끓는점(°C)
무극성 분자	메테인(CH_4)	16	−183	−161
극성 분자	암모니아(NH_3)	17	−78	−33
무극성 분자	산소(O_2)	32	−219	−183
극성 분자	황화 수소(H_2S)	34	−86	−61

분자량 비슷 (메테인, 암모니아)
분자량 비슷 (산소, 황화 수소)
분자량이 비슷할 때 무극성 분자인 CH_4보다 극성 분자인 NH_3가, 무극성 분자인 O_2보다 극성 분자인 H_2S가 녹는점과 끓는점이 높다.

탐구 자료창 극성 분자와 무극성 분자의 성질

분자의 극성과 전기적 성질

과정 >

❶ 뷰렛에 물을 넣고 물줄기를 가늘게 흐르게 한다.
❷ 명주 헝겊으로 문지른 플라스틱 자와 유리 막대를 각각 물줄기에 가까이 댄다.
❸ 물 대신 에탄올(C_2H_5OH), n–헥세인(C_6H_{14})을 이용하여 과정 ❶~❷를 반복한다.







결과 >

구분	물 ● 극성 물질	에탄올 ● 극성 물질	n–헥세인 ● 무극성 물질
플라스틱 자	끌려옴	끌려옴	끌려오지 않음
유리 막대	끌려옴	끌려옴	끌려오지 않음

해석 >

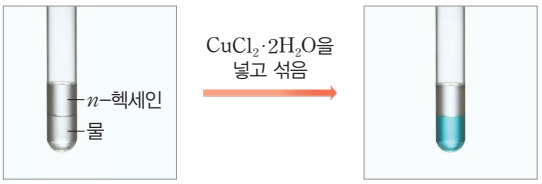
1. **플라스틱 자와 유리 막대를 명주 헝겊으로 문질렀을 때의 변화:** ◆플라스틱 자는 대전되어 (−)전하를 띠고, 유리 막대는 대전되어 (+)전하를 띤다.
2. **물과 에탄올의 액체 줄기가 끌려오는 까닭:** 명주 헝겊으로 문지른 플라스틱 자와 유리 막대는 대전체이다. 물과 에탄올은 극성 물질로 분자 내에 부분적인 양전하(δ^+)와 음전하(δ^-)를 띤 부분이 있으므로 액체 줄기에 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려온다.
3. **n–헥세인의 액체 줄기가 끌려오지 않는 까닭:** n–헥세인은 무극성 물질이므로 대전체를 가까이 대도 액체 줄기가 끌려오지 않는다.

같은 탐구 다른 실험

◆**분자의 극성과 용해성**

과정 >

❶ 시험관 한 개에 물과 n–헥세인을 10 mL씩 넣고 흔든 뒤 변화를 관찰한다.
❷ 과정 ❶의 시험관에 염화 구리(Ⅱ) 이수화물($CuCl_2 \cdot 2H_2O$)을 넣고 섞은 뒤 변화를 관찰한다.
(염화 구리(Ⅱ) 이수화물: ● 푸른색)



결과 >

시험관	아래층	위층
	물 층	n–헥세인 층
색 변화	푸른색	무색

해석 >

1. **물과 n–헥세인이 섞이지 않고 층을 이루는 까닭:** 극성 물질인 물은 무극성 물질인 n–헥세인과 서로 섞이지 않기 때문이다.
2. **물 층은 푸른색을 띠고, n–헥세인 층은 색을 띠지 않는 까닭:** 염화 구리(Ⅱ) 이수화물은 극성 물질이므로 극성 용매인 물에는 잘 용해되지만, 무극성 용매인 n–헥세인에는 용해되지 않기 때문이다.

지학사 교과서에만 나와요.

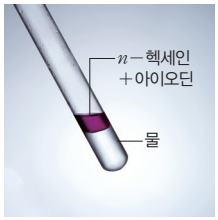
◆ **대전열**

두 종류의 물체를 마찰했을 때 (+)전하와 (−)전하를 띠는 물질을 순서대로 나열한 것을 대전열이라고 한다. 대전열은 (+)전하를 띠기 쉬운 물질부터 순서대로 나열한다.

(+) 털가죽 > 유리 > 명주 > 나무 > 철 > 고무 > 플라스틱 (−)

◆ **아이오딘(I_2)의 용해성**

무극성 물질인 아이오딘은 n–헥세인에는 잘 용해되지만, 물에는 용해되지 않는다.



확인 문제

1 (극성, 무극성) 물질의 액체 줄기에 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려온다.

2 극성 물질인 염화 구리(Ⅱ) 이수화물은 (물, n–헥세인)에 잘 녹는다.

확인 문제 답

1 극성
2 물

정답친해 101쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶) 분자: 분자 안에 전하가 고르게 분포하므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자
  - 이원자 분자인 경우: (❷) 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 분자
  - 다원자 분자인 경우: (❸) 구조를 이루어 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되는 분자
- (❹) 분자: 분자 안에 전하가 고르게 분포하지 않아 부분적인 전하를 띠므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 분자
  - 이원자 분자인 경우: 서로 (❺) 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 분자
  - 다원자 분자인 경우: 분자 구조가 (❻)이어서 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되지 않는 분자
- 분자의 성질
  - 대전체의 영향: 액체 상태의 (❼) 물질에 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려오지만, 액체 상태의 (❽) 물질에 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 끌려오지 않는다.
  - 전기장 속에서의 배열: 기체 상태의 (❾) 분자는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되지만, 기체 상태의 (❿) 분자는 전기장 속에 있을 때에도 일정한 방향으로 배열되지 않는다.
  - 용해도: (⓫) 물질은 극성 용매에 잘 용해되고, (⓬) 물질은 무극성 용매에 잘 용해된다.
  - 녹는점과 끓는점: 일반적으로 분자량이 비슷한 경우 분자의 극성이 클수록 녹는점과 끓는점이 (⓭)다.

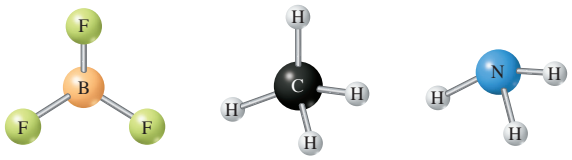
1 분자의 극성에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) 극성 공유 결합으로 이루어진 분자는 모두 극성 분자이다. ····· ( )

(2) 무극성 공유 결합으로 이루어진 이원자 분자는 무극성 분자이다. ····· ( )

(3) 비대칭 구조의 다원자 분자는 모두 극성 분자이다. ····· ( )

2 그림은 몇 가지 분자 모형을 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

(1) 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0인 분자를 있는 대로 고르시오.

(2) 극성 분자를 있는 대로 고르시오.

3 극성 분자와 무극성 분자의 성질에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) 물줄기에 전하를 띤 대전체를 가까이 대면 물줄기가 대전체 쪽으로 끌려온다. ····· ( )

(2) 기체 상태의 수소 분자는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열한다. ····· ( )

(3) 극성 물질인 에탄올과 물은 잘 섞인다. ····· ( )

(4) 분자량이 비슷한 메테인(CH_4)과 암모니아(NH_3)에서 녹는점과 끓는점은 메테인이 더 높다. ····· ( )

4 기체 상태로 전기장 속에 넣었을 때 일정한 방향으로 배열되는 분자를 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기

CO_2 HF O_2 SO_2

5 무극성 용매인 벤젠에 잘 용해되는 물질을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기

H_2O CO_2 $BeCl_2$ HCN

대표 자료 분석

정답친해 102쪽

자료 1 전자쌍 사이의 반발력과 분자의 구조

기출 Point
- 비공유 전자쌍 수에 따른 전자쌍 사이의 반발력
- 전자쌍 수와 분자의 구조

[1~4] 다음은 몇 가지 분자를 분자식으로 나타낸 것이다.

(가) HCN	(나) BeF_2	(다) BF_3
(라) H_2O	(마) NH_3	(바) CH_4

1 표의 빈칸에 (가)~(바)의 중심 원자에 있는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 쓰시오.

분자	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
공유 전자쌍 수						
비공유 전자쌍 수						

2 (가)~(바)의 분자 구조를 각각 쓰시오.

3 (가)~(바)의 결합각 크기를 등호 또는 부등호로 비교하시오.

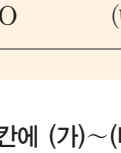
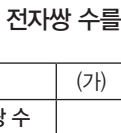
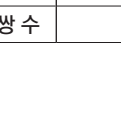
4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)와 (바)의 공유 전자쌍 수는 같다. ····· (○ / ×)
(2) 중심 원자에 비공유 전자쌍이 가장 많은 분자는 (라)이다. ····· (○ / ×)
(3) 다중 결합이 있는 분자는 1가지이다. ····· (○ / ×)
(4) 중심 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족한다. ····· (○ / ×)
(5) (다)와 (마)의 분자 구조는 같다. ····· (○ / ×)
(6) 직선형 구조인 분자는 2가지이다. ····· (○ / ×)
(7) 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 3가지이다. ····· (○ / ×)

자료 2 분자의 구조식과 전자쌍 수

기출 Point
- 분자의 구조식 분석
- 분자의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수

[1~4] 표는 2주기 원소로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하며, W~Z는 임의의 원소 기호이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구조식			
비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수	3	$\frac{10}{3}$	㉠

1 W~Z의 원자가 전자 수를 각각 쓰시오.

2 X_2, Y_2, Z_2의 공유 전자쌍 수를 각각 쓰시오.

3 (가)~(다)를 극성 분자와 무극성 분자로 구분하시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)의 비공유 전자쌍 수는 8이다. ····· (○ / ×)
(2) 결합각은 (나)가 (가)보다 크다. ····· (○ / ×)
(3) ㉠은 2이다. ····· (○ / ×)
(4) (다)에서는 모든 구성 원자가 동일 평면에 있다. ····· (○ / ×)
(5) 극성 용매에 잘 용해되는 분자는 (나)와 (다)이다. ····· (○ / ×)

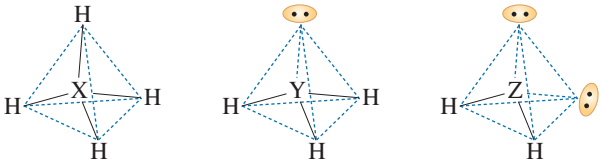
내신 만점 문제

A 분자의 구조

01 전자쌍 반발 이론과 분자의 구조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전자쌍 반발 이론으로 분자의 구조를 예측할 수 있다.
② 중심 원자에 비공유 전자쌍이 많을수록 결합각이 작아진다.
③ 2중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정한다.
④ 공유 전자쌍 사이의 반발력은 비공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크다.
⑤ 중심 원자에 공유 전자쌍만 3개 존재하는 분자의 구조는 평면 삼각형이다.

[02~03] 그림은 2주기 원소 X~Z의 수소 화합물을 나타낸 것이다. (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)



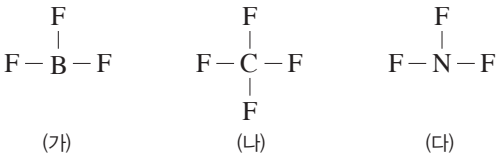
중요 **02** 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (나)와 (다)는 입체 구조이다.
ㄴ. 결합각의 크기는 (가)>(나)>(다)이다.
ㄷ. X~Z 중 원자 번호는 Z가 가장 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **03** (가)~(다)의 결합각 크기가 다른 까닭을 서술하시오.

04 그림은 화합물 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다.



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 결합각이 가장 큰 것은 (가)이다.
ㄴ. (나)에서 중심 원자에 있는 전자쌍 사이의 반발력 크기는 모두 같다.
ㄷ. (가)와 (다)는 모든 구성 원자가 동일 평면에 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **05** 표는 2주기 원소의 플루오린 화합물 (가)~(라)에서 중심 원자에 있는 전자쌍 수를 나타낸 것이다.

화합물	(가)	(나)	(다)	(라)
공유 전자쌍 수	3	4	3	2
비공유 전자쌍 수	0	0	1	2

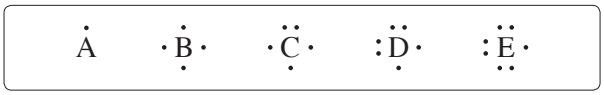
이에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 모두 고르면? (단, 중심 원자는 1개이다.) (2개)

① 결합각의 크기는 (가)>(나)>(다)>(라)이다.
② (가)와 (다)의 분자 구조는 같다.
③ 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (가)와 (라)이다.
④ (나)는 정사각형 구조이다.
⑤ 한 분자에서 결합하고 있는 플루오린 원자 수가 가장 작은 분자는 (라)이다.

06 분자와 분자의 구조가 옳게 짝 지어지지 않은 것은?

① HCl – 직선형 ② BeF_2 – 직선형
③ CO_2 – 굽은 형 ④ CCl_4 – 정사면체형
⑤ NF_3 – 삼각뿔형

[07~08] 그림은 1, 2주기 비금속 원자 A~E의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다. (단, A~E는 임의의 원소 기호이다.)



07 중심 원자가 B, C, D이고 각각 E와 결합할 때 생성되는 분자의 분자식과 분자 구조를 각각 쓰시오. (단, 중심 원자는 1개이다.)

중요 **08** A~E로 이루어진 화합물에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. BD_2에는 2중 결합이 있다.
ㄴ. CE_3의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 못한다.
ㄷ. BA_4의 결합각은 109.5°이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 표는 원소 X~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다. X~Z는 각각 C, O, F 중 하나이다.

분자	(가)	(나)	(다)
성분 원소	X, Y	Y, Z	X, Z
성분 원자 수	3	3	5
비공유 전자쌍 수	8	4	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)는 직선형 구조이다.
ㄴ. (나)의 결합각은 180°이다.
ㄷ. ㉠은 12이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **10** 표는 몇 가지 분자와 이온의 화학식과 분류 기준 (가)~(다)를 나타낸 것이다.

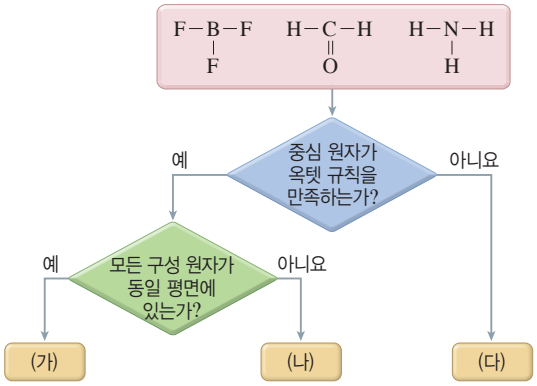
화학식	HCN CO_2 NF_3 C_2H_2 NH_4^+
분류 기준	(가) 분자 구조가 직선형이다. (나) 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다. (다) 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에 해당하는 것은 2가지이다.
ㄴ. (다)에 해당하는 것은 NF_3와 NH_4^+이다.
ㄷ. (나)와 (다)에 모두 해당하는 것은 NF_3이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 3가지 분자를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다.



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에는 2중 결합이 있다.
ㄴ. 결합각은 (나)가 (가)보다 크다.
ㄷ. 비공유 전자쌍이 가장 많은 분자는 (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 분자의 극성

중요 **12** 그림은 2가지 분자의 구조와 분자 내 각 결합의 쌍극자 모멘트를 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 2주기 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. (가)에는 무극성 공유 결합이 있다.
ㄴ. 전기 음성도는 A>B>C이다.
ㄷ. 결합의 쌍극자 모멘트 합은 (나)가 (가)보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **13** 그림은 2주기 원자 X~Z의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.

$\cdot\ddot{\mathrm{X}}\cdot$ $\cdot\ddot{\mathrm{Y}}\cdot$ $:\ddot{\mathrm{Z}}\cdot$

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

보기

ㄱ. X_2 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다.
ㄴ. XZ_3 분자의 구조는 평면 삼각형이다.
ㄷ. YZ_2의 결합각은 XZ_3의 결합각보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림은 2주기 원소 X~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)를 루이스 전자점식으로 나타낸 것이다.

$:\mathrm{X}\vdots\mathrm{X}:$ $:\ddot{\mathrm{Z}}:\ddot{\mathrm{Y}}:\ddot{\mathrm{Z}}:$

(가) (나)

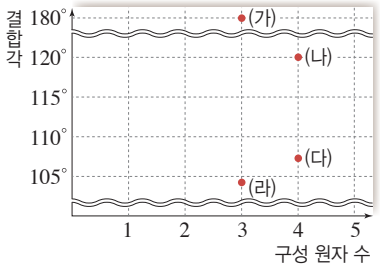
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)보다 크다.
ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄷ. XZ_3의 분자 구조는 삼각뿔형이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림은 플루오린 화합물 (가)~(라)를 구성하는 원자 수와 결합각을 나타낸 것이다.



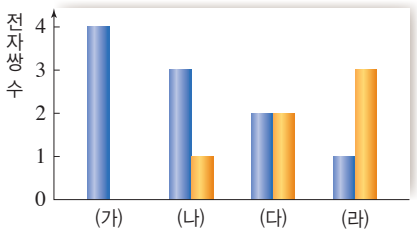
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)~(라)의 중심 원자는 각각 Be, B, N, O 중 하나이다.)

보기

ㄱ. (가)와 (나)는 무극성 분자이다.
ㄴ. (나)는 모든 구성 원자가 동일 평면에 있다.
ㄷ. 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍은 (다)가 (라)보다 많다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **16** 그림은 2주기 원소의 수소 화합물 (가)~(라)에 있는 전자쌍 수를 나타낸 것이다. ▮와 ▮는 각각 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)~(라)에서 2주기 원소는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.)

보기

ㄱ. 분자 구조가 입체 구조인 것은 (가)와 (나)이다.
ㄴ. 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.
ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (라)보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 표는 구성 원자 수가 3인 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이며, X~Z는 각각 C, O, F 중 하나이다.

분자	구성 원소	공유 전자쌍 수
(가)	X, Y	2
(나)	X, Z	4

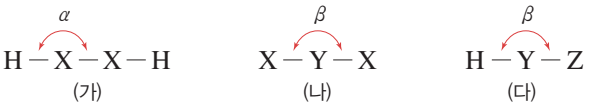
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 분자 구조는 굽은 형이다.
ㄴ. 결합각은 (나)가 (가)보다 크다.
ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 그림은 2주기 원소 X~Z를 포함한 분자 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다.



결합각의 크기가 $\alpha < \beta$이고, 중심 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족할 때, (가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이며, 비공유 전자쌍과 다중 결합은 표시하지 않았다.)

보기

ㄱ. 직선형 구조인 분자는 (가)와 (다)이다.
ㄴ. 다중 결합이 있는 분자는 (나)와 (다)이다.
ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 다음은 몇 가지 화합물과 이온의 화학식을 나타낸 것이다.

(가) BCl_3 (나) CH_3^+ (다) NH_3 (라) NH_4^+

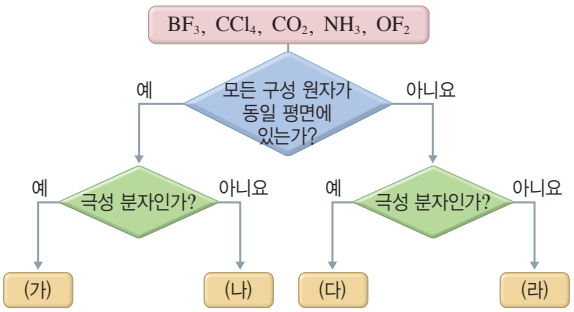
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 중심 원자에 전자쌍 3개가 존재하는 화합물은 (가)와 (나)이다.
ㄴ. 결합각은 (다)가 (라)보다 크다.
ㄷ. 분자 구조가 대칭 구조인 화합물은 3가지이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림은 5가지 분자를 몇 가지 특성에 따라 분류한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

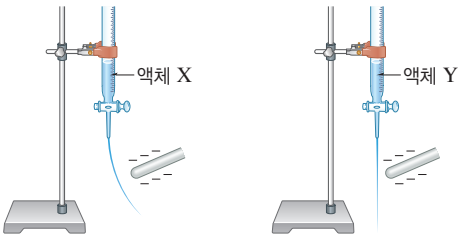
보기

ㄱ. (가)와 (나)에 해당하는 분자는 쌍극자 모멘트가 모두 0이다.
ㄴ. (다)에 해당하는 분자의 결합각은 107°이다.
ㄷ. BF_3는 (라)에 해당한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

C 분자의 성질

중요 **21** 그림은 액체 X와 Y를 가늘게 흘러내리게 한 다음 대전된 에보나이트 막대를 가까이 가져갔을 때의 모습을 나타낸 것이다.



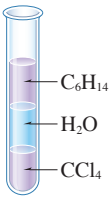
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 무극성 분자이다.
ㄴ. 액체 X와 Y는 잘 섞이지 않는다.
ㄷ. 기체 상태의 Y를 전기장 속에 넣으면 분자들이 일정한 방향으로 배열된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **22** 그림은 시험관에 3가지 액체를 넣고 아이오딘(I_2)을 넣었을 때 사염화 탄소(CCl_4)와 *n*-헥세인(C_6H_{14}) 층만 보라색으로 변한 모습을 나타낸 것이다.



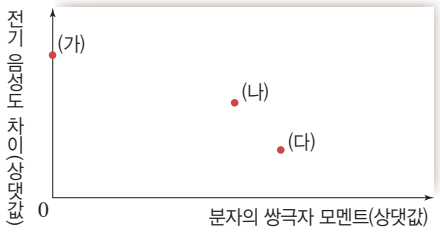
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 3가지 액체 중 무극성 물질은 2가지이다.
ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 H_2O이 CCl_4보다 크다.
ㄷ. 3가지 액체를 섞으면 2개의 층으로 분리된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 그림은 플루오린(F)을 포함한 분자 (가)~(다)의 쌍극자 모멘트와 구성 원소 간의 전기 음성도 차이를 나타낸 것으로, (가)~(다)는 각각 XF_4, YF_3, ZF_2 중 하나이다.



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 2주기 원소 기호이다.)

보기

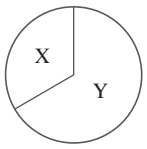
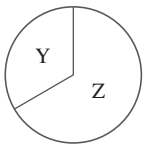
ㄱ. (가)와 (나)는 입체 구조이다.
ㄴ. 극성 용매에 대한 용해도는 (다)가 (가)보다 크다.
ㄷ. 기체 상태로 전기장 속에 넣을 때 일정한 방향으로 배열되는 분자는 1가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 107쪽

01 표는 원소 X~Z로 이루어진 3원자 분자 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

분자	(가)	(나)
원자 수비		

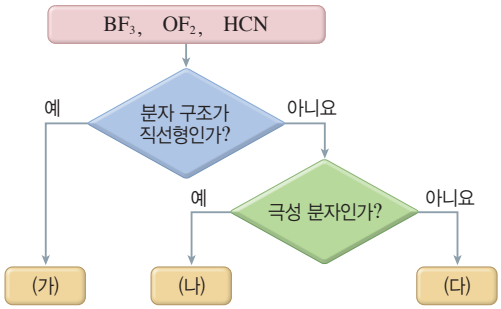
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 각각 H, C, O 중 하나이다.)

보기

ㄱ. 결합각은 (가)가 (나)보다 크다.
ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄷ. (가)와 (나)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 3가지 분자를 주어진 기준에 따라 분류하는 과정을 나타낸 것이다.



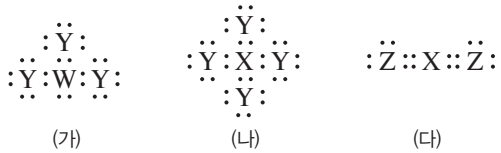
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄴ. 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.
ㄷ. (다)는 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 3가지 분자 (가)~(다)를 루이스 전자점식으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 2주기 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄴ. (다)의 분자 구조는 굽은 형이다.
ㄷ. XZY_2에는 다중 결합이 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 2주기 원소 X와 Y의 플루오린 화합물 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 화합물에서 X와 Y는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

화합물	(가)	(나)
분자식	X_2F_2	Y_2F_2
공유 전자쌍 수	4	5

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

보기

ㄱ. (가)와 (나)는 모두 직선형 구조이다.
ㄴ. 원자가 전자 수는 X가 Y보다 크다.
ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원

핵심 정리

Q1 결합의 극성

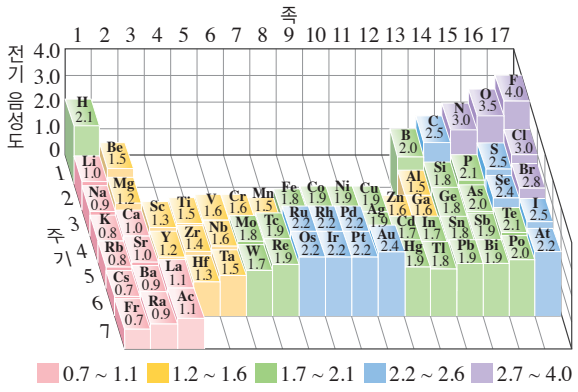
1. 전기 음성도

(1) **전기 음성도**: 공유 결합을 형성한 두 원자가 (❶) 전자쌍을 끌어당기는 힘의 크기를 상대적으로 비교하여 정한 값 ➡ F의 전기 음성도를 4.0으로 정하고, 이 값을 기준으로 다른 원소들의 전기 음성도를 정하였다.

(2) **전기 음성도의 크기**: 원자의 크기가 작을수록, 원자핵의 전하량이 클수록 전기 음성도가 커진다.

(3) **전기 음성도의 주기성**

같은 주기	원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 대체로 (❷). ➡ 원자 반지름이 작아지고 유효 핵전하가 증가하여 원자핵과 공유 전자쌍 사이의 인력이 증가하기 때문
같은 족	원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 대체로 (❸). ➡ 원자 반지름이 커져 원자핵과 공유 전자쌍 사이의 인력이 감소하기 때문



2. 결합의 극성과 쌍극자 모멘트

(1) **결합의 극성**

구분	(❹) 공유 결합	(❺) 공유 결합
정의	같은 원자 사이의 공유 결합	서로 다른 원자 사이의 공유 결합
	공유 전자쌍이 어느 한 원자 쪽으로 치우치지 않아 부분적인 전하가 생기지 않는 결합	공유 전자쌍이 어느 한 원자 쪽으로 치우쳐 부분적인 전하가 생기는 결합
모형	H + H → H H 수소 원자 수소 원자 수소 분자	H + Cl → δ^+ H Cl δ^- 수소 원자 염소 원자 염화 수소 분자

(2) **전기 음성도 차이와 결합의 극성**: 결합한 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 대체로 결합의 극성이 (❻).

전기 음성도 차이	없다	작다	크다
전자의 치우침 모형	X:X	δ^+ X : Y δ^-	M^+ Y^-
결합의 종류	무극성 공유 결합	극성 공유 결합	이온 결합

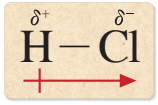
(3) **쌍극자 모멘트(μ)**: 결합의 극성 정도를 나타내는 물리량 ➡ $\mu = q \times r$

(q: 두 원자의 전하량, r: 두 전하 사이의 거리)

① 무극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 (❼)이다.

② 극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트는 0이 아니며, 쌍극자 모멘트 값이 클수록 결합의 극성이 크다.

③ **쌍극자 모멘트의 표시**: 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원자에서 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 원자 쪽으로 화살표가 향하게 한다.



3. 루이스 전자점식

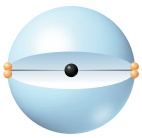
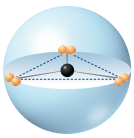
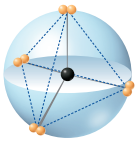
원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 나타낸 식

구분	루이스 전자점식
원자	• 원소 기호 상하좌우에 원자가 전자를 1개씩 그린 다음, 다섯 번째 전자부터 쌍을 이루도록 그려 표시한다. • 홀전자: 각 원자에 포함된 원자가 전자 중 쌍을 이루지 않은 전자 홀전자 F
분자	• 공유 전자쌍은 두 원자의 원소 기호 사이에 표시하고, 비공유 전자쌍은 각 원소 기호 주변에 표시한다. (❽) 전자쌍: 공유 결합에 참여하는 전자쌍 (❾) 전자쌍: 공유 결합에 참여하지 않고 한 원자에만 속해 있는 전자쌍 홀전자, 공유 전자쌍, 비공유 전자쌍 플루오린 원자 + 플루오린 원자 → 플루오린 분자 • (❿): 공유 전자쌍은 결합선(—)으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 그대로 나타내거나 생략한 식
이온	원자의 루이스 전자점식으로부터 이온의 전하만큼 전자를 빼거나 더해서 표시한다. 양이온: Na· → Na^+ + e^- (나트륨 원자, 나트륨 이온, 전자) 음이온: :Cl· + e^- → $:Cl:^-$ (염소 원자, 전자, 염화 이온)
이온 결합 물질	Na· + :Cl· → $[Na]^+[:Cl:]^-$ 나트륨 원자 염소 원자 염화 나트륨

2 분자의 구조와 성질

1. 분자의 구조

(1) **전자쌍 반발 이론**: 분자에서 중심 원자 주위에 있는 전자쌍들은 서로 같은 전하를 띠므로 정전기적 반발력이 작용하여 가능한 한 멀리 떨어져 있으려 한다는 이론

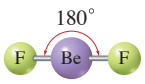
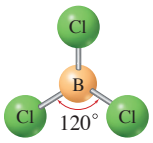
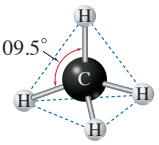
전자쌍	2개	3개	4개
전자쌍의 배치			
분자 구조	직선형	평면 삼각형	정사면체형

(2) **전자쌍 사이의 반발력 크기**: 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 (⑪).

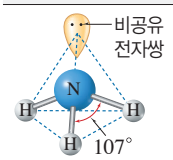
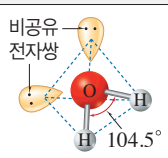
비공유 전자쌍 ↕ 비공유 전자쌍 > 공유 전자쌍 ↕ 비공유 전자쌍 > 공유 전자쌍 ↕ 공유 전자쌍

(3) **분자의 구조**

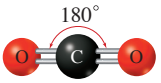
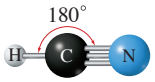
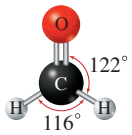
① 중심 원자에 공유 전자쌍만 있는 경우: 중심 원자 주위의 공유 전자쌍 수에 따라 구조가 다르다.

공유 전자쌍	2개	3개	4개
모형			
결합각	180°	120°	109.5°
구조	(⑫)	(⑬)	(⑭)

② 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 경우: 전체 전자쌍을 배치한 후, 비공유 전자쌍을 제외한 공유 전자쌍의 배열로 구조를 결정한다.

공유 전자쌍	3개	2개
비공유 전자쌍	1개	2개
모형		
결합각	107°	104.5°
구조	(⑮)	(⑯)

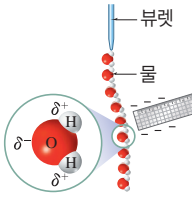
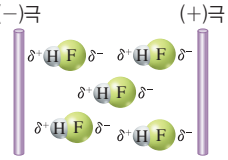
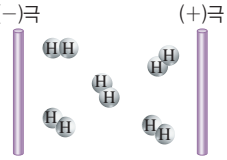
③ 중심 원자에 다중 결합이 있는 경우: 다중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정한다.

모형			
결합각	180°	180°	약 120°
구조	직선형	(⑰)	평면 삼각형

2. 분자의 극성

구분	무극성 분자	극성 분자
정의	분자 안에 전하가 고르게 분포하므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자	분자 안에 전하가 고르게 분포하지 않아 부분적인 전하를 띠므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 아닌 분자
이원자 분자인 경우	같은 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 분자	서로 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 분자
다원자 분자인 경우	분자 구조가 (⑱)을 이루어 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되는 분자	분자 구조가 (⑲)이어서 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되지 않는 분자

3. 분자의 성질

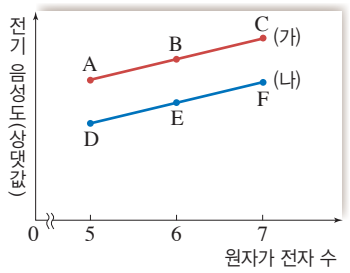
구분	(⑳) 분자	(㉑) 분자
대전체의 영향	액체 상태의 극성 물질에 대전체를 가까이 대면 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려온다. 	액체 상태의 무극성 물질에 대전체를 가까이 대도 액체 줄기가 끌려오지 않는다. 
전기장 속에서 분자의 배열	기체 상태의 극성 분자는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열된다. (−)극 (+)극 	기체 상태의 무극성 분자는 전기장 속에 있을 때에도 일정한 방향으로 배열되지 않는다. (−)극 (+)극 
용해도	극성 물질은 극성 용매에 잘 용해된다.	무극성 물질은 무극성 용매에 잘 용해된다.
녹는점과 끓는점	분자량이 비슷한 경우 분자의 극성이 클수록 녹는점과 끓는점이 높다.	

중단원

마무리 문제

하 중 상

01 그림은 2, 3주기 원소 A~F의 원자가 전자 수에 따른 전기 음성도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~F는 임의의 원소 기호이고, 같은 선으로 연결한 원소는 같은 주기에 속한다.)

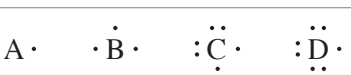
보기

ㄱ. (가)는 3주기 원소이다.
ㄴ. C의 전기 음성도는 4.0이다.
ㄷ. 원자 반지름은 E가 B보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

02 그림은 2주기 원자 A~D의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



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

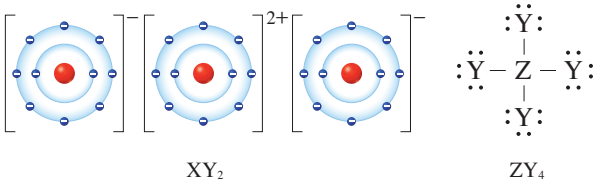
보기

ㄱ. BD_3에서 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.
ㄴ. C_2에서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 같다.
ㄷ. AD에서 A는 (+)전하를 띤다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

03 그림은 XY_2의 화학 결합 모형과 ZY_4 분자의 루이스 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 2, 3주기 원소 기호이다.)

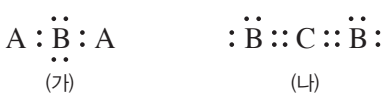
보기

ㄱ. X와 Y는 같은 주기 원소이다.
ㄴ. ZY_4에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 원소는 Z이다.
ㄷ. 액체 상태에서의 전기 전도성은 XY_2가 ZY_4보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

04 그림은 1, 2주기 원소 A~C로 구성된 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. (가)에서 B는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
ㄴ. (나)에는 무극성 공유 결합이 있다.
ㄷ. C_2A_2에는 3중 결합이 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

05 그림은 분자 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다.

$$\underset{\text{(가)}}{H-O-H} \qquad \underset{\text{(나)}}{O=C=O} \qquad \underset{\text{(다)}}{H-C\equiv N}$$

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄴ. 결합각은 (나)와 (다)가 같다.
ㄷ. 비공유 전자쌍이 가장 많이 존재하는 분자는 (나)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

06 그림은 2주기 원소 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)의 루이스 구조를 나타낸 것이다.

$$\underset{\text{(가)}}{W=X=W} \qquad \underset{\text{(나)}}{\begin{matrix} & Y & \\ & | & \\ Y-Z-Y \end{matrix}} \qquad \underset{\text{(다)}}{\begin{matrix} & W & \\ & \| & \\ Y-X-Y \end{matrix}}$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이고, (가)~(다)의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.)

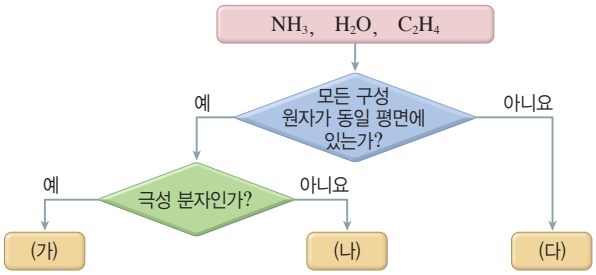
보기

ㄱ. W~Z 중 전기 음성도가 가장 큰 원소는 Z이다.
ㄴ. (가)~(다) 중 무극성 분자는 (가)와 (나)이다.
ㄷ. XY_4의 분자 구조는 정사면체형이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

07 그림은 3가지 분자를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

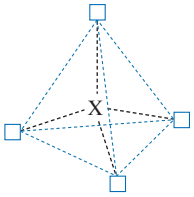
보기

ㄱ. (가)는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같다.
ㄴ. (다)의 분자 구조는 정사면체형이다.
ㄷ. (가)~(다) 중 다중 결합이 있는 분자는 (나)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

08 그림은 중심 원자 X가 C, N, O 중 하나인 수소 화합물의 전자쌍 배치를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, □는 H의 가능한 위치이다.)

보기

ㄱ. X가 N일 때 분자 구조는 삼각뿔형이다.
ㄴ. 결합각이 가장 큰 화합물은 X가 C일 때이다.
ㄷ. 비공유 전자쌍이 가장 많은 화합물은 X가 O일 때이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

09 표는 4가지 분자를 중심 원자의 비공유 전자쌍 수와 분자의 극성에 따라 분류한 것이다.

HCN H_2O BF_3 NH_3

구분		중심 원자의 비공유 전자쌍 수		
		0	1	2
분자의 극성	극성	(가)	(나)	(다)
	무극성	(라)	없음	없음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

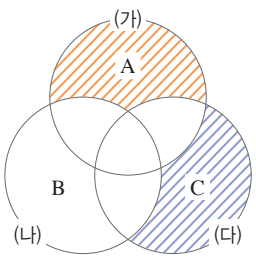
ㄱ. (가)에는 3중 결합이 있다.
ㄴ. 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.
ㄷ. (라)는 평면 삼각형 구조이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

10 표는 몇 가지 화합물과 이를 분류하기 위한 기준 (가)~(다)를 나타낸 것이고, 그림은 기준에 따라 표에서 주어진 화합물을 분류한 벤 다이어그램이다.

화합물	H_2O HCN OF_2 CO_2 BeF_2
분류 기준	(가) 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족한다. (나) 다중 결합이 있다. (다) 직선형이다.



그림의 빗금 친 부분 A와 C에 들어갈 화합물의 개수를 합한 값은?

① 1 ② 2 ③ 3
④ 4 ⑤ 5

하 중 상

11 표는 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하고, 분자당 구성 원자 수는 4 이하이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	N, F	N, F	O, F
구성 원자 수	a		
공유 전자쌍 수	a	b	b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $a=b+1$이다.
ㄴ. (다)의 구성 원자 수는 a이다.
ㄷ. (가)~(다) 중 무극성 공유 결합이 있는 분자는 2가지이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

12 표는 2주기 원소 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구조식	X=W=X	Y−W≡Z	Y−Z=X

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

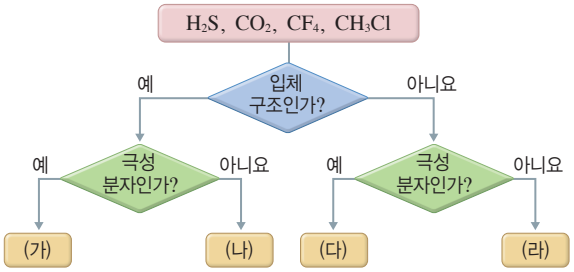
보기

ㄱ. (가)와 (나)는 직선형 구조이다.
ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (다)보다 크다.
ㄷ. 비공유 전자쌍이 가장 많은 분자는 (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

13 그림은 4가지 분자를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다.



(가)~(라)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

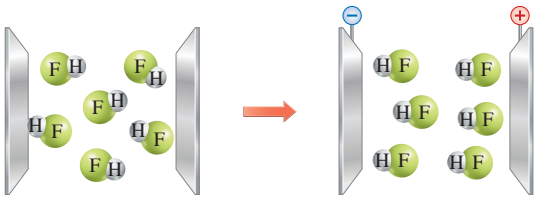
보기

ㄱ. (가)는 CH_3Cl이다.
ㄴ. 물에 잘 용해되는 분자는 (가)와 (다)이다.
ㄷ. (나)와 (라)는 무극성 공유 결합으로 이루어져 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

14 그림은 기체 상태인 플루오린화 수소(HF)가 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되는 모습을 나타낸 것이다.



전기장 속에서 HF와 같은 반응을 보이는 분자만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

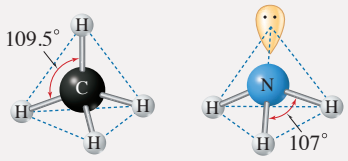
ㄱ. CO_2 ㄴ. BF_3 ㄷ. NH_3
ㄹ. H_2O ㅁ. CCl_4 ㅂ. CH_3Cl

① ㄱ, ㄴ, ㅂ ② ㄱ, ㄹ, ㅁ ③ ㄴ, ㄷ, ㅁ
④ ㄴ, ㄹ, ㅁ ⑤ ㄷ, ㄹ, ㅂ

서술형 문제

하 중 상

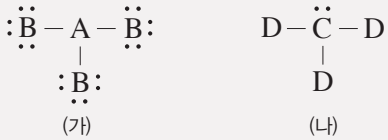
15 그림은 메테인(CH_4)과 암모니아(NH_3)의 분자 구조를 나타낸 것이다.



NH_3의 결합각이 CH_4의 결합각보다 작은 까닭을 서술하시오.

하 중 상

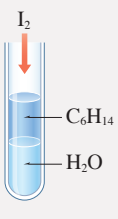
16 그림은 1, 2주기 원소 A~D로 구성된 분자 (가)와 (나)의 루이스 구조를 나타낸 것이다.



(가)와 (나)가 각각 극성 분자인지 무극성 분자인지를 쓰고, 그 까닭을 분자 구조와 관련하여 서술하시오. (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

하 중 상

17 그림과 같이 물(H_2O)과 n-헥세인(C_6H_{14})이 들어 있는 시험관에 아이오딘(I_2)을 넣고 흔들어 주었을 때 시험관에서 나타나는 변화와 그 까닭을 서술하시오.



수능 실전 문제

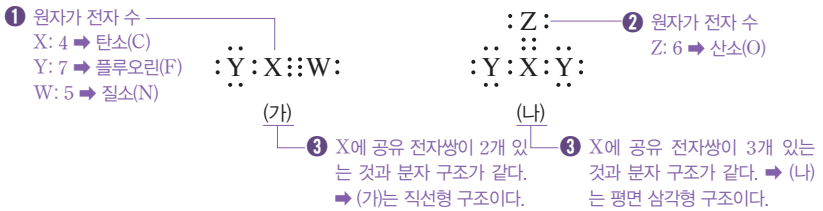
• 수능 출제 경향

이 단원에서는 전기 음성도와 관련된 자료를 해석하여 전기 음성도의 주기성을 파악하는 문제와 루이스 전자점식에 대한 문제가 출제되며, 극성 분자와 무극성 분자의 성질을 묻는 문제가 출제된다. 특히 분자의 루이스 전자점식이나 루이스 구조를 분석하여 분자의 구조를 예측하거나 분자의 극성을 파악하는 문제가 자주 출제되고 있다.

수능 이렇게 나온다!

표는 원자 X와 Y의 원자가 전자 수를 나타낸 것이고, 그림은 2주기 원소 W~Z로 이루어진 분자 (가)와 (나)를 루이스 전자점식으로 나타낸 것이다.

원자	X	Y
원자가 전자 수	a	$a+3$



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

보기

ㄱ. X는 탄소(C)이다.
ㄴ. Z의 원자가 전자 수는 $a+2$이다.
ㄷ. 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (가) 1가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

출제개념

분자의 루이스 전자점식 분석과 분자의 구조

본문 198쪽, 209쪽

출제의도

분자의 루이스 전자점식을 분석하여 각 원소의 종류를 파악하고, 각 분자의 구조를 파악할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

전략적 풀이

❶ (가)에서 각 원소가 옥텟 규칙을 만족하기 위해 공유 전자쌍 몇 개로 결합했는지 파악하고, 비공유 전자쌍 수를 고려하여 각 원소의 원자가 전자 수를 구한 후, 원소의 종류를 파악한다.

ㄱ. (가)에서 공유 전자쌍 수는 ( )이므로 X, Y, W의 원자가 전자 수는 각각 ( ), ( ), ( )이다. 따라서 X는 ( ), Y는 ( ), W는 ( )에 해당한다.

❷ (나)에서 Z가 옥텟 규칙을 만족하기 위해 공유 전자쌍 몇 개로 결합했는지 파악하고, 비공유 전자쌍 수를 고려하여 Z의 원자가 전자 수를 구한 후, 원소의 종류를 파악한다.

ㄴ. (나)에서 X와 Z 사이의 공유 전자쌍 수는 ( ), Z의 비공유 전자쌍 수는 ( )이므로 Z의 원자가 전자 수는 ( )이다. 따라서 Z는 ( )이고, 이때 X의 원자가 전자 수는 4로 $a=4$이므로 Z의 원자가 전자 수는 $a+2$이다.

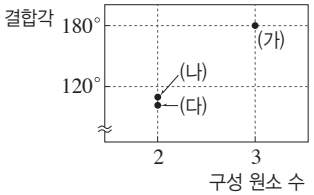
❸ 중심 원자 주위의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 이용하여 각 분자의 구조를 파악한다.

(가)는 중심 원자인 X 주위에 공유 전자쌍이 4개 있지만 3중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하므로 (가)는 ( ) 구조이다. (나)는 중심 원자인 X 주위에 공유 전자쌍이 4개 있지만 2중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하므로 (나)는 ( ) 구조이다. 따라서 (가)와 (나)는 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 평면 구조이다.

답 ③

❶ 4, 4, 7, 5, F, C, O, 플루오린(F), 질소(N)
❷ 2, 2, 6, 산소(O)
❸ 직선형, 평면 삼각형

01 그림은 2주기 원소로 이루어진 분자 (가)~(다)의 구성 원소 수와 결합각을 나타낸 것이고, 표는 분자의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수의 비를 나타낸 것이다.



분자	비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수
(가)	1
(나)	3
(다)	4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)~(다)에서 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족하고, (가)~(다)는 3개 이상의 원자로 구성되며, 중심 원자는 1개이다.)

보기

ㄱ. (가)에는 3중 결합이 있다.
ㄴ. (나)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 있다.
ㄷ. (가)~(다)에 공통으로 들어 있는 원소는 플루오린(F)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 표는 수소(H)가 포함된 3가지 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. X와 Y는 2주기 원소이고, 분자 내에서 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	구성 원자 수			공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
	X	Y	H		
(가)	1	0	a	a	0
(나)	0	1	b	b	2
(다)	1	c	2	4	2

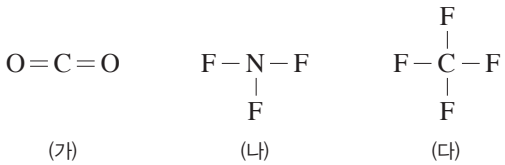
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. $a>b+c$이다.
ㄴ. 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄷ. XY_2에서 비공유 전자쌍 수는 b이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 분자 (가)~(다)의 구조식을 나타낸 것이다.



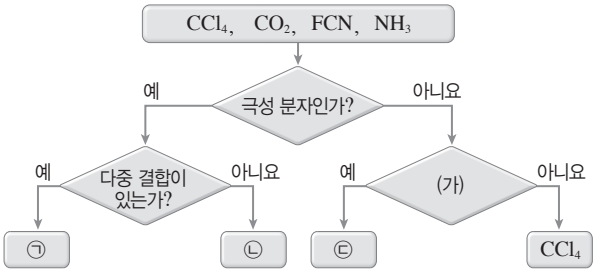
(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$가 가장 큰 분자는 (가)이다.
ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄷ. 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (나)와 (다)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 4가지 분자를 주어진 기준에 따라 분류한 것이다. ㉠~㉣은 각각 CO_2, FCN, NH_3 중 하나이다.



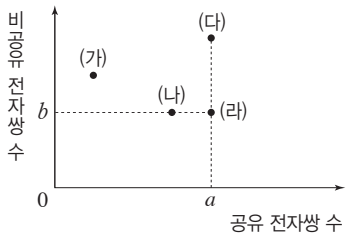
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. '공유 전자쌍이 4개인가?'는 (가)로 적절하다.
ㄴ. ㉠과 ㉢의 비공유 전자쌍 수는 같다.
ㄷ. ㉡의 결합각은 CCl_4의 결합각보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 분자 (가)~(라)의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 나타낸 것이다. (가)~(라)는 각각 N_2, HCl, CO_2, CH_2O 중 하나이고, C, N, O, Cl는 분자 내에서 옥텟 규칙을 만족한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $a=2b$이다.
ㄴ. (나)와 (다)에는 무극성 공유 결합이 있다.
ㄷ. (라)의 구조는 평면 삼각형이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 표는 4가지 각각의 분자에서 플루오린(F)의 전기 음성도(a)와 나머지 구성 원소의 전기 음성도(b)의 차이($a-b$)를 나타낸 것이다.

분자	CF_4	OF_2	PF_3	ClF
전기 음성도 차이($a-b$)	x	0.5	1.9	1.0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. x는 0.5보다 크다.
ㄴ. 결합각은 CF_4가 OF_2보다 크다.
ㄷ. NF_3에서 전기 음성도 차이($a-b$)는 1.9보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 표는 옥텟 규칙을 만족하는 삼원자 분자 (가)와 (나)를 구성하는 원자의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.

삼원자 분자	구성 원소의 루이스 전자점식
(가)	·X· :Y·
(나)	:Y· :Z·

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 2주기 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이다.
ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄷ. 결합각은 (가)와 (나)가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 O_2, F_2, OF_2의 구성 원자 수(a), 분자를 구성하는 원자들의 원자가 전자 수 합(b), 공유 전자쌍 수(c)에 대한 자료이다.

분자	구성 원자 수(a)	원자가 전자 수 합(b)	공유 전자쌍 수(c)
O_2			
F_2		14	
OF_2	3		

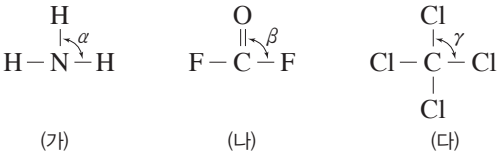
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 O_2가 F_2보다 크다.
ㄴ. OF_2의 분자 구조는 굽은 형이다.
ㄷ. 각 분자에서 $8a=b+2c$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 3가지 분자의 구조식을 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)와 (나)는 입체 구조이다.
ㄴ. 결합각의 크기는 $\beta > \gamma > \alpha$이다.
ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (다)보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 원소 W~Z로 이루어진 분자에 대한 자료이다.

• W~Z는 H, C, N, O 중 하나이며, 각 원소의 전기 음성도는 다음과 같다.

원소	H	C	N	O
전기 음성도	2.1	2.5	3.0	3.5

• 분자 (가)~(다)에 대한 자료는 다음과 같다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	W, X	X, Z	Y, Z
전기 음성도 차이	1.0	1.4	0.9
구성 원자 수	3	3	4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이며, (가)~(다)의 중심 원자는 모두 1개이다.)

보기

ㄱ. (가)~(다) 중 결합각이 가장 큰 분자는 (다)이다.
ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄷ. ZWY에서 공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수의 4배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 표는 2주기 원소 W~Z로 이루어진 분자 (가)~(라)에 대한 자료이다. (가)~(라)의 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)	(라)
분자식	WX_2	WXZ_2	XZ_2	ZWY
비공유 전자쌍 수 (상댓값)	1	2	2	x

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

보기

ㄱ. $x=1$이다.
ㄴ. W~Z 중 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 Z이다.
ㄷ. (가)~(라) 중 다중 결합이 있는 분자는 3가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 25 ℃, 1 atm에서 액체인 물질 X, Y에 대한 자료와 X, Y를 이용한 실험이다.

[자료]

물질	분자식	분자의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수
X	A_mB	2
Y	CD_n	0

[실험]

(가) 시험관에 X와 Y를 넣었더니 섞이지 않고 두 층으로 분리되었다.
(나) 과정 (가)의 시험관에 황산 구리(Ⅱ) 오수화물을 넣고 흔들었더니 한 층에서만 녹았다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 1~3주기 원소 기호이고, 분자의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.)

보기

ㄱ. X의 분자 구조는 굽은 형이다.
ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 X가 Y보다 크다.
ㄷ. (나)에서 X 층에 황산 구리(Ⅱ) 오수화물이 녹았다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



Ⅳ 역동적인 화학 반응

1 화학 반응에서의 동적 평형

01 동적 평형 234

02 물의 자동 이온화 242

03 산 염기 중화 반응 256

Review

이전에 학습한 내용 중 이 단원과 연계된 내용을 다시 한 번 떠올려 봅시다.

다음 단어가 들어갈 곳을 찾아 빈칸을 완성해 보자.

물(H_2O)	산성	염기성	지시약	중화열	수소 이온(H^+)	수산화 이온(OH^-)

통합과학 화학 변화

• 산과 염기

구분	산	염기
정의	물에 녹아 ❶ [ ]을 내놓는 물질	물에 녹아 ❷ [ ]을 내놓는 물질
성질	• 신맛이 난다. • 수용액에서 전류가 흐른다. • 금속과 반응하여 수소 기체를 발생시키고, 달걀 껍데기와 반응하여 이산화 탄소 기체를 발생시킨다. • 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킨다.	• 쓴맛이 난다. • 수용액에서 전류가 흐른다. • 단백질을 녹이는 성질이 있어 손으로 만지면 미끈거린다. • 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시킨다.

• 지시약과 pH

① ❸ [ ]: 용액의 액성을 구별하기 위해 사용하는 물질

구분	산성	중성	염기성
페놀프탈레인 용액	무색	무색	붉은색
메틸 오렌지 용액	붉은색	노란색	노란색
BTB 용액	노란색	초록색	파란색

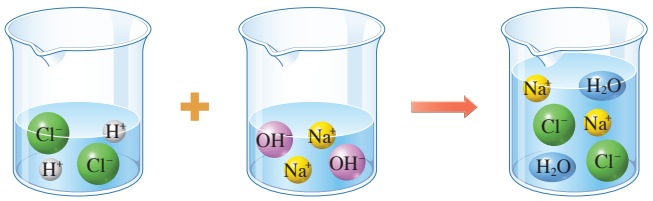
② pH: 수용액에 들어 있는 H^+의 농도를 간단한 숫자로 나타낸 것

pH＜7 ➡ ❹ [ ]　pH＝7 ➡ 중성　pH＞7 ➡ ❺ [ ]

• 중화 반응

① **중화 반응**: 산과 염기가 반응하여 ❻ [ ]이 생성되는 반응 ➡ $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$

예 묽은 염산(HCl)과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 반응



묽은 염산　수산화 나트륨 수용액　혼합 용액

② **중화 반응이 일어날 때의 변화**

- **지시약의 색 변화**: 중화점을 지나면 혼합 용액의 액성이 변하여 지시약의 색이 변한다.
- **온도 변화**: 중화 반응이 일어나면 ❼ [ ]이 발생하여 혼합 용액의 온도가 높아진다.

답 ❶ 수소 이온(H^+)　❷ 수산화 이온(OH^-)　❸ 지시약　❹ 산성　❺ 염기성　❻ 물(H_2O)　❼ 중화열

1 동적 평형

핵심 포인트
1. 가역 반응과 비가역 반응의 구분 ★★
2. 상평형의 특징과 예 ★★★
3. 용해 평형의 특징과 예 ★★★
4. 화학 평형의 특징과 예 ★★

A 가역 반응

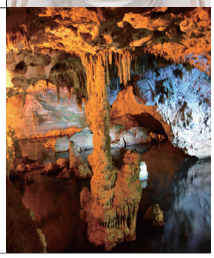
1. 정반응과 역반응 — 화학 반응식에서 화살표의 왼쪽에는 반응물을, 화살표의 오른쪽에는 생성물을 쓴다.

(1) **정반응**: 화학 반응식에서 반응물이 생성물로 되는 반응 ➡ 화학 반응식에서 오른쪽으로 진행되는 반응 — '⟶'로 나타낸다.

(2) **역반응**: 화학 반응식에서 생성물이 반응물로 되는 반응 ➡ 화학 반응식에서 왼쪽으로 진행되는 반응 — '⟵'로 나타낸다.

2. 가역 반응과 비가역 반응

(1) **가역 반응**: 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응 — '⟷'로 나타낸다.

물의 증발과 응축	$H_2O(l) \rightleftarrows H_2O(g)$ • 정반응: 물이 수증기로 증발한다. • 역반응: 수증기가 물로 응축한다.	
염화 코발트 육수화물[1]의 생성과 분해	$CoCl_2 + 6H_2O \rightleftarrows CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 푸른색 / 붉은색 • 정반응: 푸른색의 염화 코발트($CoCl_2$)에 물을 떨어뜨리면 염화 코발트가 물과 결합하여 붉은색의 염화 코발트 육수화물($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)이 된다. • 역반응: 붉은색의 염화 코발트 육수화물을 가열하면 염화 코발트 육수화물이 물을 잃고 푸른색의 염화 코발트가 된다.	
황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 분해와 생성	$CuSO_4 \cdot 5H_2O \rightleftarrows CuSO_4 + 5H_2O$ 푸른색 / 흰색 • 정반응: 푸른색의 황산 구리(Ⅱ) 오수화물($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)을 가열하면 황산 구리(Ⅱ) 오수화물이 물을 잃고 흰색의 황산 구리(Ⅱ)($CuSO_4$)가 된다. • 역반응: 흰색의 황산 구리(Ⅱ)에 물을 떨어뜨리면 황산 구리(Ⅱ)가 물과 결합하여 푸른색의 황산 구리(Ⅱ) 오수화물이 된다.	
석회 동굴, 종유석, 석순의 생성	$CaCO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2(aq)$ • 정반응: 석회암의 주성분인 탄산 칼슘($CaCO_3$)이 이산화 탄소(CO_2)를 포함한 물과 반응하여 탄산수소 칼슘($Ca(HCO_3)_2$)을 생성하면서 석회 동굴이 만들어진다. • 역반응: 탄산수소 칼슘 수용액에서 물이 증발하고 이산화 탄소가 빠져나가면서 탄산 칼슘이 석출되면 석회 동굴 천장에 종유석이 만들어지고, 석회 동굴 바닥에 석순이 만들어진다.	

(2) **비가역 반응**: 정반응만 일어나거나 정반응에 비해 역반응이 거의 일어나지 않는 반응

① 연소 반응: 예 $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

② 기체 발생 반응: 예 $Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow H_2(g) + MgCl_2(aq)$

— 정반응만 일어난다.

③ 중화 반응: 예 $HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow H_2O(l) + NaCl(aq)$

④ 앙금 생성 반응: 예 $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow NaNO_3(aq) + AgCl(s)$

— 정반응이 역반응보다 훨씬 더 우세하게 일어나므로 역반응이 일어나지 않는 것처럼 보인다.

◆ **가역 반응의 화학 반응식에서 화살표 방향의 의미**
⟷는 반응물이 생성물로 되는 반응과 생성물이 반응물로 되는 반응이 모두 일어날 수 있다는 의미이다.

◆ **증발과 응축**
- 증발: 액체 표면의 분자들이 떨어져 나와 기체로 되는 현상
- 응축: 액체 표면에 충돌한 기체 분자가 액체로 되는 현상

◆ **염화 코발트 종이**
염화 코발트 수용액을 묻힌 종이를 건조해 만든 것으로, 연소 반응의 결과로 생성된 물을 확인할 때 주로 사용한다.

(용어)
[1] **수화물(水 물, 化 되다, 物 물질)** 특정한 수의 물 분자를 포함하고 있는 화합물

B 동적 평형

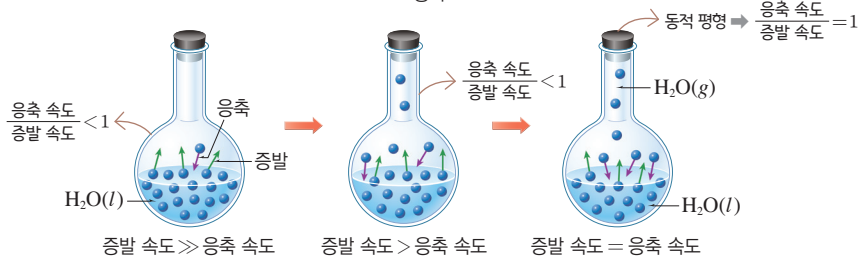
1. 동적 평형 가역 반응에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태

(1) **상평형**: 액체의 증발 속도와 기체의 응축 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이지만 서로 다른 상이 공존하는 상태 ← 상평형은 액체와 기체뿐만 아니라 고체와 기체, 고체와 액체 사이에서도 나타난다.

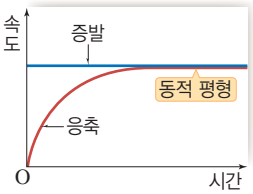
◆밀폐 용기에서 물의 증발과 응축 238쪽 대표 자료 ❶

- 일정한 온도에서 밀폐 용기에 물을 담아 놓으면 물의 양이 서서히 줄어들다가 어느 순간 일정해져 변화가 일어나지 않는 것처럼 보인다. ➡ 처음에는 물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르지만 점점 수증기의 응축 속도가 빨라져 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달하기 때문이다.
- 동적 평형 상태에서는 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 밀폐 용기에 들어 있는 물과 수증기의 양이 일정하다.

$$H_2O(l) \underset{\text{응축}}{\overset{\text{증발}}{\rightleftarrows}} H_2O(g)$$



밀폐 용기에서 물의 증발 속도와 응축 속도 지학사 교과서에만 나와요.



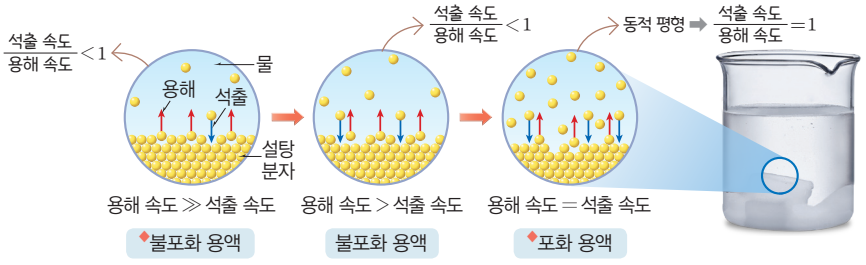
- 증발 속도: 온도가 일정하면 증발 속도가 일정하다. ➡ 일정한 온도에서 물의 증발 속도는 일정하다.
- 응축 속도: 용기 속 수증기의 양이 많을수록 응축 속도가 빨라진다. ➡ 시간이 지날수록 용기 속 수증기 분자가 많아지므로 응축 속도가 점점 빨라진다.
- 충분한 시간이 지나면 증발 속도와 응축 속도가 같아진다. ➡ 동적 평형

(2) **용해 평형**: 용질의 용해 속도와 ❶석출 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태

◆설탕의 용해와 석출 238쪽 대표 자료 ❷

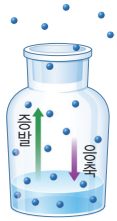
- 일정한 온도에서 일정량의 물에 설탕을 계속 넣으면 설탕이 녹다가 어느 순간부터는 더 이상 녹지 않고 가라앉아 설탕이 더 이상 녹지 않는 것처럼 보인다. ➡ 처음에는 설탕의 용해 속도가 석출 속도보다 빠르지만 점점 석출 속도가 빨라져 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달하기 때문이다.
- 동적 평형 상태에 도달한 용액에서는 용해 속도와 석출 속도가 같으므로 용액의 몰 농도가 일정하다.

$$\text{설탕(용질)} + \text{물(용매)} \underset{\text{석출}}{\overset{\text{용해}}{\rightleftarrows}} \text{설탕물(용액)}$$



◆ **열린 용기에서 물의 증발**

열린 용기에서는 물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르므로 물이 모두 증발한다. 따라서 동적 평형에 도달하지 않는다.

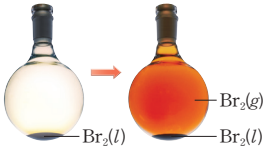


금성 교과서에만 나와요.

◆ **밀폐 용기에서 브로민의 증발과 응축**

일정한 온도에서 밀폐 용기에 액체 브로민을 담아 놓으면 처음에는 브로민의 증발 속도가 응축 속도보다 빨라 용기 안이 적갈색으로 변한다. 시간이 지나면 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달하여 더 이상 적갈색이 진해지지 않는다.

$$Br_2(l) \underset{\text{응축}}{\overset{\text{증발}}{\rightleftarrows}} Br_2(g)$$



◆ **용액의 종류**

- 포화 용액: 용매에 용질이 최대한 녹아 더 이상 녹지 않는 상태의 용액으로, 포화 용액은 동적 평형에 도달한 용액이다.
- 불포화 용액: 포화 용액보다 용질이 적게 녹아 있는 용액이다.

(용어)

❶ **석출(析 가르다, 出 나가다)** 용액에서 결정 또는 고체 물질이 분리되어 나오는 것

◆ 화학 평형의 특징
- 가역 반응에서만 성립한다.
- 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.
- 반응물과 생성물이 함께 존재한다.
- 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

YBM 교과서에만 나와요.

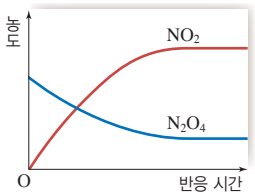
◆ 온도에 따른 사산화 이질소(N_2O_4)의 생성과 분해 반응
- 이산화 질소(NO_2)가 들어 있는 플라스크를 0 °C의 얼음물에 넣으면 $2NO_2(g) \longrightarrow N_2O_4(g)$의 반응이 우세하게 일어나 적갈색이 25 °C의 동적 평형에서보다 옅어진다.
- 적갈색이 옅어진 플라스크를 다시 25 °C의 물에 넣으면 $N_2O_4(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$의 반응이 우세하게 일어나 적갈색이 진해진다.

➡ N_2O_4의 생성과 분해 반응은 온도에 따라 변화의 방향이 바뀐다.

교학사 교과서에만 나와요.

◆ 반응 시간에 따른 농도 변화

100 °C에서 밀폐 용기에 N_2O_4를 넣으면 $N_2O_4(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$의 반응이 우세하게 일어난다. 충분한 시간이 지나면 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나는 동적 평형에 도달하여 NO_2와 N_2O_4의 농도가 일정하게 유지된다.

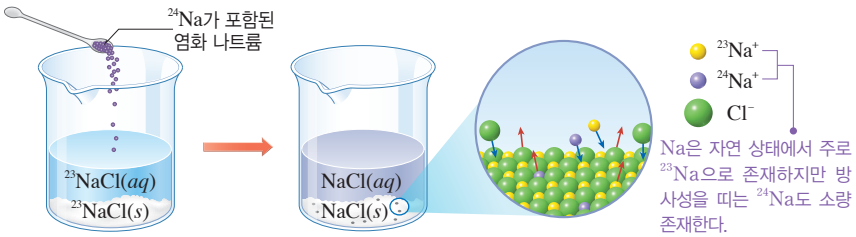


염화 나트륨 포화 수용액에서의 동적 평형

천재 교과서에만 나와요.

^{23}Na이 포함된 염화 나트륨 포화 수용액에 ^{24}Na가 포함된 염화 나트륨을 넣으면 겉보기에는 더 이상 용질이 녹지 않고 반응이 멈춘 것처럼 보인다. 그러나 시간이 지나면 가라앉아 있는 염화 나트륨 고체뿐만 아니라 포화 수용액에서도 ^{24}Na가 발견된다. ➡ 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 포화 수용액에서도 염화 나트륨의 용해와 석출이 끊임없이 일어나고 있다.

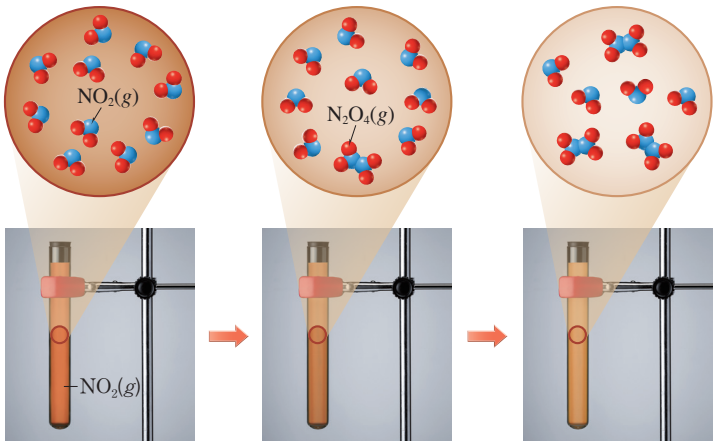
$$NaCl(s) \underset{\text{석출}}{\overset{\text{용해}}{\rightleftharpoons}} Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$



(3) ◆**화학 평형**: 화학 반응에서 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나서 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되는 상태

탐구 자료창 ◆**사산화 이질소의 생성과 분해 반응**

그림과 같이 적갈색을 띠는 이산화 질소(NO_2)를 시험관에 넣은 다음 실온(25 °C)에 두었더니 적갈색이 점점 옅어지다가 어느 순간부터는 더 이상 적갈색이 옅어지지 않았다.



1. **시험관 안에서 일어나는 변화**: NO_2가 서로 결합하여 사산화 이질소(N_2O_4)를 생성하는 반응이 가역적으로 일어난다.

$$\underset{\text{적갈색}}{2NO_2(g)} \rightleftharpoons \underset{\text{무색}}{N_2O_4(g)}$$

- 정반응: 적갈색의 NO_2가 서로 결합하여 무색의 N_2O_4를 생성한다.
- 역반응: 무색의 N_2O_4가 분해되어 적갈색의 NO_2를 생성한다.

2. **시험관 안에서 나타나는 색 변화**
- 처음에는 적갈색이 점점 옅어진다. ➡ 적갈색의 NO_2가 무색의 N_2O_4로 되는 반응이 일어나기 때문이다.
- 충분한 시간이 지나면 더 이상 적갈색이 옅어지지 않는다. ➡ 무색의 N_2O_4를 생성하는 정반응과 N_2O_4가 다시 적갈색의 NO_2로 분해되는 역반응이 같은 속도로 일어나는 동적 평형에 도달하여 ◆NO_2와 N_2O_4의 농도가 일정하게 유지되기 때문이다.

정답친해 116쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응
  - 정반응: 화학 반응식에서 반응물이 생성물로 되는 반응 ➡ 화학 반응식에서 (❷)쪽으로 진행되는 반응
  - 역반응: 화학 반응식에서 생성물이 반응물로 되는 반응 ➡ 화학 반응식에서 (❸)쪽으로 진행되는 반응
- (❹): 정반응만 일어나거나 정반응에 비해 역반응이 거의 일어나지 않는 반응
- (❺): 가역 반응에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태
  - (❻): 액체의 증발 속도와 기체의 응축 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이지만 서로 다른 상이 공존하는 상태
  - (❼): 용질의 용해 속도와 석출 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태
  - (❽): 화학 반응에서 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나서 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되는 상태

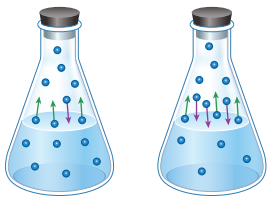
1 가역 반응과 비가역 반응에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) 정반응은 화학 반응식에서 오른쪽으로 진행되는 반응이다. ····· ( )
(2) 가역 반응에서는 정반응만 일어난다. ····· ( )
(3) 비가역 반응은 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있다. ····· ( )

2 가역 반응은 '가역', 비가역 반응은 '비가역'을 쓰시오.

(1) 메테인의 연소 반응 ····· ( )
(2) 마그네슘과 염산의 기체 발생 반응 ····· ( )
(3) 석회 동굴, 종유석, 석순의 생성 반응 ····· ( )
(4) 염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응 ····· ( )
(5) 황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 분해와 생성 반응 ··· ( )

3 그림은 밀폐된 삼각 플라스크 안에서 일어나는 물의 증발과 수증기의 응축 현상을 모형으로 나타낸 것이다. (가)와 (나) 중 동적 평형에 도달한 상태를 나타내는 모형을 쓰시오.


(가) (나)

4 그림과 같이 일정량의 물이 담긴 비커에 설탕을 계속 넣으면 설탕이 녹다가 어느 순간부터는 녹지 않고 가라앉는다. 이때 설탕의 용해 속도와 석출 속도를 비교하시오.



5 화학 평형에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×로 표시하시오.

(1) 생성물만 존재한다. ····· ( )
(2) 반응이 일어나지 않는 상태이다. ····· ( )
(3) 정반응 속도와 역반응 속도가 같다. ····· ( )
(4) 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다. ··· ( )

6 ( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

적갈색을 띠는 이산화 질소를 시험관에 넣고 실온(25 ℃)에 두면 적갈색이 점점 옅어지다가 어느 순간부터는 더 이상 적갈색이 옅어지지 않는다. 이는 무색의 사산화 이질소를 생성하는 ㉠( )반응과 사산화 이질소가 다시 적갈색의 이산화 질소로 분해되는 ㉡( )반응이 같은 속도로 일어나는 ㉢( )에 도달하기 때문이다.

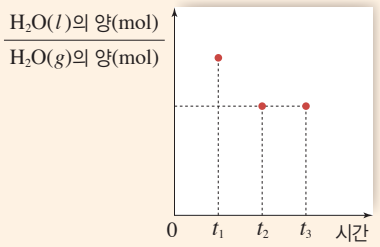
대표 자료 분석

정답친해 116쪽

자료 ❶ 상평형

기출 Point • 증발 속도와 응축 속도 비교
• 동적 평형의 이해

[1~4] 그림은 밀폐된 진공 용기 안에 물($H_2O(l)$)을 넣은 후 시간에 따른 $\frac{\text{물}(H_2O(l))\text{의 양(mol)}}{\text{수증기}(H_2O(g))\text{의 양(mol)}}$을 나타낸 것이다. 시간이 t_2일 때 $H_2O(l)$과 $H_2O(g)$는 동적 평형 상태에 도달하였다. (단, 온도는 일정하다.)



1 $t_1 \sim t_3$일 때 $H_2O(l)$의 증발 속도를 비교하시오.

2 $t_1 \sim t_3$일 때 $H_2O(g)$의 응축 속도를 비교하시오.

3 $t_1 \sim t_3$일 때 용기 속 $H_2O(g)$의 양(mol)을 비교하시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) H_2O의 상변화는 가역 반응이다. ····· (○ / ×)
(2) t_1일 때 $\frac{H_2O(l)\text{의 증발 속도}}{H_2O(g)\text{의 응축 속도}} = 1$이다. ····· (○ / ×)
(3) t_3일 때 $H_2O(l)$과 $H_2O(g)$는 동적 평형을 이루고 있다. ····· (○ / ×)
(4) 용기 속 $H_2O(g)$의 양(mol)은 t_2일 때와 t_3일 때가 같다. ····· (○ / ×)
(5) $\frac{t_3\text{일 때 } H_2O(l)\text{의 양(mol)}}{t_2\text{일 때 } H_2O(l)\text{의 양(mol)}} > 1$이다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 용해 평형

기출 Point • 용해 속도와 석출 속도 비교
• 용액의 몰 농도 비교

[1~4] 다음은 설탕의 용해에 대한 실험이다.

[실험 과정]
(가) 25 °C의 물이 담긴 비커에 충분한 양의 설탕을 넣고 유리 막대로 저어 준다.
(나) 시간에 따른 비커 속 고체 설탕의 양을 관찰하고 설탕 수용액의 몰 농도(M)를 측정한다.

[실험 결과]

시간	t	$4t$	$8t$
관찰 결과			
설탕 수용액의 몰 농도(M)	$\frac{2}{3}a$	a	

• $4t$일 때 설탕 수용액은 용해 평형에 도달하였다.

1 t일 때 설탕의 용해 속도와 석출 속도를 비교하시오.

2 $4t$일 때 설탕의 용해 속도와 석출 속도를 비교하시오.

3 t일 때와 $4t$일 때 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량을 비교하시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) $4t$일 때 설탕의 석출 속도는 0이다. ····· (○ / ×)
(2) $8t$일 때 설탕의 석출 속도는 용해 속도보다 빠르다. ····· (○ / ×)
(3) 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량은 $4t$일 때와 $8t$일 때가 같다. ····· (○ / ×)
(4) $8t$일 때 설탕 수용액의 몰 농도는 a M이다. ··· (○ / ×)

내신 만점 문제

정답친해 117쪽

A 가역 반응

중요 **01** 가역 반응만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $CH_4+2O_2 \longrightarrow CO_2+2H_2O$

ㄴ. $CuSO_4+5H_2O \rightleftarrows CuSO_4\cdot 5H_2O$

ㄷ. $CaCO_3+CO_2+H_2O \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2$

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 어떤 반응의 화학 반응식이다.

$$N_2(g)+3H_2(g) \rightleftarrows 2NH_3(g)$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 가역 반응이다.

ㄴ. 정반응의 생성물은 $NH_3(g)$이다.

ㄷ. 정반응이 진행되면 기체 분자 수가 증가한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 동적 평형

03 다음은 동적 평형에 대한 학생들의 대화이다.

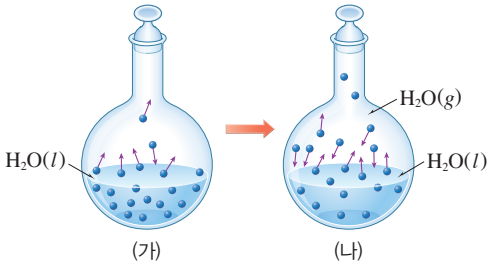


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② C ③ A, B

④ B, C ⑤ A, B, C

중요 **04** 그림 (가)는 밀폐된 진공 용기에 물($H_2O(l)$)을 넣은 것을, (나)는 $H_2O(l)$과 수증기($H_2O(g)$)가 동적 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. (가)에서 증발 속도는 응축 속도보다 빠르다.

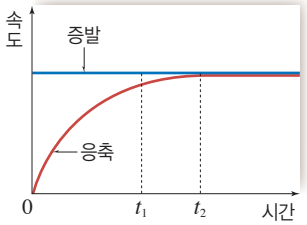
ㄴ. $H_2O(g)$의 응축 속도는 (가)에서보다 (나)에서 빠르다.

ㄷ. $H_2O(l)$의 양(mol)은 (나)에서보다 (가)에서 크다.

① ㄴ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 일정한 온도에서 밀폐 용기에 물($H_2O(l)$)을 넣었을 때 시간에 따른 $H_2O(l)$의 증발 속도와 수증기($H_2O(g)$)의 응축 속도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. t_1에서는 $H_2O(l)$의 양이 줄어든다.

ㄴ. t_2에서는 $H_2O(l)$의 증발이 일어나지 않는다.

ㄷ. t_2 이후 용기 속 $H_2O(g)$의 양은 일정하게 유지된다.

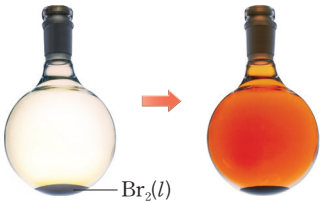
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 브로민(Br_2)의 상태 변화를 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$Br_2(l) \rightleftarrows Br_2(g)$$

그림은 일정한 온도에서 밀폐된 플라스크에 $Br_2(l)$을 넣은 초기 상태 (가)와 동적 평형에 도달한 상태 (나)를 나타낸 것이다.



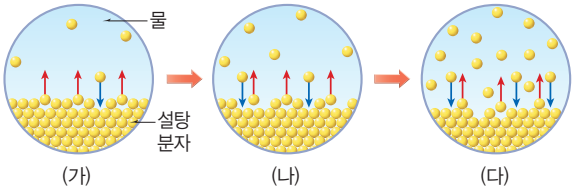
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 Br_2의 증발 속도와 응축 속도는 같다.
ㄴ. (나)에는 $Br_2(l)$과 $Br_2(g)$이 함께 존재한다.
ㄷ. 플라스크 속 $Br_2(g)$의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **07** 그림은 일정한 온도에서 일정량의 물에 설탕을 계속 넣었을 때 충분한 시간이 지난 후 더 이상 설탕이 녹지 않는 순간까지의 변화를 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

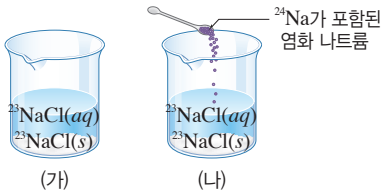
보기

ㄱ. (다)에서 설탕물의 농도는 일정하게 유지된다.
ㄴ. 물에 용해된 설탕 분자 수는 (나)>(다)이다.
ㄷ. 설탕의 석출 속도는 (가)>(나)>(다)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **08** 다음은 염화 나트륨(NaCl)을 이용한 실험이다.

(가) 일정한 온도에서 비커에 일정량의 물을 넣고 염화 나트륨($^{23}NaCl$)을 계속 넣어 주었더니 어느 순간부터는 녹지 않은 염화 나트륨이 비커 바닥에 가라앉았다.
(나) (가)의 비커에 ^{24}Na가 포함된 염화 나트륨을 한 숟가락 넣어 주었다.



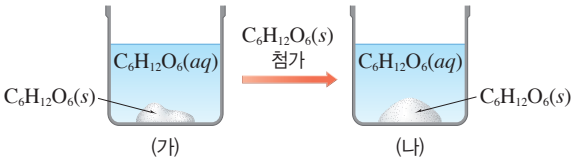
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 염화 나트륨의 용해 속도는 석출 속도보다 느리다.
ㄴ. (가)에서 염화 나트륨 수용액의 농도는 일정하게 유지된다.
ㄷ. (나) 이후 충분한 시간이 지나면 ^{24}Na는 가라앉아 있는 염화 나트륨 고체와 수용액에 모두 존재한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림 (가)는 물에 포도당($C_6H_{12}O_6$)을 넣은 후 용해 평형에 도달한 것을, (나)는 (가)의 수용액에 $C_6H_{12}O_6(s)$ w g을 첨가한 후 용해 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 물의 증발은 무시한다.)

보기

ㄱ. 용해 속도는 (나)에서보다 (가)에서 빠르다.
ㄴ. 석출 속도는 (가)에서보다 (나)에서 빠르다.
ㄷ. 포도당 수용액의 몰 농도는 (가)와 (나)에서 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 119쪽

서술형

10 수소(H_2)와 아이오딘(I_2)이 반응하여 아이오딘화 수소(HI)를 생성하는 반응은 가역 반응이다. 일정한 온도에서 밀폐 용기에 $HI(g)$를 넣고 반응시킨 후 충분한 시간이 지났을 때 용기 속에 있는 물질을 있는 대로 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

중요

11 밀폐 용기 속에서 적갈색의 이산화 질소(NO_2)와 무색의 사산화 이질소(N_2O_4)는 다음과 같은 반응으로 평형에 도달한다.

$$2NO_2(g) \rightleftarrows N_2O_4(g)$$

이 반응이 동적 평형에 도달했을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. N_2O_4의 생성 속도와 분해 속도는 같다.
ㄴ. 용기 속에는 무색의 물질만 존재한다.
ㄷ. 용기 속 NO_2의 농도는 일정하게 유지된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 무색의 사산화 이질소(N_2O_4)가 반응하여 적갈색의 이산화 질소(NO_2)를 생성하는 반응에 대한 실험이다.

• 화학 반응식: $N_2O_4(g) \rightleftarrows 2NO_2(g)$
[실험 과정 및 결과]
플라스크에 일정량의 N_2O_4를 넣고 마개로 막아 놓았더니 시간이 지남에 따라 기체의 색이 옅은 적갈색을 띠었고, t초 이후에는 색이 변하지 않고 일정해졌다.

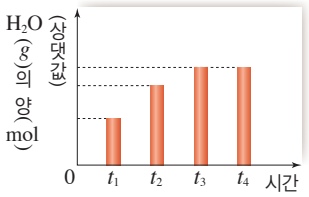
t초 이후에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. 정반응은 일어나지 않는다.
ㄴ. 기체 분자 수는 반응 초기보다 크다.
ㄷ. NO_2의 양(mol)은 일정하다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 그림은 밀폐된 진공 용기에 물($H_2O(l)$)을 넣었을 때 시간에 따른 용기 속 수증기($H_2O(g)$)의 양(mol)을 나타낸 것이다.



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

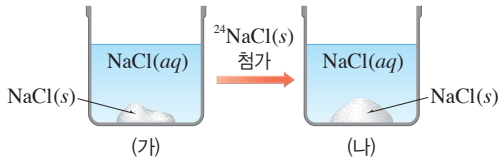
보기

ㄱ. t_3일 때 H_2O의 증발 속도와 응축 속도가 같다.
ㄴ. H_2O의 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}}$는 t_2일 때가 t_1일 때보다 크다.
ㄷ. $\frac{t_3\text{일 때 } H_2O(g)\text{의 양(mol)}}{t_4\text{일 때 } H_2O(g)\text{의 양(mol)}} < 1$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 염화 나트륨(NaCl)의 용해에 대한 실험이다.

[실험 과정]
(가) 25 °C 물이 담긴 비커에 충분한 양의 $^{23}NaCl$을 넣고 유리 막대로 저은 후 충분한 시간 동안 놓아둔다.
(나) (가)의 비커에 $^{24}NaCl$을 첨가하고 유리막대로 저은 후 충분한 시간 동안 놓아둔다.



[실험 결과]
• (가) 과정 후 수용액에 $^{23}Na^+$이 있다.
• (나) 과정 후 수용액에 $^{24}Na^+$이 있다.

(나) 과정 이후에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오. (단, 온도는 일정하고, 물의 증발은 무시한다.)

보기

ㄱ. NaCl의 석출 속도는 0이다.
ㄴ. NaCl의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.
ㄷ. 수용액 속 $^{23}Na^+$의 몰 농도는 (가)에서보다 작다.

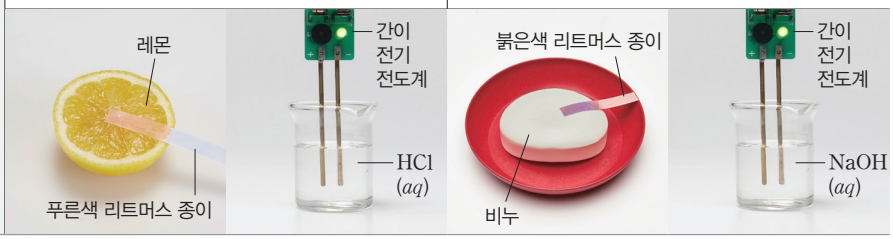
2 물의 자동 이온화

핵심 포인트
1. 산 염기 정의 ★★★
2. 물의 자동 이온화와 물의 이산화 상수 ★★★
3. 수소 이온 농도와 pH의 관계 ★★★

A 산과 염기

1. 산과 염기의 성질

구분	산성	염기성
정의	산의 공통적인 성질	염기의 공통적인 성질
성질	• 신맛이 난다. • ◆금속과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다. • ◆탄산 칼슘과 반응하여 이산화 탄소 기체를 발생시킨다. • 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킨다. • 산 수용액은 전류가 흐른다. ➡ 산 수용액에는 이온이 들어 있다.	• 쓴맛이 난다. • ◆단백질을 녹이는 성질이 있어 만지면 미끌미끌하다. • 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시킨다. • 페놀프탈레인 용액을 붉게 변화시킨다. • 염기 수용액은 전류가 흐른다. ➡ 염기 수용액에는 이온이 들어 있다.



◆ **산과 금속의 반응**
산이 모든 금속과 반응하는 것은 아니다. 산은 마그네슘, 철 등과 같은 금속과는 반응하지만, 금, 은 등과 같은 금속과는 반응하지 않는다.
예 염산과 마그네슘의 반응
$2HCl(aq)+Mg(s) \longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$

◆ **산과 탄산 칼슘의 반응**
산은 탄산 칼슘과 반응하므로 산성비가 내리면 탄산 칼슘이 주성분인 대리석 조각이 훼손된다.
예 염산과 탄산 칼슘의 반응
$2HCl(aq)+CaCO_3(s) \longrightarrow CaCl_2(aq)+H_2O(l)+CO_2(g)$

◆ **단백질을 녹이는 염기의 성질 이용**
하수구 세정제는 수산화 나트륨 수용액이므로 머리카락을 녹여서 막힌 하수구를 뚫을 수 있다.

탐구 자료창 산과 염기의 성질 금성, 천재 교과서에만 나와요.

홈판에 레몬즙, 식초, 사이다, 비눗물, 제산제 수용액, 하수구 세정제를 넣고 전기 전도도, 리트머스 종이의 색 변화, 마그네슘 조각과의 반응, 탄산 칼슘과의 반응을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

물질	레몬즙	식초	사이다	비눗물	제산제 수용액	하수구 세정제
전기 전도도 측정	전류가 흐른다.					
리트머스 종이의 색 변화	푸른색 리트머스 종이가 붉은색으로 변한다.			붉은색 리트머스 종이가 푸른색으로 변한다.		
마그네슘 조각과의 반응	수소 기체가 발생한다.			변화가 없다.		
탄산 칼슘과의 반응	이산화 탄소 기체가 발생한다.			변화가 없다.		

1. **산성 물질과 염기성 물질의 분류**
   - 산성 물질: 레몬즙, 식초, 사이다 ➡ 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시키기 때문이다.
   - 염기성 물질: 비눗물, 제산제 수용액, 하수구 세정제 ➡ 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시키기 때문이다.
2. **산의 공통적인 성질과 염기의 공통적인 성질**
   - 산의 공통적인 성질: 전류가 흐른다. 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킨다. 마그네슘 조각과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다. 탄산 칼슘과 반응하여 이산화 탄소 기체를 발생시킨다.
   - 염기의 공통적인 성질: 전류가 흐른다. 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시킨다. 마그네슘 조각이나 탄산 칼슘과 반응하지 않는다.
3. **산과 염기의 공통적인 성질**: 전류가 흐른다. ➡ 산과 염기 수용액에는 이온이 들어 있다.

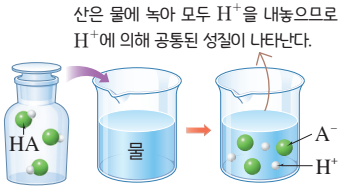
2. ◆아레니우스 산 염기

(1) ◆산: 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질

| 산의 ❶이온화 |

산은 물에 녹아 수소 이온(H^+)과 음이온으로 이온화한다.

산(HA)	⟶	수소 이온(H^+)	+	음이온(A^-)
HCl 염산	⟶	H^+ 수소 이온	+	Cl^- 염화 이온
H_2SO_4 황산	⟶	$2H^+$ 수소 이온	+	SO_4^{2-} 황산 이온

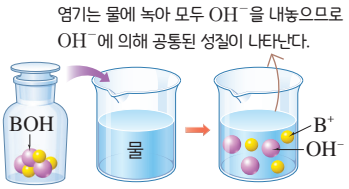


(2) ◆염기: 물에 녹아 수산화 이온(OH^-)을 내놓는 물질

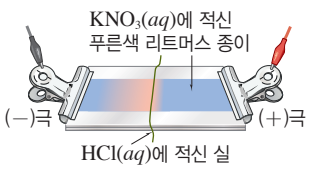
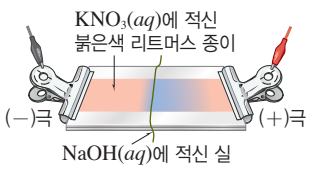
| 염기의 이온화 |

염기는 물에 녹아 양이온과 수산화 이온(OH^-)으로 이온화한다.

염기(BOH)	⟶	양이온(B^+)	+	수산화 이온(OH^-)
$NaOH$ 수산화 나트륨	⟶	Na^+ 나트륨 이온	+	OH^- 수산화 이온
$Ca(OH)_2$ 수산화 칼슘	⟶	Ca^{2+} 칼슘 이온	+	$2OH^-$ 수산화 이온



(3) 산성과 염기성을 나타내는 이온의 확인 금성 교과서에만 나와요.

산성을 나타내는 이온의 확인	염기성을 나타내는 이온의 확인
그림과 같이 장치하고 전류를 흘려 주면 푸른색 리트머스 종이의 색이 붉은색으로 점차 변해 간다. ➡ 염산($HCl(aq)$)에는 H^+과 Cl^-이 존재하는데, 전류를 흘려 주었을 때 리트머스 종이의 색이 실에서부터 (−)극 쪽으로 붉게 변해 가므로 H^+이 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시키는 물질임을 알 수 있다.	그림과 같이 장치하고 전류를 흘려 주면 붉은색 리트머스 종이의 색이 푸른색으로 점차 변해 간다. ➡ 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액에는 Na^+과 OH^-이 존재하는데, 전류를 흘려 주었을 때 리트머스 종이의 색이 실에서부터 (+)극 쪽으로 푸르게 변해 가므로 OH^-이 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시키는 물질임을 알 수 있다.
	

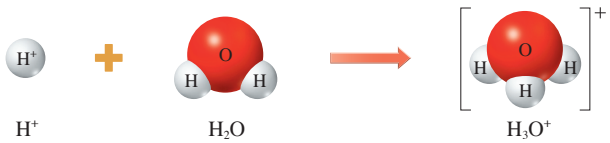
(4) 아레니우스 산 염기 정의의 한계

① 수용액이 아닌 조건에서 물질이 산과 염기로 작용하는 경우에는 적용할 수 없다.

② 수소 이온(H^+)이나 수산화 이온(OH^-)을 직접 내놓지 않는 경우에는 적용할 수 없다.

예 암모니아(NH_3)는 OH^-을 가지고 있지 않지만 염기성을 나타낸다.

③ 아레니우스 산의 경우 아레니우스 정의와 달리 수소 이온(H^+)은 수용액에서 홀로 존재하지 않고 물(H_2O)과 결합하여 ◆하이드로늄 이온(H_3O^+)으로 존재한다.



◆ **아레니우스 산 염기**
분자 내에 H가 있더라도 이온화할 수 없는 CH_4 등은 아레니우스 산이 아니고, 분자 내에 OH가 있더라도 이온화할 수 없는 CH_3OH 등은 아레니우스 염기가 아니다.

◆ **산의 이용**
- 탄산: 탄산음료의 제조
- 염산: 합성 고무, PVC의 원료
- 질산: 비료, 물감의 원료
- 황산: 비료, 배터리의 원료

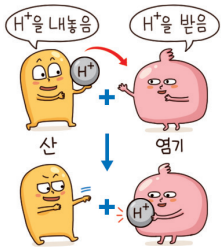
◆ **염기의 이용**
- 수산화 나트륨: 비누, 종이의 제조
- 수산화 칼륨: 전지의 전해질
- 수산화 칼슘: 석회수(이산화 탄소 검출)
- 수산화 마그네슘: 제산제의 성분
- 탄산수소 나트륨: 베이킹파우더의 원료
- 암모니아: 비료의 제조

◆ **수소 이온(H^+)과 하이드로늄 이온(H_3O^+)**
H^+은 반응성이 큰 물질이므로 수용액에서 홀로 존재하지 않고 물 분자와 결합하여 H_3O^+으로 존재한다. 즉, 물속에서 H_3O^+은 H^+과 같은 물질이다.

(용어)

❶ **이온화** 물질이 양이온과 음이온으로 나누어지는 현상

◆ 브뢴스테드·로리 산 염기
브뢴스테드·로리 산 염기 정의는 아레니우스 산 염기 정의보다 확장된 개념이다.



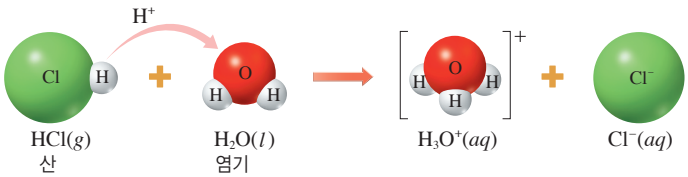
◆ 수소 이온과 양성자
수소(H) 원자는 양성자 1개와 전자 1개로 구성되어 있으므로 H 원자가 전자 1개를 잃고 형성된 수소 이온(H^+)은 양성자와 같다. 따라서 브뢴스테드·로리 산은 양성자를 내놓는 물질로, 브뢴스테드·로리 염기는 양성자를 받는 물질로 정의하기도 한다.

3. ◆브뢴스테드·로리 산 염기 249쪽 대표 자료 ❶

(1) **산**: 다른 물질에게 ◆수소 이온(H^+)을 내놓는 물질

(2) **염기**: 다른 물질로부터 수소 이온(H^+)을 받는 물질

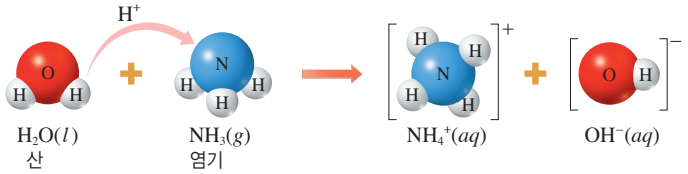
염화 수소와 물의 반응



$HCl(g)$ 산 + $H_2O(l)$ 염기 → $H_3O^+(aq)$ + $Cl^-(aq)$

염화 수소(HCl)는 H^+을 내놓으므로 산이고, 물(H_2O)은 H^+을 받으므로 염기이다.

암모니아와 물의 반응

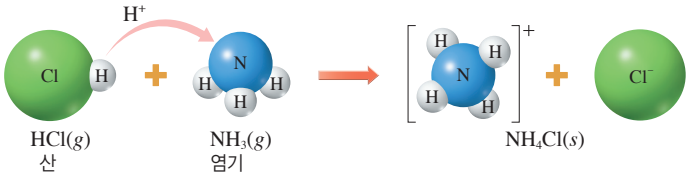


$H_2O(l)$ 산 + $NH_3(g)$ 염기 → $NH_4^+(aq)$ + $OH^-(aq)$

암모니아(NH_3)가 OH^-을 가지고 있지 않지만 염기성을 나타내는 까닭을 설명할 수 있다.

물(H_2O)은 H^+을 내놓으므로 산이고, 암모니아(NH_3)는 H^+을 받으므로 염기이다.

염화 수소와 암모니아의 반응



$HCl(g)$ 산 + $NH_3(g)$ 염기 → $NH_4Cl(s)$

수용액이 아닌 조건에서 산과 염기를 설명할 수 있다.

염화 수소(HCl)는 H^+을 내놓으므로 산이고, 암모니아(NH_3)는 H^+을 받으므로 염기이다.

암기해!
브뢴스테드·로리 산 염기 정의
산은 H^+을 내놓고, 염기는 H^+을 받는다.
➡ 산내음(염)밭

(3) **양쪽성 물질**: 조건에 따라 산으로 작용할 수도 있고 염기로 작용할 수도 있는 물질 ➡ 수소 이온(H^+)을 내놓을 수도 있고 받을 수도 있는 물질이다.
예 H_2O, HCO_3^-, HS^-, HSO_4^-, $H_2PO_4^-$ 등

양쪽성 물질로 작용하는 물(H_2O)

$HCl(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$ ····· ❶
산 염기

$NH_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$ ····· ❷
염기 산

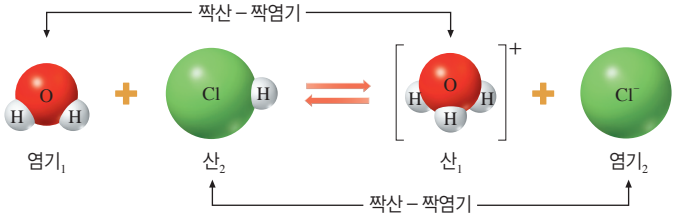
H_2O은 반응 ❶에서는 H^+을 받으므로 염기로 작용하고, 반응 ❷에서는 H^+을 내놓으므로 산으로 작용한다. ➡ H_2O은 양쪽성 물질이다.

산이 H^+을 내놓아 생성된 물질이 그 산의 짝염기이고, 염기가 H^+을 받아 생성된 물질이 그 염기의 짝산이다.

(4) **짝산 – 짝염기**: 수소 이온(H^+)의 이동으로 산과 염기가 되는 한 쌍의 산과 염기
➡ 정반응에서 산과 역반응에서의 염기, 정반응에서 염기와 역반응에서의 산의 관계이다.

염화 수소와 물의 반응

염화 수소(HCl)와 물(H_2O)의 반응은 가역 반응이다. 정반응에서는 HCl가 산이고, H_2O이 염기이지만, 역반응에서는 하이드로늄 이온(H_3O^+)이 산이고, 염화 이온(Cl^-)이 염기이다. 따라서 H_3O^+은 염기 H_2O의 짝산이고, Cl^-은 산 HCl의 짝염기이다.



정답친해 120쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- 산과 염기의 성질
  - 산성: 금속과 반응하여 (❶) 기체를 발생시키고, 탄산 칼슘과 반응하여 이산화 탄소 기체를 발생시킨다. 푸른색 리트머스 종이를 (❷)색으로 변화시킨다.
  - 염기성: (❸)을 녹이는 성질이 있어 만지면 미끌미끌하고, 붉은색 리트머스 종이를 (❹)색으로 변화시킨다.
- 산 수용액과 염기 수용액에는 (❺)이 들어 있으므로 전류가 흐른다.
- 아레니우스 산 염기: 물에 녹아 (❻)을 내놓는 물질은 산이고, (❼)을 내놓는 물질은 염기이다.
- 브뢴스테드·로리 산 염기: 다른 물질에게 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질은 (❽)이고, 다른 물질로부터 수소 이온(H^+)을 받는 물질은 (❾)이다.
- (❿): 조건에 따라 산으로 작용할 수도 있고 염기로 작용할 수도 있는 물질 예 H_2O, HCO_3^-, HS^- 등
- 짝산 – 짝염기: (⓫)의 이동으로 산과 염기가 되는 한 쌍의 산과 염기

1 산 염기 정의에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 물에 녹아 H^+을 내놓는 물질은 아레니우스 산이다. ( )

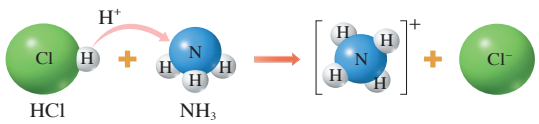
(2) 다른 물질로부터 H^+을 받는 물질은 아레니우스 염기이다. ( )

(3) 브뢴스테드·로리 산 염기 정의는 수용액에서 일어나는 반응에서만 산과 염기를 설명할 수 있다. ( )

2 ( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

- 염화 수소(HCl)는 물에 녹아 ㉠( )을 내놓으므로 아레니우스 ㉡( )이다.
- 수산화 나트륨(NaOH)은 물에 녹아 ㉢( )을 내놓으므로 아레니우스 ㉣( )이다.

3 그림은 염화 수소(HCl)와 암모니아(NH_3)의 반응을 모형으로 나타낸 것이다. HCl와 NH_3를 브뢴스테드·로리 산 또는 염기로 구분하시오.



4 다음 반응에서 브뢴스테드·로리 산과 염기를 각각 쓰시오.

(1) $HCN(l)+H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq)+CN^-(aq)$

(2) $CH_3COOH(l)+H_2O(l) \longrightarrow CH_3COO^-(aq)+H_3O^+(aq)$

(3) $NH_4^+(aq)+CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow NH_3(aq)+HCO_3^-(aq)$

(4) $(CH_3)_3N(aq)+HF(aq) \longrightarrow (CH_3)_3NH^+(aq)+F^-(aq)$

5 다음은 2가지 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

- $HCl(g)+H_2O(l) \longrightarrow Cl^-(aq)+H_3O^+(aq)$
- $NH_3(g)+H_2O(l) \longrightarrow NH_4^+(aq)+OH^-(aq)$

이 반응에서 양쪽성 물질로 작용한 물질의 화학식을 쓰시오.

6 다음 반응에서 짝산 – 짝염기 관계인 물질의 쌍을 있는 대로 쓰시오.

$NH_3(g)+H_2O(l) \rightleftarrows NH_4^+(aq)+OH^-(aq)$

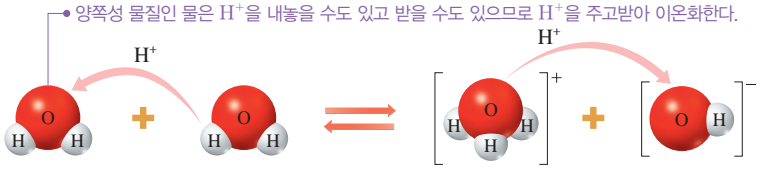
B 물의 자동 이온화와 pH

순수한 물의 전기 전도도를 측정하면 매우 약한 전류가 흐르는데 이것은 순수한 물에도 이온이 들어 있기 때문이에요. 순수한 물에 들어 있는 이온은 무엇인지 지금부터 함께 알아볼까요?

1. 물의 자동 이온화

(1) **물의 자동 이온화**: 순수한 물에서 매우 적은 양의 물 분자끼리 수소 이온(H^+)을 주고받아 하이드로늄 이온(H_3O^+)과 수산화 이온(OH^-)으로 이온화하는 현상

양쪽성 물질인 물은 H^+을 내놓을 수도 있고 받을 수도 있으므로 H^+을 주고받아 이온화한다.



$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftarrows H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

(2) 물의 자동 이온화 반응은 가역 반응이므로 충분한 시간이 지나면 동적 평형에 도달한다.

'물의 이온곱 상수'라고도 한다.

2. 물의 ◆이온화 상수(K_w) 249~250쪽 대표 자료 ❷, ❸, ❹

(1) **물의 이온화 상수(K_w)**: 일정한 온도에서 물이 자동 이온화하여 동적 평형을 이루면 하이드로늄 이온(H_3O^+)의 몰 농도($[H_3O^+]$)와 수산화 이온(OH^-)의 몰 농도($[OH^-]$)가 일정하게 유지되어 그 농도의 곱이 일정한 값을 갖는데, 이를 물의 이온화 상수라고 한다.

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = \text{일정}$$

① 25 °C에서 물의 자동 이온화 반응이 동적 평형에 도달했을 때 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 1×10^{-7} M로 같다. → 물은 자동 이온화하여 H_3O^+과 OH^-을 1 : 1로 내놓기 때문이다.

② ◆25 °C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 다음과 같다.

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1\times10^{-14}(25\ ^\circ C)$$

물의 이온화 상수는 온도에 의해서만 영향을 받고, H^+이나 OH^- 등 다른 물질이 혼합되어도 일정한 값을 가진다.

(2) **수용액의 ❶액성**

① 25 °C의 순수한 물에서 $[H_3O^+] = 1\times10^{-7}$ M $= [OH^-]$이고, 이러한 용액을 중성 용액이라고 한다.

산을 넣을 때	중성 용액에 산을 넣으면 $[H_3O^+]$가 증가하지만 K_w는 일정하므로 $[OH^-]$는 감소하여 $[H_3O^+] > 1\times10^{-7}$ M $> [OH^-]$가 된다. ➡ 산성 용액
염기를 넣을 때	중성 용액에 염기를 넣으면 $[OH^-]$가 증가하지만 K_w는 일정하므로 $[H_3O^+]$는 감소하여 $[H_3O^+] < 1\times10^{-7}$ M $< [OH^-]$가 된다. ➡ 염기성 용액

② 산성, 중성, 염기성 용액에서 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$(25 °C)

농도(M)	1×10^{-14}	1×10^{-7}	1×10^{0}	
산성 용액	$[OH^-]$		$[H_3O^+]$	$[H_3O^+] > 1\times10^{-7}$ M $> [OH^-]$
중성 용액	$[OH^-]$		$[H_3O^+]$	$[H_3O^+] = 1\times10^{-7}$ M $= [OH^-]$
염기성 용액		$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	$[H_3O^+] < 1\times10^{-7}$ M $< [OH^-]$

$[H_3O^+]$는 H_3O^+의 몰 농도를, $[OH^-]$는 OH^-의 몰 농도를 의미해요.

미래엔 교과서에만 나와요.

◆ **이온화 상수**

이온화 상수(K)는 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비이다. 물의 자동 이온화 반응에서 물의 농도는 거의 일정하므로, 물의 이온화 상수(K_w)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$$

$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

암기해!

물의 이온화 상수(K_w)(25 °C)

$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1\times10^{-14}$

◆ **물의 이온화 상수(K_w)의 온도 의존성**

온도가 높아질수록 K_w는 커진다.

온도(°C)	K_w
0	0.11×10^{-14}
20	0.68×10^{-14}
25	1×10^{-14}
40	2.92×10^{-14}
60	9.61×10^{-14}

(용어)

❶ **액성(液 용액, 性 성질)** 용액의 성질로 산성, 중성, 염기성으로 구분한다.

3. 수소 이온 농도와 pH 249~250쪽 대표 자료 ❷, ❸, ❹

(1) **수소 이온 농도 지수(pH)**: 수용액의 $[H_3O^+]$를 간단히 나타내기 위해 사용하는 값

$$pH = \log\frac{1}{[H_3O^+]} = -\log[H_3O^+]$$

① 수용액의 $[H_3O^+]$가 커지면 pH는 작아진다. ➡ pH가 작을수록 산성이 강하다.

② 수용액의 pH가 1씩 작아질수록 수용액의 $[H_3O^+]$는 10배씩 커진다.

예 pH가 2인 수용액은 pH가 3인 수용액보다 $[H_3O^+]$가 10배 크고, pH가 4인 수용액보다는 $[H_3O^+]$가 100배 크다.

③ pOH: 수용액의 $[OH^-]$는 pOH로 나타낼 수 있다. ➡ $pOH = -\log[OH^-]$

(2) **pH와 pOH의 관계**: 25 °C에서 물의 이온화 상수(K_w)$=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

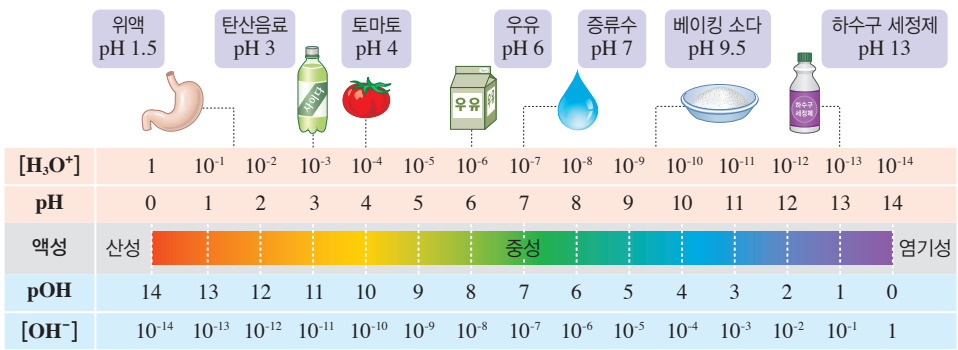
$$pH + pOH = 14\ (25\ ^\circ C)$$

pH나 pOH는 0~14 사이의 값을 갖는다.

(3) **수용액의 액성과 pH, pOH(25 °C)**

$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1\times10^{-7}) = 7$

액성	$[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 관계	pH	pOH
산성	$[H_3O^+] > 1\times10^{-7}\ M > [OH^-]$	pH<7	pOH>7
중성	$[H_3O^+] = 1\times10^{-7}\ M = [OH^-]$	pH=7	pOH=7
염기성	$[H_3O^+] < 1\times10^{-7}\ M < [OH^-]$	pH>7	pOH<7



수용액의 액성과 pH, pOH의 관계(25 °C)

4. 용액의 pH 확인

수용액의 pH는 지시약, pH 시험지, pH 측정기 등을 이용하여 확인한다.

(1) **지시약**: pH에 따라 색이 변하는 물질로, 용액의 액성을 구별하는 데 쓰인다.

구분	리트머스 종이	페놀프탈레인 용액	메틸 오렌지 용액	BTB 용액
산성	푸른색 → 붉은색	무색	붉은색	노란색
중성	—	무색	노란색	초록색
염기성	붉은색 → 푸른색	붉은색	노란색	파란색

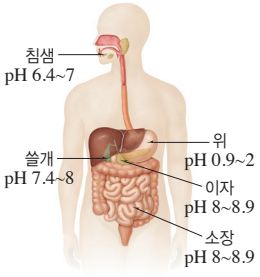
(2) **pH 시험지**: 만능 지시약을 종이에 적셔 만든 것으로, 시험지의 색 변화를 통해 대략적인 pH를 알 수 있다.

(3) **pH 측정기**: $[H_3O^+]$에 따른 전기 전도도 차이를 이용한 것으로, 정확한 pH를 측정할 수 있다.

◆ **수소 이온 농도 지수**
수용액이 산성인지 염기성인지는 $[H_3O^+]$나 $[OH^-]$로 알 수 있지만 $[H_3O^+]$나 $[OH^-]$는 그 값이 매우 작아 사용하기에 불편하다. 따라서 덴마크의 화학자 쇠렌센은 수소 이온 농도 지수(pH)를 제안하였다.

미래엔 교과서에만 나와요.

◆ **소화 기관의 pH**
소화가 잘 일어나려면 효소의 도움을 받아야 한다. 따라서 소화 기관의 pH는 각각의 소화 효소가 잘 작용할 수 있도록 조건에 따라 다른 값을 가진다.



◆ **pH 시험지와 pH 측정기**



정답친해 120쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 순수한 물에서 매우 적은 양의 물 분자끼리 H^+을 주고받아 H_3O^+과 OH^-으로 이온화하는 현상
- (❷): 일정한 온도에서 물이 자동 이온화하여 동적 평형을 이루었을 때 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱
  ➡ $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$(25 °C)
- (❸): 수용액의 $[H_3O^+]$를 간단히 나타내기 위해 사용하는 값 ➡ $pH=\log\frac{1}{[H_3O^+]}=-\log[H_3O^+]$
  ➡ 수용액의 $[H_3O^+]$가 커지면 pH는 (❹)진다.
- 수용액의 액성과 pH, pOH(25 °C)
  - $[H_3O^+]>1\times10^{-7}$ M$>[OH^-]$ ➡ pH<7, pOH>7 ➡ (❺)
  - $[H_3O^+]=1\times10^{-7}$ M$=[OH^-]$ ➡ pH$=7$, pOH$=7$ ➡ 중성
  - $[H_3O^+]<1\times10^{-7}$ M$<[OH^-]$ ➡ pH>7, pOH<7 ➡ (❻)
- (❼): pH에 따라 색이 변하는 물질로, 용액의 액성을 구별하는 데 쓰인다.
- (❽): 만능 지시약을 종이에 적셔 만든 것으로, 대략적인 pH를 알 수 있다.
- (❾): $[H_3O^+]$에 따른 전기 전도도 차이를 이용한 것으로, 정확한 pH를 측정할 수 있다.

1 물의 자동 이온화에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 물 분자는 산 또는 염기로 작용할 수 있어 물 분자들끼리 H^+을 주고받아 자동 이온화한다. ( )
(2) 순수한 물에서 $[H_3O^+]$는 $[OH^-]$보다 크다. ( )
(3) 25 °C의 순수한 물에서 $[OH^-]$는 1×10^{-7} M이다. ( )

2 25 °C의 수용액 1 L에 OH^- 1×10^{-5} mol이 녹아 있다. 이 수용액의 $[H_3O^+]$를 구하시오.

3 25 °C에서 다음 수용액의 액성을 각각 쓰시오.

(1) $[H_3O^+]$가 1×10^{-3} M인 용액
(2) $[H_3O^+]$가 1×10^{-8} M인 용액
(3) $[OH^-]$가 1×10^{-5} M인 용액

4 다음은 25 °C에서 수용액의 pH에 대한 설명이다. ( ) 안에 알맞은 말을 고르시오.

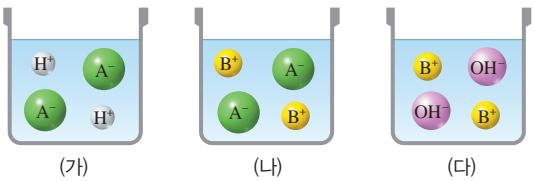
(1) 산성 용액의 pH는 7보다 (크다, 작다).
(2) 순수한 물에 염기를 넣으면 pH가 (커진다, 작아진다).
(3) 수용액의 $[H_3O^+]$가 커질수록 pH는 (커진다, 작아진다).

5 25 °C에서 pH가 3인 산성 용액의 $[OH^-]$를 구하시오.

6 25 °C에서 다음 수용액의 pH와 pOH를 각각 구하시오.

(1) 0.1 M $HCl(aq)$
(2) 1×10^{-3} M $KOH(aq)$

7 그림은 25 °C에서 3가지 수용액 (가)~(다)에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다.



(가)~(다)의 pH를 비교하시오.

8 탄산음료의 pH는 3이고 우유의 pH는 6이다. 탄산음료의 $[H_3O^+]$는 우유의 $[H_3O^+]$의 몇 배인지 쓰시오.

대표 자료 분석

정답친해 121쪽

자료 ❶ 브뢴스테드·로리 산 염기

기출 Point
- 브뢴스테드·로리 산과 염기 구분
- 양쪽성 물질

[1~4] 다음은 3가지 산 염기 반응의 화학 반응식이다.

(가) $HCl(g)+H_2O(l) \longrightarrow Cl^-(aq)+H_3O^+(aq)$

(나) $HCO_3^-(aq)+H_2O(l) \longrightarrow H_2CO_3(aq)+$ ㉠ (aq)

(다) $HCO_3^-(aq)+HCl(aq) \longrightarrow H_2CO_3(aq)+Cl^-(aq)$

1 (가)에서 브뢴스테드·로리 산과 염기로 작용한 물질을 각각 쓰시오.

2 (나)에서 ㉠의 화학식을 쓰시오.

3 (나)에서 브뢴스테드·로리 산과 염기로 작용한 물질을 각각 쓰시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)에서 HCl는 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이다. ····· (○ / ×)

(2) (나)에서 H_2O은 수소 이온(H^+)을 받는 물질이다. ····· (○ / ×)

(3) (다)에서 HCl은 브뢴스테드·로리 산이다. ····· (○ / ×)

(4) (가)와 (나)에서 H_2O은 모두 브뢴스테드·로리 산이다. ····· (○ / ×)

(5) (가)와 (나)에서 H_2O은 산이나 염기로 모두 작용할 수 있는 물질이다. ····· (○ / ×)

(6) (나)와 (다)에서 HCO_3^-은 양쪽성 물질로 작용한다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 물의 이온화 상수와 pH

기출 Point
- 수용액의 pH
- 수용액의 $[H_3O^+]$의 비, $[OH^-]$의 비

[1~4] 표는 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

수용액	(가)	(나)	(다)
$[H_3O^+]:[OH^-]$	$1:10^2$	$1:1$	$10^2:1$

1 (가)~(다)의 액성을 각각 쓰시오.

2 (가)~(다)의 pH를 각각 구하시오.

3 (가)~(다)의 $[OH^-]$를 각각 구하시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)의 pH<7이다. ····· (○ / ×)

(2) 수용액의 pH는 (나)>(다)이다. ····· (○ / ×)

(3) (나)에서 $[H_3O^+]>1\times10^{-7}$ M이다. ····· (○ / ×)

(4) (다)에서 $[OH^-]<1\times10^{-7}$ M이다. ····· (○ / ×)

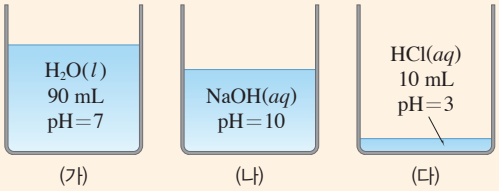
(5) (가)와 (나)의 $[H_3O^+]$의 비는 (가) : (나)=1 : 10이다. ····· (○ / ×)

(6) (가)와 (다)의 $[OH^-]$의 비는 (가) : (다)=10^4 : 1이다. ····· (○ / ×)

자료 3 물의 이온화 상수와 pH

기출 Point • 수용액 속 H_3O^+의 양(mol)
• 혼합 용액의 pH

[1~4] 그림 (가)~(다)는 물(H_2O), 수산화 나트륨(NaOH) 수용액, 염산(HCl(aq))을 각각 나타낸 것이다. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 물 또는 용액의 부피의 합과 같고, 물과 용액의 온도는 25 ℃로 일정하며, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)



1 (가)의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$를 비교하시오.

2 (나)의 $[H_3O^+]$를 구하시오.

3 (다)의 $[OH^-]$를 구하시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)의 $[H_3O^+]=1\times10^{-7}$ M이다. ····· (○ / ×)
(2) (나)의 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M이다. ····· (○ / ×)
(3) (다)에서 H_3O^+의 양(mol)은 1×10^{-4} mol이다. ····· (○ / ×)
(4) (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액의 pH=5이다. ····· (○ / ×)

자료 4 물의 이온화 상수와 pH

기출 Point • 수용액 속 H_3O^+의 양(mol)
• 수용액의 pH의 비, $[H_3O^+]$의 비, H_3O^+의 양(mol)의 비

[1~4] 표는 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

수용액	(가)	(나)	(다)
$\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$	$\frac{1}{10}$	100	1
부피(L)		V	$100V$

1 (가)의 $[H_3O^+]$를 구하시오.

2 (나)의 $[OH^-]$를 구하시오.

3 (나)의 pH를 구하시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (다)는 중성 용액이다. ····· (○ / ×)
(2) $\frac{\text{(가)의 pH}}{\text{(나)의 pH}}>1$이다. ····· (○ / ×)
(3) $\frac{\text{(가)의 }[H_3O^+]}{\text{(나)의 }[H_3O^+]}=\frac{1}{1000}$이다. ····· (○ / ×)
(4) $\frac{\text{(나)의 }H_3O^+\text{의 양(mol)}}{\text{(다)의 }H_3O^+\text{의 양(mol)}}=\frac{1}{10}$이다. ····· (○ / ×)

내신 만점 문제

정답친해 122쪽

A 산과 염기

01 표는 A~D 수용액으로 실험한 결과를 나타낸 것이다.

수용액	A	B	C	D
리트머스 종이의 색 변화	붉은색 → 푸른색	푸른색 → 붉은색	푸른색 → 붉은색	붉은색 → 푸른색
마그네슘 조각과의 반응	변화 없음	기체 발생	기체 발생	변화 없음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A 수용액의 액성은 산성이다.
ㄴ. 염산은 B 수용액과 공통된 성질을 나타낸다.
ㄷ. C 수용액과 D 수용액에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 모두 붉은색으로 변한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 산과 염기에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

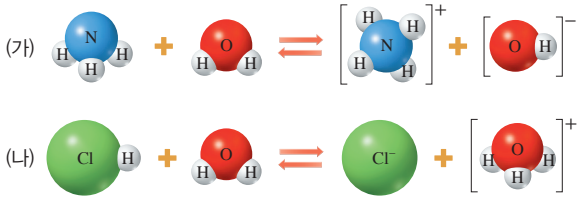
보기

ㄱ. 아레니우스 산 염기 정의는 수용액이 아닌 조건에서도 적용할 수 있다.
ㄴ. 브뢴스테드·로리 산 염기 정의는 아레니우스 산 염기 정의보다 확장된 개념이다.
ㄷ. 브뢴스테드·로리 산은 H^+을 내놓는 물질이다.

중요 **03** 물(H_2O)이 브뢴스테드·로리 산으로 작용한 것은?

① $HCN(l)+H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq)+CN^-(aq)$
② $NH_4^+(aq)+H_2O(l) \longrightarrow NH_3(aq)+H_3O^+(aq)$
③ $H_2CO_3(aq)+H_2O(l) \longrightarrow HCO_3^-(aq)+H_3O^+(aq)$
④ $CH_3NH_2(g)+H_2O(l) \longrightarrow CH_3NH_3^+(aq)+OH^-(aq)$
⑤ $HCOOH(l)+H_2O(l) \longrightarrow HCOO^-(aq)+H_3O^+(aq)$

04 그림 (가), (나)는 2가지 산 염기 반응을 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 NH_3는 브뢴스테드·로리 염기이다.
ㄴ. (나)에서 HCl는 브뢴스테드·로리 산이다.
ㄷ. H_2O은 (가)와 (나)에서 모두 브뢴스테드·로리 염기이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 3가지 산 염기 반응의 화학 반응식이다.

(가) $H_2CO_3(aq)+H_2O(l) \longrightarrow HCO_3^-(aq)+H_3O^+(aq)$
(나) $HS^-(aq)+H_2O(l) \longrightarrow H_2S(g)+$ ㉠(aq)
(다) $(CH_3)_3N(g)+H_2O(l) \longrightarrow (CH_3)_3NH^+(aq)+$ ㉠(aq)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 OH^-이다.
ㄴ. (나)에서 HS^-은 브뢴스테드·로리 염기이다.
ㄷ. (가)~(다)에서 H_2O은 모두 브뢴스테드·로리 염기이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 3가지 산 염기 반응의 화학 반응식이다.

(가) $HNO_3(l)+H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq)+NO_3^-(aq)$
(나) $HCO_3^-(aq)+H_2O(l) \longrightarrow H_2CO_3(aq)+OH^-(aq)$
(다) $HSO_4^-(aq)+H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq)+SO_4^{2-}(aq)$

브뢴스테드·로리 염기로 작용한 물질을 옳게 짝 지은 것은?

	(가)	(나)	(나)
①	HNO_3	HCO_3^-	HSO_4^-
②	HNO_3	H_2O	H_2O
③	HNO_3	H_2O	HSO_4^-
④	H_2O	HCO_3^-	H_2O
⑤	H_2O	H_2O	HSO_4^-

07 다음은 3가지 산 염기 반응의 화학 반응식이다.

(가) $HCl(aq)+X(aq) \longrightarrow NaCl(aq)+H_2O(l)$
(나) $NH_3(g)+H_2O(l) \longrightarrow NH_4^+(aq)+OH^-(aq)$
(다) $NH_3(g)+HCl(g) \longrightarrow NH_4Cl(s)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. X는 아레니우스 염기이다.
ㄴ. (나)에서 H_2O은 브뢴스테드·로리 산이다.
ㄷ. (나)와 (다)에서 NH_3는 모두 브뢴스테드·로리 염기이다.

서술형
08 다음은 인산이수소 이온($H_2PO_4^-$)과 관련된 반응의 화학 반응식을 나타낸 것이다.

• $H_2PO_4^-(aq)+H_2O(l) \longrightarrow HPO_4^{2-}(aq)+H_3O^+(aq)$
• $H_2PO_4^-(aq)+H_2O(l) \longrightarrow H_3PO_4(aq)+OH^-(aq)$

이 반응에서 양쪽성 물질로 작용한 물질을 있는 대로 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

중요
09 다음은 2가지 산 염기 반응의 화학 반응식이다.

(가) $HCN(l)+H_2O(l) \longrightarrow CN^-(aq)+H_3O^+(aq)$
(나) $CO_3^{2-}(aq)+H_2O(l) \longrightarrow HCO_3^-(aq)+OH^-(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 HCN는 수소 이온(H^+)을 내놓는다.
ㄴ. (나)에서 CO_3^{2-}은 브뢴스테드·로리 산이다.
ㄷ. H_2O은 양쪽성 물질이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 물의 자동 이온화와 pH

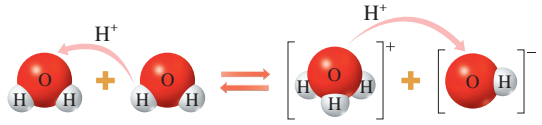
중요
10 25 °C에서 물의 자동 이온화와 pH에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 25 °C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

① 순수한 물에서 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 같다.
② 순수한 물에 황산을 넣은 수용액에서 $[H_3O^+]$는 $[OH^-]$보다 크다.
③ 수용액의 $[H_3O^+]$가 커질수록 pH는 커진다.
④ pH와 pOH의 합은 14이다.
⑤ pH가 7인 수용액의 액성은 중성이다.

11 25 °C에서 0.01 M 염산의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$로 가장 적절한 것은? (단, 25 °C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

	$[H_3O^+]$(M)	$[OH^-]$(M)
①	1×10^{-2}	1×10^{-2}
②	1×10^{-2}	1×10^{-12}
③	1×10^{-2}	1×10^{-14}
④	1×10^{-12}	1×10^{-2}
⑤	1×10^{-12}	1×10^{-12}

중요 **12** 그림은 25 °C의 순수한 물에서 물의 자동 이온화 반응 모형을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. 순수한 물에서 $[OH^-]$는 1×10^{-7} M이다.
ㄴ. 물의 자동 이온화 반응에서 생성물의 양(mol)은 반응물의 양(mol)보다 매우 크다.
ㄷ. 산성 용액에서 $[H_3O^+]$는 1×10^{-7} M보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **13** 표는 25 °C에서 A~C 수용액에 대한 자료이다.

수용액	A	B	C
$[H_3O^+]$(M)	1×10^{-8}		
$[OH^-]$(M)			1×10^{-8}
pH		3	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. A의 $[OH^-]$는 1×10^{-6} M이다.
ㄴ. B는 산성 용액이다.
ㄷ. A와 C의 pH는 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 25 °C에서 수산화 나트륨(NaOH) 20 g을 물에 녹여 5 L의 NaOH 수용액을 만들었을 때 NaOH 수용액의 pH를 구하시오. (단, NaOH의 화학식량은 40이며, 온도는 25 ℃로 일정하고, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

15 표는 25 °C에서 염산($HCl(aq)$)과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액에 대한 자료이다.

구분	수용액	부피(L)	pH
(가)	$HCl(aq)$	1	2
(나)	$NaOH(aq)$	2	12

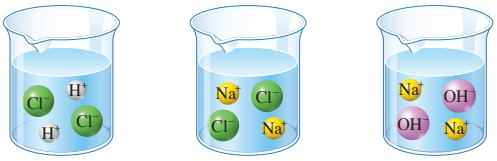
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. (가)의 액성은 염기성이다.
ㄴ. (나)에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 0.01 mol이다.
ㄷ. (가)의 $[H_3O^+]$와 (나)의 $[OH^-]$는 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 그림은 25 °C에서 3가지 물질을 각각 물에 녹인 수용액 (가)~(다)의 이온 모형을 나타낸 것이다.

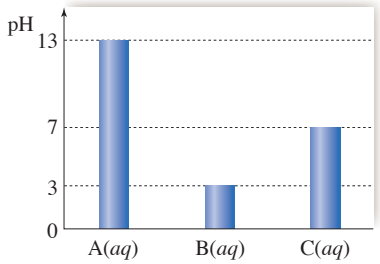


(가) (나) (다)

(가)~(다)의 pH로 가장 적절한 것은? (단, 1개의 이온은 0.1 mol에 해당하고, (가)~(다)의 부피는 각각 2 L이며, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

	(가)	(나)	(다)
①	1	7	1
②	1	7	13
③	2	7	2
④	2	7	12
⑤	2	12	12

17 그림은 25 ℃에서 A~C 수용액의 pH를 나타낸 것이다.



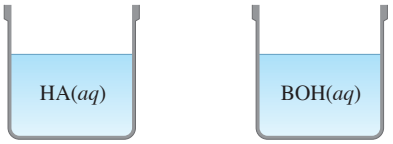
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. A 수용액에서 $[OH^-]>[H_3O^+]$이다.
ㄴ. B 수용액은 염기성 용액이다.
ㄷ. C 수용액에서 $[OH^-]$는 1×10^{-7} M이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 다음은 25 ℃에서 산 HA 수용액 (가)와 염기 BOH 수용액 (나)에 대한 자료이다.



- (가)의 $[OH^-]=1\times10^{-12}$ M이다.
- (나)의 pOH는 (가)의 pH의 2배이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. (가)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=1\times10^{10}$이다.
ㄴ. (나)의 pH=10이다.
ㄷ. $\frac{\text{(가)의 } [H_3O^+]}{\text{(나)의 } [H_3O^+]}=1\times10^{2}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **19** 표는 25 ℃에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	$[OH^-]$(M)	pH
(가)	1×10^{-2}	x
(나)	y	4

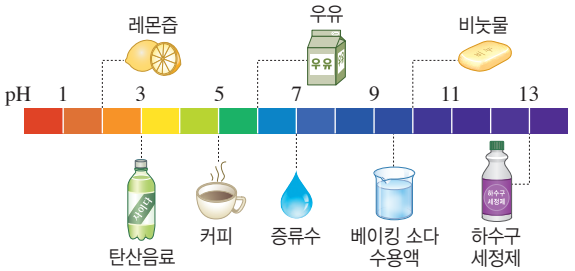
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. $x=2$이다.
ㄴ. $y=1\times10^{-10}$이다.
ㄷ. $\frac{\text{(가)의 } [H_3O^+]}{\text{(나)의 } [H_3O^+]}=1\times10^{-8}$이다.

① ㄴ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림은 25 ℃에서 여러 가지 물질의 pH를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

① 산성이 가장 강한 물질은 탄산음료이다.
② 우유의 $[H_3O^+]$는 1×10^{-7} M보다 크다.
③ 비눗물의 $[OH^-]$는 1×10^{-10} M이다.
④ 하수구 세정제의 $[H_3O^+]$는 베이킹 소다 수용액의 $[H_3O^+]$보다 크다.
⑤ 커피의 $[H_3O^+]$는 증류수의 $[H_3O^+]$의 10배이다.

실력 UP 문제

정답친해 125쪽

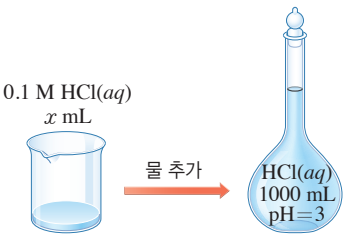
01 다음은 3가지 산 염기 반응의 화학 반응식이다.

- $NH_3(g)+$ ㉠ $(g) \longrightarrow NH_4Cl(s)$
- ㉡ $(l)+HBr(aq) \longrightarrow CH_3OH_2^+(aq)+Br^-(aq)$
- $(CH_3)_3N(g)+$ ㉢ $(aq) \longrightarrow (CH_3)_3NH^+(aq)+I^-(aq)$

㉠~㉢ 중 브뢴스테드·로리 산으로 작용한 물질만을 있는 대로 고른 것은?

① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

02 그림 (가)는 0.1 M 염산($HCl(aq)$) x mL를, (나)는 (가)에 물을 추가하여 만든 염산($HCl(aq)$) 1000 mL를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. $x=10$이다.
ㄴ. $[OH^-]$는 (나)에서가 (가)에서의 1000배이다.
ㄷ. (나)의 pOH−(가)의 pH=9이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 25 ℃에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
pH 또는 pOH	3	5	10
부피(mL)	200	500	400
수용액의 액성	산성	염기성	산성

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. (나)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=1\times10^{-5}$이다.
ㄴ. $\frac{\text{(가)의 } [H_3O^+]}{\text{(나)의 } [H_3O^+]}=1\times10^{6}$이다.
ㄷ. H_3O^+의 양(mol)은 (가)가 (다)의 5배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 25 ℃에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 염산($HCl(aq)$) 또는 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액 중 하나이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
pOH		13	
부피(mL)	100	200	100
$[H_3O^+]$(M)	1×10^{-12}		1×10^{-2}

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. (나)에서 H_3O^+의 양(mol)은 0.01 mol이다.
ㄴ. $\frac{\text{(가)의 pOH}}{\text{(다)의 pH}}=1$이다.
ㄷ. 용액 속 H_3O^+의 양(mol)은 (나)가 (다)의 10배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

3 산 염기 중화 반응

핵심 포인트
1. 중화 반응의 양적 관계 ★★★
2. 중화 적정 실험 ★★★
3. 중화 적정에서 이온 수 변화 ★★★

A 산 염기 중화 반응

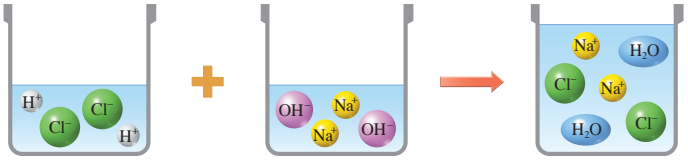
1. ◆산 염기 중화 반응

(1) **중화 반응**: 산과 염기가 반응하여 물과 염을 생성하는 반응

(2) **중화 반응 모형과 반응식**

염산(HCl(*aq*))과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 중화 반응

[중화 반응 모형]



HCl(*aq*) NaOH(*aq*) 혼합 용액

[화학 반응식]

$$\begin{array}{rcl} HCl(aq) & \longrightarrow & H^+(aq) + Cl^-(aq) \\ NaOH(aq) & \longrightarrow & Na^+(aq) + OH^-(aq) \\ \hline HCl(aq) + NaOH(aq) & \longrightarrow & H_2O(l) + NaCl(aq) \end{array}$$

산 염기 물 염

• NaCl과 같이 물에 녹는 염은 물속에서 이온 상태로 존재한다.

(3) **알짜 이온 반응식**: 실제 반응에 참여한 이온만으로 나타낸 화학 반응식

① 중화 반응의 알짜 이온 반응식: 중화 반응에 참여한 이온은 H^+과 OH^-이므로 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 다음과 같다. ➡ 반응하는 산과 염기의 종류에 관계없이 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 같다.

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

② 구경꾼 이온: 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온

예 염산(HCl(*aq*))과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 중화 반응 ➡ 구경꾼 이온: Na^+, Cl^-

(4) **염**: 중화 반응에서 산의 음이온과 염기의 양이온이 만나 생성된 물질 ➡ 산과 염기의 종류에 따라 염의 종류가 달라진다.

$$\begin{array}{rcl} HCl(aq) + NaOH(aq) & \longrightarrow & H_2O(l) + NaCl(aq) \\ HNO_3(aq) + KOH(aq) & \longrightarrow & H_2O(l) + KNO_3(aq) \end{array}$$

산 염기 물 염

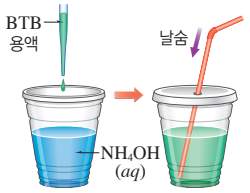
• 산과 염기를 중화한 용액을 가열하여 증발시키면 염이 남는다.

(5) **중화 반응의 이용**

① 위액(산)이 지나치게 분비되어 속이 쓰릴 때 ◆제산제(염기)를 먹는다.
② 생선 비린내(염기)를 없애기 위해 레몬즙(산)을 뿌린다.
③ 벌레(산: 벌레의 독)에 물렸을 때 염기성 물질을 바른다.
④ 김치찌개에 소다(염기)를 넣어 신맛(산성)을 줄인다.
⑤ 산성화된 토양(산성)에 석회석(염기)을 뿌린다.

천재 교과서에만 나와요.

◆ **산과 염기의 반응**
암모니아수(NH_4OH)에 BTB 용액을 떨어뜨리고 날숨을 불어 넣으면 날숨 속에 들어 있는 이산화 탄소(CO_2)가 물에 녹아 탄산(H_2CO_3)이 만들어지고, 염기성 물질인 NH_4OH와 산성 물질인 H_2CO_3이 중화 반응하여 산과 염기의 성질이 사라진다. 따라서 BTB 용액의 색이 염기성에서 띠는 색인 파란색에서 중성에서 띠는 색인 초록색으로 변한다.



◆ **중화 반응에서 하이드로늄 이온(H_3O^+)의 표현**
중화 반응에서는 H_3O^+을 간단히 H^+으로 나타낸다.

◆ **제산제의 성분**
제산제에는 수산화 마그네슘($Mg(OH)_2$), 수산화 알루미늄($Al(OH)_3$), 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$) 등의 염기성 물질이 들어 있다.

2. 중화 반응의 양적 관계

완자쌤 비법 특강 260쪽 262~263쪽 대표 자료 ❶, ❷

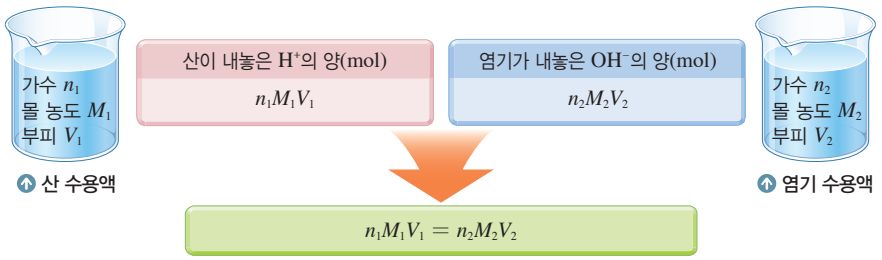
(1) 중화 반응에서 산의 H^+과 염기의 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응한다.

(2) 중화 반응의 양적 관계

① 산이 내놓은 H^+의 양(mol)과 염기가 내놓은 OH^-의 양(mol)

산이 내놓은 H^+의 양(mol)	산의 ◆가수를 n_1, 몰 농도를 M_1이라고 하면 부피가 V_1인 산 수용액에서 산이 내놓은 H^+의 양(mol)은 $n_1M_1V_1$이다.
염기가 내놓은 OH^-의 양(mol)	염기의 가수를 n_2, 몰 농도를 M_2라고 하면 부피가 V_2인 염기 수용액에서 염기가 내놓은 OH^-의 양(mol)은 $n_2M_2V_2$이다.

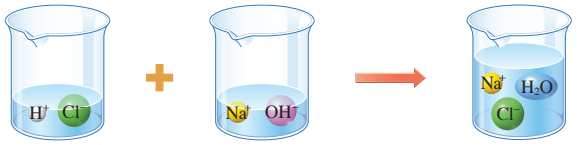
② 산 수용액과 염기 수용액을 혼합할 때 산과 염기가 완전히 중화되는 조건: 산과 염기가 완전히 중화되려면 산이 내놓은 H^+의 양(mol)과 염기가 내놓은 OH^-의 양(mol)이 같아야 한다.



중화 반응의 양적 관계 계산

❶ 0.1 M 염산(HCl(*aq*)) 100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 부피를 구하시오.

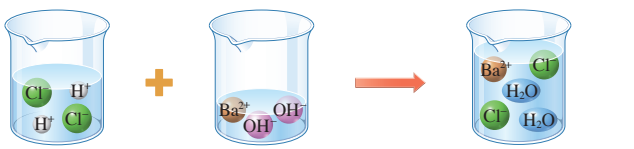
➡ 0.1 M HCl(*aq*) 100 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.1 M × 0.1 L = 0.01 mol이므로 OH^- 0.01 mol을 넣어야 완전히 중화된다. 따라서 0.1 M NaOH 수용액 100 mL가 필요하다.



$HCl(aq)$	+	$NaOH(aq)$	⟶	$H_2O(l) + NaCl(aq)$	
0.1 M		0.1 M			⬅ 몰 농도
100 mL		100 mL			⬅ 부피
H^+ 0.01 mol		OH^- 0.01 mol			⬅ H^+이나 OH^-의 양(mol)

❷ 농도를 모르는 수산화 바륨($Ba(OH)_2$) 수용액 100 mL를 완전히 중화하는 데 0.1 M 염산(HCl(*aq*)) 200 mL가 사용되었을 때 $Ba(OH)_2$ 수용액의 몰 농도를 구하시오.

➡ 0.1 M HCl(*aq*) 200 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.1 M × 0.2 L = 0.02 mol이므로 OH^- 0.02 mol을 넣어야 완전히 중화된다. 따라서 100 mL를 사용한 수산화 바륨($Ba(OH)_2$) 수용액의 몰 농도는 0.1 M이다.



$2HCl(aq)$	+	$Ba(OH)_2(aq)$	⟶	$2H_2O(l) + BaCl_2(aq)$	
0.1 M		0.1 M			⬅ 몰 농도
200 mL		100 mL			⬅ 부피
H^+ 0.02 mol		OH^- 2 × 0.01 mol = OH^- 0.02 mol			⬅ H^+이나 OH^-의 양(mol)

◆ **가수**
산이나 염기 1 mol이 내놓을 수 있는 H^+이나 OH^-의 양(mol)

가수	산	염기
1가	HCl, CH_3COOH	NaOH, KOH
2가	H_2SO_4, H_2CO_3	$Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$
3가	H_3PO_4	$Al(OH)_3$

용액 속 용질의 양(mol)은 '용액의 몰 농도(mol/L) × 용액의 부피(L)'로 구할 수 있어요.

암기해!
중화 반응의 양적 관계
$n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$
(n: 가수, M: 몰 농도, V: 부피)

◆ **혼합 용액의 액성**
혼합하는 산과 염기의 수용액에 들어 있는 H^+과 OH^-의 양(mol)에 따라 혼합 용액의 액성이 달라진다.
- H^+의 양(mol) = OH^-의 양(mol): 중화 반응이 완전히 일어나므로 용액의 액성은 중성이다.
- H^+의 양(mol) > OH^-의 양(mol): 반응 후 H^+이 남아 있으므로 용액의 액성은 산성이다.
- H^+의 양(mol) < OH^-의 양(mol): 반응 후 OH^-이 남아 있으므로 용액의 액성은 염기성이다.

B 중화 적정

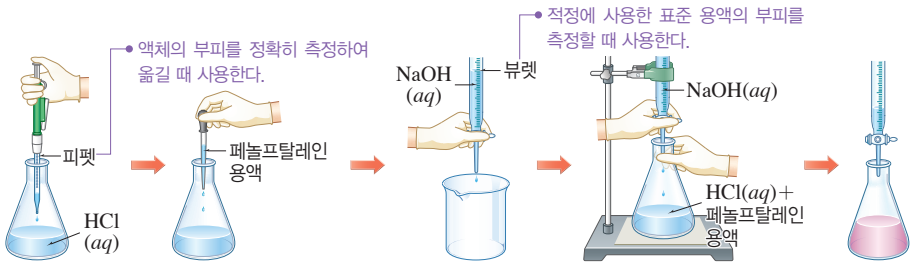
1. 중화 적정 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 알아내는 방법

(1) **표준 용액**: 중화 적정에서 농도를 알고 있는 산 수용액이나 염기 수용액

(2) **중화점**: 중화 적정에서 산의 H^+의 양(mol)과 염기의 OH^-의 양(mol)이 같아져 산과 염기가 완전히 중화되는 지점

(3) **중화 적정 방법** 263쪽 대표 자료 ❸

농도를 모르는 염산(HCl(*aq*))을 수산화 나트륨(NaOH) 표준 용액으로 중화 적정하기



❶ 농도를 모르는 HCl(*aq*)을 피펫을 이용하여 일정량을 정확하게 취한 다음 삼각 플라스크에 넣는다.

❷ HCl(*aq*)에 지시약인 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨린다.

❸ 뷰렛에 표준 용액인 NaOH 수용액을 넣고, NaOH 수용액을 조금 흘려 뷰렛의 꼭지 아랫부분에도 용액이 채워지도록 한 다음 뷰렛의 눈금을 읽어 NaOH 수용액의 처음 부피를 측정한다.

❹ HCl(*aq*)이 들어 있는 삼각 플라스크에 NaOH 수용액을 천천히 떨어뜨린다. 이때 삼각 플라스크를 천천히 흔들어 준다.

❺ 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 잠그고, NaOH 수용액의 나중 부피를 측정한 다음 $n_1M_1V_1=n_2M_2V_2$를 이용하여 HCl(*aq*)의 농도를 계산한다.

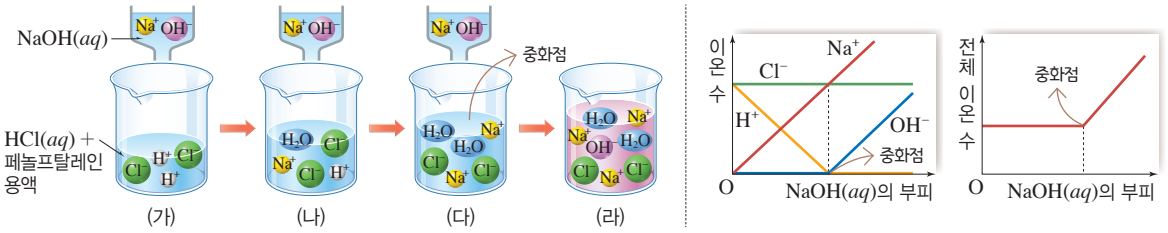
◆ **중화점의 확인**
중화점을 확인하는 대표적인 방법은 지시약의 색 변화를 관찰하는 것이다. 지시약은 종류에 따라 색이 변하는 pH 범위가 다르므로 중화점 부근에서 색이 변하는 지시약을 사용해야 한다.

지시약	변색 범위(pH)
메틸 오렌지	3.1~4.4
BTB	6~7.6
페놀프탈레인	8~10

◆ **중화점과 종말점**
중화 적정 실험에서 중화점에 도달하였다고 판단하여 표준 용액의 첨가를 중지하는 지점을 종말점이라고 한다. 즉, 종말점은 지시약의 색 변화로 찾아낸 대략적인 중화점이므로 실제 중화점과 차이가 나 실험 오차가 발생한다.

2. 중화 적정 모형과 이온 수 변화

염산(HCl(*aq*))을 수산화 나트륨(NaOH) 수용액으로 중화 적정할 때의 반응 모형



구분	(가) 산성	(나) 산성	(다) 중성	(라) 염기성	이온 수 변화
H^+의 수	2	1	0	0	넣어 준 OH^-과 반응하여 점점 감소하다가 중화점 이후에는 존재하지 않는다.
Cl^-의 수	2	2	2	2	반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 이온 수가 일정하다.
Na^+의 수	0	1	2	3	반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 넣어 준 만큼 증가한다.
OH^-의 수	0	0	0	1	넣어 준 만큼 H^+과 반응하므로 존재하지 않다가 중화점 이후부터 증가한다.
전체 이온 수	4	4	4	6	중화점까지는 일정하다가 중화점 이후부터 증가한다.

탐구 자료창 식초 속 아세트산(CH_3COOH)의 함량 알아내기

과정 >

❶ 500 mL 식초 1병에서 식초 10 mL를 피펫으로 취하여 100 mL 부피 플라스크에 넣고 증류수를 표시선까지 넣어 식초를 $\frac{1}{10}$로 묽힌다.

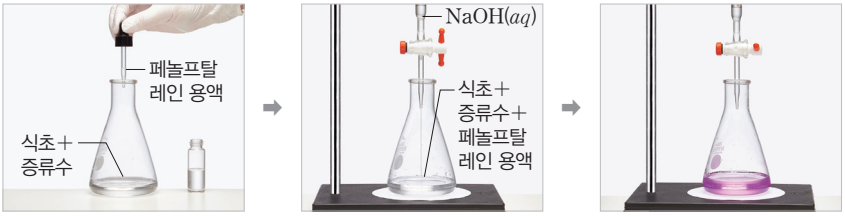
❷ $\frac{1}{10}$로 묽힌 식초 20 mL를 피펫으로 취하여 삼각 플라스크에 넣고, 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨린다.

❸ ◆0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 뷰렛에 넣고 처음 부피를 측정한다.

❹ 뷰렛의 꼭지를 열어 $\frac{1}{10}$로 묽힌 식초가 담긴 삼각 플라스크에 NaOH 수용액을 조금씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 천천히 흔들어 준다.

❺ 삼각 플라스크 속 용액의 색이 전체적으로 붉은색으로 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 잠그고, 뷰렛에 남아 있는 NaOH 수용액의 부피를 측정한다.

❻ 과정 ❶~❺를 2번 더 반복하여 적정에 사용된 NaOH 수용액 부피의 평균값을 구한다.



◆ **0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 표준 용액 만들기**
① NaOH(화학식량 40) 4 g을 비커에 넣고 증류수를 넣어 녹인다.
② 녹인 용액을 1 L 부피 플라스크에 넣고 부피 플라스크의 표시선까지 증류수를 넣은 후 잘 흔들어 준다.
일정 몰 농도의 용액을 만들 때 사용한다.

결과 > 적정에 사용된 NaOH 수용액 부피의 평균값: 20 mL

해석 >

1. **실험의 전제**: 식초에 산은 CH_3COOH만 있다고 가정한다.
2. **화학 반응식**: $CH_3COOH(aq)+NaOH(aq) \longrightarrow H_2O(l)+CH_3COONa(aq)$
3. **식초 속 CH_3COOH의 몰 농도(M)**: $\frac{1}{10}$로 묽힌 식초 속 CH_3COOH의 몰 농도를 x M이라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.
   $n_1M_1V_1=n_2M_2V_2$에서 $1\times x\ \text{M}\times 20\ \text{mL}=1\times 0.1\ \text{M}\times 20\ \text{mL}$이므로 $x=0.1$이다. 식초를 $\frac{1}{10}$로 묽혔으므로 10을 곱해 준다. 따라서 묽히기 전 식초 속 CH_3COOH의 몰 농도는 1 M이다.
4. **식초 500 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 양(mol)**: 식초 속 CH_3COOH의 몰 농도는 1 M이므로 식초 500 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 양(mol)은 다음과 같다.
   $1\ \text{mol/L}\times\frac{500\ \text{mL}}{1000\ \text{mL/L}}=0.5\ \text{mol}$
5. **식초 속 CH_3COOH의 함량(%)**
   - 식초 500 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 질량(g): CH_3COOH의 분자량이 60이므로 식초 500 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 질량은 $0.5\ \text{mol}\times 60\ \text{g/mol}=30\ \text{g}$이다.
   - 식초 500 mL의 질량(g): 식초의 밀도를 1 g/mL라고 가정하면 식초 500 mL의 질량은 $500\ \text{mL}\times 1\ \text{g/mL}=500\ \text{g}$이다.
   - 식초 속 CH_3COOH의 함량(%): $\frac{CH_3COOH\text{의 질량}}{\text{식초의 질량}}\times 100=\frac{30\ \text{g}}{500\ \text{g}}\times 100=6\ \%$

확인 문제 1 식초 5 mL가 완전히 중화될 때까지 넣어 준 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 부피는 45 mL이다. 식초 속 아세트산(CH_3COOH)의 몰 농도(M)를 구하시오. (단, 식초에 산은 CH_3COOH만 있다고 가정한다.)

확인문제 답
1 0.9 M
[풀이] $1\times x\times 5\ \text{mL}=1\times 0.1\ \text{M}\times 45\ \text{mL}$, $x=0.9\ \text{M}$

완자쌤 비법 특강

중화 반응에서의 양적 관계

중화 반응에서 산이 내놓은 H^+과 염기가 내놓은 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응해요. 그런데 반응하는 산의 가수와 염기의 가수에 따라 용액 속 이온 수가 달라지므로 산과 염기의 가수를 고려해 주어야 해요. 산과 염기의 가수에 따른 중화 반응에서의 양적 관계 문제를 완자쌤과 함께 연습해 봅시다.

1 1가 산과 1가 염기의 중화 반응에서의 양적 관계 해석

예제 표는 염산(HCl(aq)) 10 mL가 들어 있는 수용액 (가)에 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 x mL를 넣어 수용액 (나)를 만들고, 수용액 (나)에 HCl(aq) y mL를 넣어 수용액 (다)를 만들 때 수용액 (가)~(다) 속 음이온의 몰 농도(M)를 나타낸 것이다.

수용액		(가)	(나)	(다)
음이온의 몰 농도(M)	A 이온	0.4	0.2	0.3
	B 이온	0	0.4	0

- 중화 반응에서 산의 음이온과 염기의 양이온은 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 반응 전후 그 양(mol)이 변하지 않는다.
- 용액 속 용질의 양은 용액의 몰 농도와 부피의 곱에 비례한다.

❶ A 이온과 B 이온의 종류 찾기

- HCl(aq)과 NaOH 수용액을 혼합한 용액 (나), (다)에 들어 있을 수 있는 음이온은 Cl^-과 OH^-이다.
- Cl^-은 구경꾼 이온이므로 (가)~(다)에 모두 존재한다. ➡ A 이온은 구경꾼 이온인 Cl^-이다.
- OH^-은 반응에 참여한 이온이므로 넣어 준 산 수용액 속 H^+의 양만큼 감소한다. ➡ B 이온은 OH^-이다.

[다른 풀이] HCl(aq)만 들어 있는 (가)에 있는 A 이온은 Cl^-이고, (다)에서 몰 농도가 0이 될 수 있는 B 이온은 OH^-이다.

❷ x와 y 값

[다른 풀이] A 이온의 몰 농도는 (가)가 (나)의 2배이다. ➡ 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 2배이므로 $x=10$이다.

- Cl^-의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같다. ➡ $0.4\ M\times10\times10^{-3}\ L=0.2\ M\times(10+x)\times10^{-3}\ L$이므로 $x=10$이다.
- (가)에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)과 (나)에 넣어 준 HCl(aq) y mL에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)의 합은 (다)에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)과 같다. ➡ $0.4\ M\times10\times10^{-3}\ L+0.4\ M\times y\times10^{-3}\ L=0.3\ M\times(10+x+y)\times10^{-3}\ L$이므로 $y=20$이다.

2 2가 산과 1가 염기의 중화 반응에서의 양적 관계 해석

예제 표는 2 M BOH 수용액 10 mL에 x M H_2A 수용액의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다. H_2A와 BOH는 수용액에서 완전히 이온화하고, A^{2-}, B^+은 반응에 참여하지 않는다.)

혼합 용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 용액의 부피(mL)	2 M BOH(aq)	10	10	10
	x M H_2A(aq)	V	$3V$	$5V$
모든 이온의 수		$7n$	$9n$	
모든 이온의 몰 농도(M) 합			$\frac{9}{5}$	$\frac{15}{7}$

- 일정량의 1가 염기 수용액에 2가 산 수용액을 첨가할 때 중화점까지는 이온 수가 감소하고, 중화점 이후 이온 수가 증가하며, 중화점에서 모든 이온의 몰 농도(M) 합은 최솟값을 갖는다.
- 일정량의 1가 염기 수용액에 2가 산 수용액을 첨가할 때 중화점에서 모든 이온의 수는 혼합 전 산 수용액 속 모든 이온의 수와 같다. 따라서 산성인 혼합 용액 속 모든 이온의 수는 혼합 전 산 수용액 속 모든 이온의 수와 같으므로 혼합 전 산 수용액의 부피에 비례한다.

❶ 용액 (나)와 (다)의 액성 찾기

일정량의 1가 염기 BOH 수용액에 2가 산 H_2A 수용액을 첨가할 때 넣어 준 H^+ 수만큼 용액 속 OH^- 수가 감소하고, 감소한 OH^- 수의 절반만큼의 A^{2-}이 추가된다. 따라서 중화점까지 용액 속 모든 이온의 수는 감소하고, 용액의 부피는 증가하므로 모든 이온의 몰 농도(M) 합은 중화점에서 최솟값을 가지며, 중화점 이후에는 넣어 준 H_2A 수용액에 의해 모든 이온의 수가 증가한다. ➡ (나)는 (가)보다 모든 이온의 수가 크므로 (나)는 중화점을 지난 산성 용액이고, (나)에 산 수용액인 H_2A 수용액을 더 넣어 준 (다)도 산성 용액이다.

❷ 용액 (나)와 (다)의 액성이 같은 것을 이용하여 V 구하기

- 산성인 혼합 용액 속 모든 이온의 수는 혼합 전 산 수용액의 부피에 비례한다. ➡ 산인 H_2A 수용액의 부피는 (다)에서가 (나)에서의 $\frac{5}{3}$배이므로 모든 이온의 수는 (다)에서가 (나)에서의 $\frac{5}{3}$배이다. 따라서 (다)에서 모든 이온의 수는 $9n\times\frac{5}{3}=15n$이다.
- 모든 이온의 몰 농도(M) 합의 비는 $\frac{\text{모든 이온의 수}}{\text{용액의 부피}}$ 값의 비와 같다. ➡ (나) : (다)$=\frac{9n}{10+3V}:\frac{15n}{10+5V}=\frac{9}{5}:\frac{15}{7}$이므로 $V=5$이다.

정답친해 126쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 산과 염기가 반응하여 물과 염을 생성하는 반응
- 중화 반응의 (❷): $H^+(aq)+OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$
- (❸): 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온
- (❹): 중화 반응에서 산의 음이온과 염기의 양이온이 만나 생성된 물질
- 중화 반응의 양적 관계: 산과 염기가 완전히 중화되려면 산이 내놓은 (❺)의 양(mol)과 염기가 내놓은 (❻)의 양(mol)이 같아야 한다.
  ➡ $n_1M_1V_1=n_2M_2V_2$ (n_1, n_2: 산과 염기의 가수, M_1, M_2: 산과 염기의 몰 농도, V_1, V_2: 산과 염기의 부피)
- (❼): 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 알아내는 방법
- (❽): 중화 적정에서 농도를 알고 있는 산 수용액이나 염기 수용액
- (❾): 중화 적정에서 산의 H^+의 양(mol)과 염기의 OH^-의 양(mol)이 같아져 산과 염기가 완전히 중화되는 지점

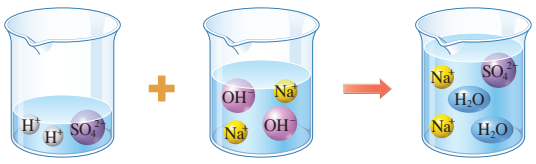
1 중화 반응과 중화 적정에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 반응하는 산과 염기의 종류에 관계없이 생성되는 염의 종류는 같다. ····· ( )
(2) H^+과 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응한다. ····· ( )
(3) 지시약의 색 변화로 중화점을 찾을 수 있다. ··· ( )

2 ( ) 안에 공통으로 들어가는 물질의 화학식을 쓰시오.

- $HCl(aq)+NaOH(aq) \longrightarrow$ ( )$(l)+NaCl(aq)$
- $HNO_3(aq)+KOH(aq) \longrightarrow$ ( )$(l)+KNO_3(aq)$

3 그림은 황산($H_2SO_4(aq)$)과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 반응을 입자 모형으로 나타낸 것이다.

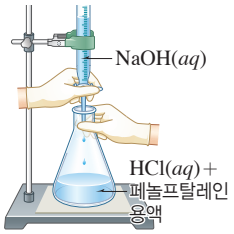


$H_2SO_4(aq)$ NaOH(aq) 혼합 용액

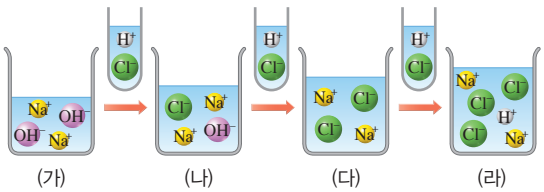
(1) 알짜 이온 반응식을 쓰시오.
(2) 구경꾼 이온을 있는 대로 쓰시오.

4 0.1 M 염산(HCl(*aq*)) 100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.2 M 수산화 칼슘($Ca(OH)_2$) 수용액의 최소 부피(mL)를 구하시오.

5 그림과 같이 농도를 모르는 염산(HCl(*aq*)) 20 mL에 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨리고, 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 조금씩 넣었더니 HCl(*aq*)을 완전히 중화하는 데 NaOH 수용액 10 mL가 사용되었다. HCl(*aq*)의 몰 농도(M)를 구하시오.



6 그림은 일정량의 수산화 나트륨(NaOH) 수용액에 농도가 같은 염산(HCl(*aq*))을 가할 때 용액에 존재하는 이온을 모형으로 나타낸 것이다.



(1) (가)~(라)에서 용액의 액성을 각각 쓰시오.
(2) (가)~(라) 중 중화 반응이 완결된 용액을 쓰시오.
(3) BTB 용액을 떨어뜨렸을 때 (가)~(라)에서 나타나는 색을 각각 쓰시오.

대표 자료 분석

자료 ❶ 중화 반응의 양적 관계

기출 Point
- 중화 반응에서 양이온 수와 음이온 수 변화
- 중화 반응에서 혼합 용액 속 모든 이온의 몰 농도의 합

[1~7] 다음은 중화 반응에 대한 실험이다. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

[자료]

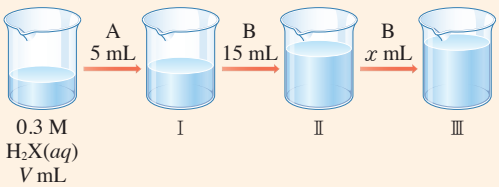
- 수용액 A와 B는 각각 0.4 M YOH 수용액과 a M $Z(OH)_2$ 수용액 중 하나이고, 수용액에서 H_2X는 H^+과 X^{2-}으로, YOH는 Y^+과 OH^-으로, $Z(OH)_2$는 Z^{2+}과 OH^-으로 모두 이온화한다.

[실험 과정]

(가) 0.3 M H_2X 수용액 V mL가 담긴 비커에 수용액 A 5 mL를 첨가하여 혼합 용액 Ⅰ을 만든다.

(나) Ⅰ에 수용액 B 15 mL를 첨가하여 혼합 용액 Ⅱ를 만든다.

(다) Ⅱ에 수용액 B x mL를 첨가하여 혼합 용액 Ⅲ을 만든다.



[실험 결과]

- Ⅲ은 중성이다.
- Ⅰ과 Ⅱ에 대한 자료

혼합 용액	Ⅰ	Ⅱ
혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도의 합(상댓값)	8	5
혼합 용액에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5}$

1 0.3 M H_2X 수용액 V mL에 들어 있는 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$를 구하시오.

2 0.3 M H_2X 수용액 V mL에 YOH 수용액을 중화점까지 일정량 첨가할 때 혼합 용액 속 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$를 $\frac{1}{2}$과 비교하시오.

3 수용액 A와 B를 각각 쓰시오.

4 혼합 용액 Ⅰ과 Ⅱ의 액성을 각각 쓰시오.

5 혼합 용액 Ⅰ에 존재하는 양이온과 음이온의 화학식을 있는 대로 쓰시오.

6 혼합 용액 Ⅰ에 존재하는 양이온과 음이온의 양(mol)을 각각 구하시오. (단, H_2X 수용액의 부피는 V, $Z(OH)_2$ 수용액의 몰 농도는 a를 이용하여 나타낸다.)

7 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) $V=50$이다. ····· (○ / ×)

(2) $a=0.4$이다. ····· (○ / ×)

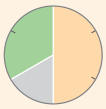
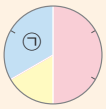
(3) 혼합 용액 Ⅱ에 존재하는 H^+의 양(mol)은 2×10^{-3} mol이다. ····· (○ / ×)

(4) $x=4$이다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 중화 반응의 양적 관계

기출 Point
- 중화 반응에서 양이온 수와 음이온 수 변화
- 중화 반응에서 혼합 용액 속 모든 이온의 몰 농도비

[1~4] 표는 0.2 M H_2A 수용액 x mL와 y M NaOH 수용액의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 혼합 전과 후의 온도 변화는 없다. 수용액에서 H_2A는 H^+과 A^{2-}으로 모두 이온화하고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

용액	(가)	(나)	(다)
$H_2A(aq)$의 부피(mL)	x	x	x
NaOH(aq)의 부피(mL)	20	30	60
pH		1	
용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도(M)비			

1 (가)와 (나)의 액성을 각각 쓰시오.

2 (가)에 존재하는 이온의 화학식을 있는 대로 쓰시오.

3 (가)에서 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온의 화학식을 쓰시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)에는 OH^-이 존재한다. ····· (○ / ×)
(2) ㉠은 Na^+이다. ····· (○ / ×)
(3) (다)에서 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온은 Na^+이다. ····· (○ / ×)
(4) $x=20$, $y=0.1$이다. ····· (○ / ×)

자료 ❸ 중화 적정 실험

기출 Point
- 중화 적정에 사용되는 실험 기구
- 중화 적정 실험으로 산 또는 염기 수용액의 몰 농도 구하기

[1~4] 다음은 아세트산(CH_3COOH) 수용액의 몰 농도를 알아보기 위한 중화 적정 실험이다.

[실험 과정]
(가) 농도(x)를 모르는 CH_3COOH 수용액 10 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액을 만든다.
(나) (가)에서 만든 수용액 ㉠ mL를 삼각 플라스크에 넣고 페놀프탈레인 용액을 몇 방울 떨어뜨린다.
(다) 그림과 같이 ㉡에 들어 있는 0.2 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 (나)의 삼각 플라스크에 한 방울씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 흔들어 준다.



(라) (다)의 삼각 플라스크 속 수용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 적정을 멈추고, 적정에 사용된 NaOH 수용액의 부피(V)를 측정한다.

[실험 결과]
• V: 10 mL • x: 1.0 M

1 (가)에서 만든 CH_3COOH 수용액의 몰 농도를 구하시오.

2 ㉠을 구하시오.

3 실험 기구 ㉡의 이름을 쓰시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 과정 (가)에서 수용액 10 mL를 취할 때 사용하는 기구는 피펫이다. ····· (○ / ×)
(2) 중화 반응에 사용된 NaOH의 양(mol)은 2×10^{-2} mol이다. ····· (○ / ×)
(3) 과정 (라)에서 생성된 물(H_2O)의 양(mol)은 2×10^{-3} mol이다. ····· (○ / ×)

내신 만점 문제

A 산 염기 중화 반응

01 중화 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

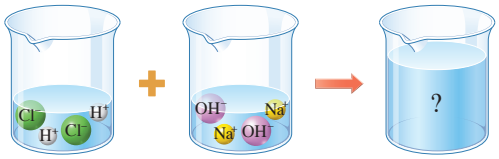
보기
ㄱ. 산과 염기가 만나 물과 염을 생성하는 반응이다.
ㄴ. 염은 산의 양이온과 염기의 음이온이 결합한 물질이다.
ㄷ. 염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응에서 구경꾼 이온은 Na^+과 Cl^-이다.

02 중화 반응이 실생활에 이용되는 예로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 바다에 녹조가 생겼을 때 황토를 뿌린다.
ㄴ. 생선 비린내를 없애기 위해 레몬즙을 뿌린다.
ㄷ. 위액이 많이 분비되어 속이 쓰릴 때 제산제를 먹는다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 염산($HCl(aq)$) 100 mL와 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 100 mL를 혼합하는 과정을 이온 모형으로 나타낸 것이다.



$HCl(aq)$ $NaOH(aq)$ 혼합 용액

혼합 용액에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 입자 1개는 0.1 mol에 해당하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

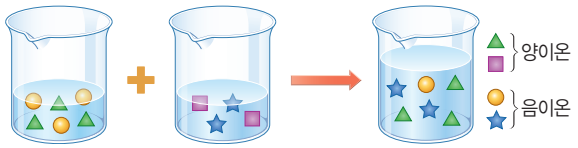
보기
ㄱ. 용액의 액성은 중성이다.
ㄴ. 생성된 물의 양(mol)은 0.2 mol이다.
ㄷ. Na^+의 몰 농도는 0.2 M이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 0.1 M 황산($H_2SO_4(aq)$) 100 mL와 0.2 M 염산($HCl(aq)$) 400 mL를 혼합한 수용액을 완전히 중화하는 데 필요한 0.5 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 최소 부피(mL)는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

① 100 mL ② 200 mL ③ 300 mL
④ 400 mL ⑤ 500 mL

중요 **05** 그림은 수용액 (가) V mL와 (나) V mL의 중화 반응을 이온 모형으로 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 염산($HCl(aq)$)과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 중 하나이다.

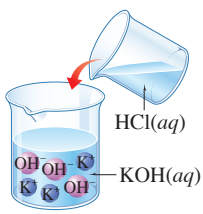


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. ▲은 H^+이다.
ㄴ. (다)의 액성은 염기성이다.
ㄷ. 몰 농도는 $HCl(aq)$ > NaOH 수용액이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 **06** 그림과 같이 0.1 M 수산화 칼륨(KOH) 수용액 30 mL에 0.1 M 염산($HCl(aq)$) 10 mL를 넣었다.
혼합 용액에 들어 있는 이온의 종류와 이온 수비를 그 까닭과 함께 서술하시오.



중요 **07** 표는 몰 농도(M)가 같은 염산($HCl(aq)$)과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 서로 다른 부피로 혼합한 용액 (가)~(라)에 대한 자료이다.

혼합 용액	(가)	(나)	(다)	(라)
$HCl(aq)$(mL)	5	10	15	20
$NaOH(aq)$(mL)	25	20	15	10

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. pH가 가장 작은 용액은 (가)이다.
ㄴ. 생성되는 물 분자 수는 (나)와 (라)가 같다.
ㄷ. 전체 이온 수가 가장 작은 용액은 (다)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 25 °C에서 질산($HNO_3(aq)$)과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 서로 다른 부피로 혼합한 용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		pH
	$HNO_3(aq)$	$NaOH(aq)$	
(가)	10	50	㉠
(나)	20	40	7
(다)	30	30	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. ㉠ > ㉡이다.
ㄴ. $HNO_3(aq)$과 NaOH 수용액의 단위 부피당 음이온 수비는 2 : 1이다.
ㄷ. (다)에서 Na^+ 수와 NO_3^- 수는 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **09** 표는 H_2A 수용액과 BOH 수용액의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. 수용액에서 H_2A는 H^+과 A^{2-}으로, BOH는 B^+과 OH^-으로 모두 이온화한다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		액성
	$H_2A(aq)$	$BOH(aq)$	
(가)	5	25	㉠
(나)	10	20	중성
(다)	20	10	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

ㄱ. ㉠은 염기성이다.
ㄴ. 같은 부피 속 전체 이온의 양(mol)은 $H_2A(aq)$이 $BOH(aq)$의 2배이다.
ㄷ. 용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도(M)의 합은 (다)가 (나)의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 표는 x M 염산($HCl(aq)$)과 y M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		용액에서 몰 농도가 가장 큰 이온의 양 ($\times10^{-3}$ mol)
	$HCl(aq)$	$NaOH(aq)$	
(가)	10	20	2
(나)	20	20	3

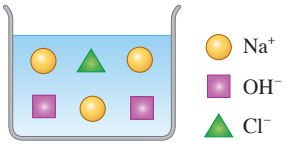
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

보기

ㄱ. (가)에서 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온은 Na^+이다.
ㄴ. $\frac{x}{y}=\frac{3}{2}$이다.
ㄷ. (가)와 (나)의 혼합 용액은 중성이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **11** 그림은 0.1 M 염산(HCl(*aq*)) 5 mL와 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 x mL를 혼합한 용액에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다.

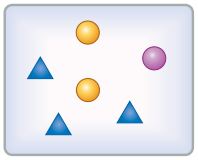


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. x는 15이다.
ㄴ. 혼합 용액에 페놀프탈레인 용액을 넣으면 붉게 변한다.
ㄷ. 혼합 용액에 0.1 M HCl(*aq*) 10 mL를 넣으면 완전히 중화된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 0.1 M 염산(HCl(*aq*)) 20 mL와 0.3 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 10 mL를 혼합한 용액에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 이 용액의 액성은 염기성이다.
ㄴ. ●은 Cl^-이다.
ㄷ. 생성된 물의 양(mol)은 0.001 mol이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 중화 적정

[13~14] 다음은 중화 적정 실험을 나타낸 것이다. 이때 실험 과정을 순서 없이 나타내었다.

[과정]
(가) 농도를 모르는 황산(H_2SO_4(*aq*)) 10 mL를 피펫으로 정확히 취해 삼각 플라스크에 넣고, 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨린다.
(나) 삼각 플라스크 속 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 잠그고 적정에 사용된 NaOH 수용액의 부피를 구한다.
(다) 뷰렛에 0.1 M NaOH 수용액을 넣고 스탠드에 고정한 다음 H_2SO_4(*aq*)이 들어 있는 삼각 플라스크에 NaOH 수용액을 조금씩 떨어뜨린다.
[결과]
적정에 사용된 NaOH 수용액의 부피는 20 mL이다.

중요 **13** 실험 과정 (가)~(다)를 순서대로 나열하시오.

14 H_2SO_4(*aq*)의 몰 농도(M)로 옳은 것은?

① 0.01 M ② 0.02 M ③ 0.1 M
④ 0.2 M ⑤ 1 M

15 그림은 중화 적정 실험에 사용되는 실험 기구 중 일부를 나타낸 것이다.

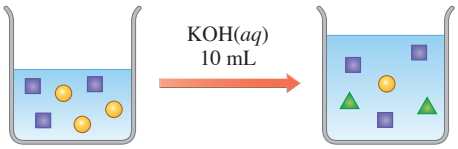


(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. (가)는 농도를 알고 있는 용액을 넣을 때 사용한다.
ㄴ. (나)는 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용한다.
ㄷ. (다)는 액체의 부피를 취해 옮길 때 사용한다.

중요 **16** 그림은 25 °C에서 염산(HCl(*aq*)) 15 mL에 수산화 칼륨(KOH) 수용액 10 mL를 넣었을 때 혼합 전후 수용액에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다.



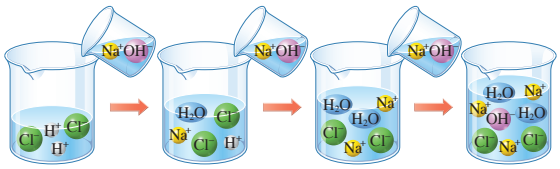
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. ▲은 OH^-이다.
ㄴ. HCl(*aq*)과 KOH 수용액의 몰 농도는 같다.
ㄷ. 혼합 용액의 pH는 7보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **17** 그림은 25 °C에서 0.1 M 염산(HCl(*aq*)) 20 mL에 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 5 mL씩 차례대로 넣을 때 용액에 들어 있는 입자를 모형으로 나타낸 것이다.



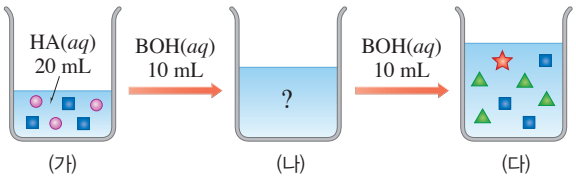
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. (나)의 pH는 7보다 크다.
ㄴ. 단위 부피당 전체 이온 수는 NaOH 수용액이 HCl(*aq*)보다 많다.
ㄷ. (가)에서 (라)로 진행될수록 생성된 물 분자 수는 계속 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 그림은 HA 수용액 20 mL에 BOH 수용액을 10 mL씩 2번 넣을 때 수용액에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다. 수용액에서 H_2A는 H^+과 A^{2-}으로, BOH는 B^+과 OH^-으로 모두 이온화한다.



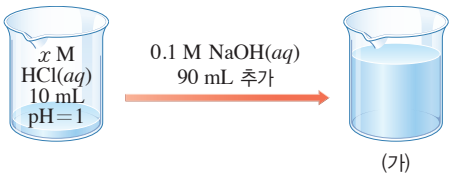
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ●은 H^+이다.
ㄴ. (나)에 들어 있는 ▲은 2개이다.
ㄷ. (다)에 BTB 용액을 떨어뜨리면 초록색을 띤다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 그림은 x M 염산(HCl(*aq*)) 10 mL가 들어 있는 비커에 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 90 mL를 추가하여 혼합 용액 (가)를 만드는 과정을 나타낸 것이다.



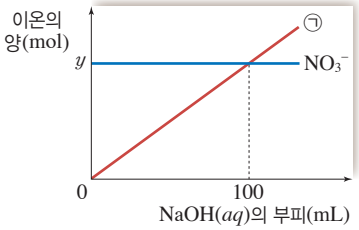
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

보기

ㄱ. 생성된 물의 양(mol)은 1×10^{-3} mol이다.
ㄴ. (가)에서 $\frac{OH^-의\ 양(mol)}{Cl^-의\ 양(mol)}=8$이다.
ㄷ. (가)에 x M HCl(*aq*) 90 mL를 추가하면 완전히 중화된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림은 x M 질산($HNO_3(aq)$) 50 mL에 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 조금씩 넣을 때 용액 속에 들어 있는 2가지 이온의 양(mol)을 나타낸 것이다.



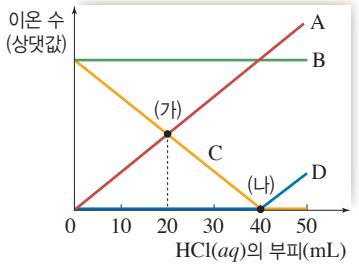
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 OH^-이다.
ㄴ. x는 0.2이다.
ㄷ. y는 0.01이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

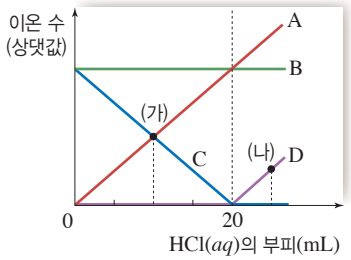
중요 **21** 그림은 25 ℃에서 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 20 mL에 x M 염산($HCl(aq)$)을 조금씩 넣을 때 용액에 들어 있는 이온 수를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

① A와 B는 구경꾼 이온이다.
② x는 0.05이다.
③ (가)에서 용액의 pH는 7보다 작다.
④ (나)에서 생성된 물의 양(mol)은 2×10^{-3} mol이다.
⑤ (가)와 (나)에서 용액 속 전체 이온 수는 서로 같다.

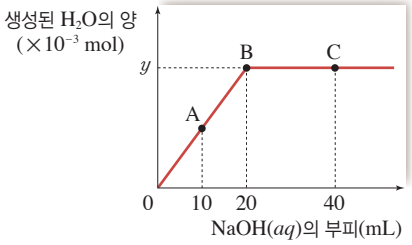
22 그림은 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 10 mL에 염산($HCl(aq)$)을 첨가할 때 첨가한 $HCl(aq)$의 부피에 따른 이온 수를 나타낸 것이다.



$\frac{\text{(가)에서 } [Na^+]}{\text{(나)에서 } [Cl^-]}$는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

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

23 그림은 0.4 M 염산($HCl(aq)$) 10 mL에 x M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 조금씩 넣을 때 넣은 NaOH 수용액의 부피에 따른 생성된 물(H_2O)의 양을 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. $\frac{x}{y}=0.2$이다.
ㄴ. $\frac{\text{C에서 } Na^+\text{의 양(mol)}}{\text{A에서 } Cl^-\text{의 양(mol)}}=2$이다.
ㄷ. 용액 속 전체 이온의 몰 농도의 합은 A>B이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 133쪽

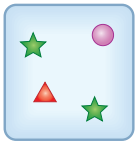
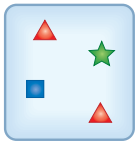
01 표는 HA 수용액과 BOH 수용액의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)~(라)에 대한 자료이다. 수용액에서 HA는 H^+과 A^-으로, BOH는 B^+과 OH^-으로 모두 이온화한다.

혼합 용액		(가)	(나)	(다)	(라)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HA(aq)	20	15	10	5
	BOH(aq)	10	15	20	25
전체 이온의 양(mol)		$16n$	$12n$	$8n$	$10n$

(나)에서 $\frac{\text{A}^-\text{의 양(mol)}}{\text{B}^+\text{의 양(mol)}}$은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

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

02 표는 a M HA 수용액과 b M BOH 수용액의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 수용액에서 HA는 H^+과 A^-으로, BOH는 B^+과 OH^-으로 모두 이온화한다.

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HA(aq)	20	10
	BOH(aq)	x	20
1 mL에 들어 있는 이온 모형			

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

ㄱ. ★은 A^-이다.

ㄴ. $\frac{a}{b}=2$이다.

ㄷ. $x=10$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 0.4 M H_2A 수용액 20 mL에 x M BOH 수용액을 조금씩 넣을 때 넣어 준 BOH 수용액의 부피에 따른 혼합 용액 속 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$를 나타낸 것이다. 수용액에서 H_2A는 H^+과 A^{2-}으로, BOH는 B^+과 OH^-으로 모두 이온화한다.

용액	(가)	(나)	(다)
BOH(aq)의 부피(mL)	10	20	30
$\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$	y	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

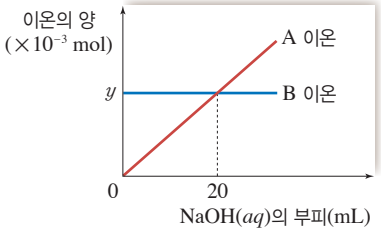
ㄱ. (다)의 액성은 염기성이다.

ㄴ. $x=0.8$이다.

ㄷ. $y=\frac{1}{3}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 0.2 M 염산(HCl(aq)) 10 mL에 x M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 조금씩 넣을 때 넣어 준 NaOH 수용액의 부피에 따른 A 이온과 B 이온의 양을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A 이온은 Na^+이다.

ㄴ. $y=2$이다.

ㄷ. 0.4 M HCl(aq) 10 mL에 $3x$ M NaOH 수용액 10 mL를 넣은 용액 속 $\frac{\text{A 이온의 양(mol)}}{\text{B 이온의 양(mol)}}=\frac{3}{4}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원

핵심 정리

1 동적 평형

1. 가역 반응

(1) **정반응과 역반응**: 화학 반응식에서 오른쪽으로 진행되는 반응을 (❶)이라 하고, 왼쪽으로 진행되는 반응을 (❷)이라고 한다.

(2) **가역 반응과 비가역 반응**

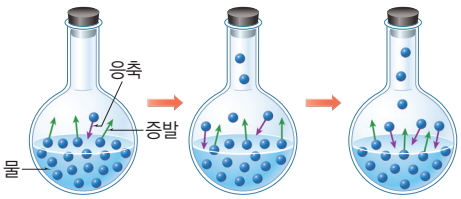
구분	(❸)	(❹)
정의	반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응	정반응만 일어나거나 정반응에 비해 역반응이 거의 일어나지 않는 반응
예	물의 증발과 응축, 염화 코발트 육수화물의 생성과 분해, 황산 구리(Ⅱ) 오수화물의 분해와 생성, 석회 동굴, 종유석, 석순의 생성 등	연소 반응, 기체 발생 반응, 중화 반응, 앙금 생성 반응 등

2. 동적 평형

가역 반응에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태

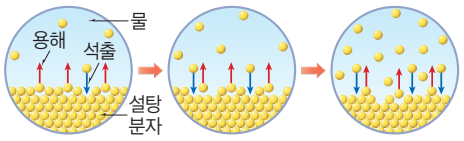
상평형

예 일정한 온도에서 밀폐 용기에 물을 담아 놓으면 물의 양이 줄어들다가 어느 순간 일정해져 변화가 일어나지 않는 것처럼 보인다. ➡ 물의 (❺) 속도와 수증기의 (❻) 속도가 같은 동적 평형에 도달하기 때문



용해 평형

예 일정한 온도에서 일정량의 물에 설탕을 계속 넣으면 설탕이 녹다가 어느 순간부터는 녹지 않고 가라앉아 설탕이 더 이상 녹지 않는 것처럼 보인다. ➡ 설탕의 (❼) 속도와 (❽) 속도가 같은 동적 평형에 도달하기 때문



(❾) 화학 반응에서 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나서 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되는 상태이다.

2 물의 자동 이온화

1. 산과 염기

(1) **산과 염기의 성질**

산성	염기성
• 신맛이 난다. • 금속과 반응하여 (❿) 기체를 발생시킨다. • 탄산 칼슘과 반응하여 이산화 탄소 기체를 발생시킨다. • 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킨다. • 산 수용액은 전류가 흐른다. ➡ 산 수용액에는 이온이 들어 있다.	• 쓴맛이 난다. • 단백질을 녹이는 성질이 있어 만지면 미끌미끌하다. • 붉은색 리트머스 종이를 푸르게 변화시킨다. • 페놀프탈레인 용액을 (⓫) 색으로 변화시킨다. • 염기 수용액은 전류가 흐른다. ➡ 염기 수용액에는 이온이 들어 있다.

(2) **아레니우스 산 염기**

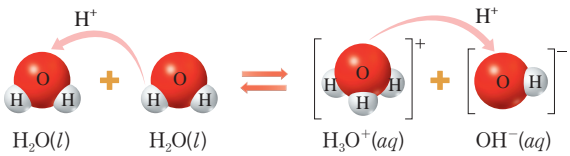
(⓬)	물에 녹아 H^+을 내놓는 물질
(⓭)	물에 녹아 OH^-을 내놓는 물질

(3) **브뢴스테드·로리 산 염기**

(⓮)	다른 물질에게 H^+을 내놓는 물질
(⓯)	다른 물질로부터 H^+을 받는 물질
(⓰)	조건에 따라 산으로 작용할 수도 있고 염기로 작용할 수도 있는 물질 예 H_2O, HCO_3^-, HS^-, HSO_4^- 등
짝산 – 짝염기	H^+의 이동으로 산과 염기가 되는 한 쌍의 산과 염기 짝산 – 짝염기 예 $H_2O(l) + HCl(g) \rightleftarrows H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$ 염기$_1$ 산$_2$ 산$_1$ 염기$_2$ 짝산 – 짝염기

2. 물의 자동 이온화와 pH

(1) **물의 자동 이온화**: 순수한 물에서 매우 적은 양의 물 분자끼리 H^+을 주고받아 H_3O^+과 OH^-으로 이온화하는 현상



(2) **물의 이온화 상수(K_w)**: 일정한 온도에서 물이 자동 이온화하여 동적 평형을 이루면 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$가 일정하게 유지되어 그 농도의 곱이 일정한 값을 갖는데, 이를 물의 이온화 상수라고 한다.

$K_w = [H_3O^+][OH^-] = (⓱ \quad)(25\ ^\circ C)$

(3) 수소 이온 농도와 pH

① (⑱): 수용액의 $[H_3O^+]$를 간단히 나타내기 위해 사용하는 값

$$pH = \log\frac{1}{[H_3O^+]} = -\log[H_3O^+]$$

➡ 수용액의 $[H_3O^+]$가 커지면 pH는 (⑲)진다.

② pH와 pOH의 관계: $pH + pOH = 14$(25 °C)

③ 수용액의 액성과 pH, pOH(25 °C)

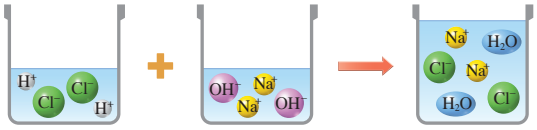
액성	$[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 관계	pH	pOH
(⑳)	$[H_3O^+] > 1\times10^{-7}\,M > [OH^-]$	pH<7	pOH>7
중성	$[H_3O^+] = 1\times10^{-7}\,M = [OH^-]$	pH=7	pOH=7
(㉑)	$[H_3O^+] < 1\times10^{-7}\,M < [OH^-]$	pH>7	pOH<7

3 산 염기 중화 반응

1. 산 염기 중화 반응

(1) (㉒): 산과 염기가 반응하여 물과 염을 생성하는 반응

예 $HCl(aq)$과 NaOH 수용액의 중화 반응



① 알짜 이온 반응식: 실제 반응에 참여한 이온만으로 나타낸 화학 반응식 ➡ 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 다음과 같다.

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

② (㉓): 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온

③ (㉔): 중화 반응에서 산의 음이온과 염기의 양이온이 만나 생성된 물질

(2) 중화 반응의 양적 관계

① H^+과 OH^-은 (㉕)의 몰비로 반응한다.

② 산과 염기가 완전히 중화되려면 산이 내놓은 H^+의 양(mol)과 염기가 내놓은 OH^-의 양(mol)이 같아야 한다.

$$n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$$
(n_1, n_2: 가수, M_1, M_2: 몰 농도, V_1, V_2: 부피)

2. 중화 적정

(1) **중화 적정**: 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 알아내는 방법

① (㉖): 중화 적정에서 농도를 알고 있는 산 수용액이나 염기 수용액

② (㉗): 산의 H^+의 양(mol)과 염기의 OH^-의 양(mol)이 같아져 산과 염기가 완전히 중화되는 지점

③ 중화 적정 방법

농도를 모르는 산 또는 염기 수용액을 피펫으로 취하여 삼각 플라스크에 넣고, 지시약을 2방울~3방울 떨어뜨린다.

↓

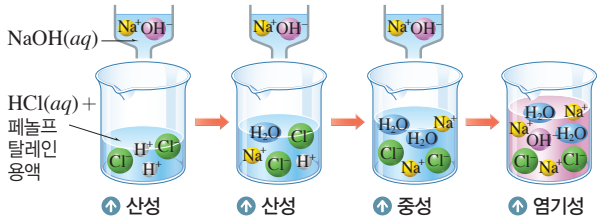
뷰렛에 표준 용액을 넣고 삼각 플라스크에 조금씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 천천히 흔들어 준다.

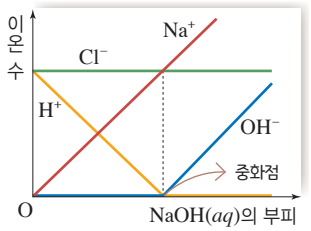
↓

용액 전체의 색이 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 잠그고 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 측정한 후, $n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$를 이용하여 농도를 모르는 산 또는 염기 수용액의 농도를 계산한다.

(2) 중화 적정 모형과 이온 수 변화

예 $HCl(aq)$을 NaOH 수용액으로 중화 적정할 때



구분	비커 속 용액의 이온 수 변화
이온 수 변화 그래프	
(㉘) 의 수	넣어 준 OH^-과 반응하여 점점 감소하다가 중화점 이후에는 존재하지 않는다.
Cl^-의 수	반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 이온 수가 일정하다.
(㉙) 의 수	반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 넣어 준 만큼 증가한다.
OH^-의 수	넣어 준 만큼 H^+과 반응하므로 존재하지 않다가 중화점 이후부터 증가한다.
전체 이온 수	중화점까지는 일정하다가 중화점 이후부터 증가한다.

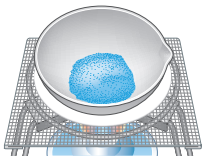
중단원

마무리 문제

하 중 상

01 다음은 황산 구리(Ⅱ) 오수화물($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)을 이용한 실험이다.

그림과 같이 증발 접시에 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$을 넣고 천천히 가열하였더니 결정이 푸른색에서 흰색으로 변했다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

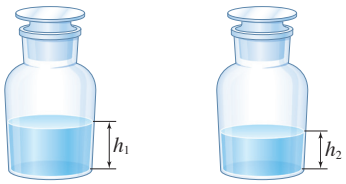
보기

ㄱ. 흰색 결정은 $CuSO_4$이다.
ㄴ. 흰색 결정에 물을 넣으면 푸른색으로 변한다.
ㄷ. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$의 분해와 생성은 가역적으로 일어난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

02 그림과 같이 일정한 온도에서 수면의 높이가 h_1이 되도록 용기에 물을 넣고 밀폐하였더니 시간이 지나면서 수면의 높이가 낮아지다가 h_2가 되면서 일정하게 유지되었다.

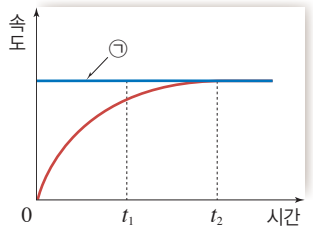


이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① (가)에서는 수증기의 응축 속도가 물의 증발 속도보다 빠르다.
② (나)에서 증발과 응축은 일어나지 않는다.
③ 물의 증발 속도는 (나)>(가)이다.
④ 수증기의 응축 속도는 (나)>(가)이다.
⑤ 수증기 분자 수는 (가)>(나)이다.

하 중 상

03 그림은 밀폐된 진공 용기에 물($H_2O(l)$)을 넣었을 때 시간에 따른 $H_2O(l)$의 증발 속도와 수증기($H_2O(g)$)의 응축 속도를 나타낸 것이다.



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

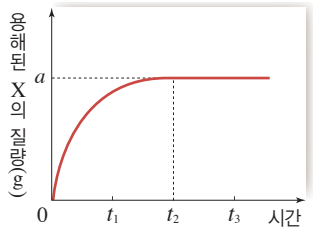
보기

ㄱ. ㉠은 $H_2O(l)$의 증발 속도이다.
ㄴ. $H_2O(l)$의 양은 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.
ㄷ. t_2일 때 $H_2O(g)$의 응축은 일어나지 않는다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

04 그림은 일정량의 물이 담긴 비커에 고체 X w g을 넣고 유리 막대로 저어 줄 때 시간에 따른 용액 속 용해된 X의 질량을 나타낸 것이다. $w > a$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, X의 용해에 따른 수용액의 부피 변화와 물의 증발은 무시한다.)

보기

ㄱ. t_1일 때 X의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.
ㄴ. t_2일 때 X의 석출 속도는 0이다.
ㄷ. 녹지 않고 남아 있는 X의 질량은 t_2일 때와 t_3일 때가 같다.

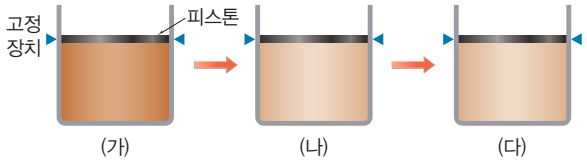
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

05 다음은 적갈색의 이산화 질소(NO_2)가 반응하여 무색의 사산화 이질소(N_2O_4)를 생성하는 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$2NO_2(g) \rightleftarrows N_2O_4(g)$$

그림과 같이 실린더에 일정량의 NO_2 기체를 넣은 다음 실온(25 °C)에 두었더니 (나) 이후 적갈색이 더 이상 옅어지지 않았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 정반응 속도는 역반응 속도보다 빠르다.
ㄴ. (나)에는 NO_2와 N_2O_4가 함께 존재한다.
ㄷ. N_2O_4의 농도는 (나)가 (다)보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

06 다음은 인산(H_3PO_4)이 물에 녹아 이온화하는 과정을 단계별로 나타낸 것이다.

(가) $H_3PO_4(s)+H_2O(l) \longrightarrow H_2PO_4^-(aq)+H_3O^+(aq)$
(나) $H_2PO_4^-(aq)+H_2O(l) \longrightarrow HPO_4^{2-}(aq)+H_3O^+(aq)$
(다) $HPO_4^{2-}(aq)+H_2O(l) \longrightarrow PO_4^{3-}(aq)+H_3O^+(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 H_3PO_4은 브뢴스테드·로리 산이다.
ㄴ. (나)에서 $H_2PO_4^-$은 브뢴스테드·로리 염기이다.
ㄷ. (가)와 (다)에서 H_2O은 브뢴스테드·로리 염기이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

07 다음은 화합물 X, Y가 관여하는 3가지 반응의 화학 반응식을 나타낸 것이다.

(가) $X(aq)+H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq)+Br^-(aq)$
(나) $Y(g)+H_2O(l) \longrightarrow NH_4^+(aq)+OH^-(aq)$
(다) $X(aq)+Y(g) \longrightarrow NH_4Br(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 X는 브뢴스테드·로리 산이다.
ㄴ. (나)에서 H_2O은 브뢴스테드·로리 염기이다.
ㄷ. Y는 (나)와 (다)에서 모두 브뢴스테드·로리 염기이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

08 표는 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 각각 염산($HCl(aq)$)과 NaOH 수용액 중 하나이다.

구분	(가)	(나)
pH	x	12
부피(mL)	90	10
$\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$	1×10^8	y

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25 °C로 일정하고, 25 °C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

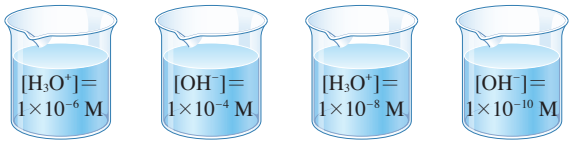
보기

ㄱ. $x=3$이다.
ㄴ. $y=1\times10^{-3}$이다.
ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액의 pH는 4이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

09 그림은 25 ℃에서 4가지 수용액의 $[H_3O^+]$ 또는 $[OH^-]$를 나타낸 것이다.



(가) (나) (다) (라)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. pH는 (다)가 (가)보다 2 크다.
ㄴ. (나)의 액성은 산성이다.
ㄷ. (라)의 pH는 10이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

10 표는 0.1 M 염산($HCl(aq)$)과 0.2 M 수산화 칼륨(KOH) 수용액을 서로 다른 부피로 혼합한 용액 (가)~(마)에 대한 자료이다.

혼합 용액	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
$HCl(aq)$(mL)	10	15	20	25	30
$KOH(aq)$(mL)	30	25	20	15	10

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 생성된 물 분자 수는 (나)와 (라)가 같다.
ㄴ. (다)의 액성은 중성이다.
ㄷ. 용액 속 전체 이온 수는 (가)>(마)이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

11 표는 질산($HNO_3(aq)$)과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 서로 다른 부피로 혼합한 용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	$HNO_3(aq)$	10	20
	NaOH(aq)	20	20
전체 이온 수		$2N$	$3N$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 액성은 산성이다.
ㄴ. (나)의 액성은 중성이다.
ㄷ. 단위 부피당 전체 이온 수는 $HNO_3(aq)$이 NaOH 수용액의 1.5배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

12 다음은 아세트산(CH_3COOH) 수용액의 농도를 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]
(가) 삼각 플라스크에 x M CH_3COOH 수용액 10 mL를 넣고 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨린다.
(나) ㉠에 들어 있는 0.2 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 (가)의 삼각 플라스크에 조금씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 잘 흔들어 준다.
(다) (나)의 삼각 플라스크 속 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간까지 넣어 준 NaOH 수용액의 부피(V)를 측정한다.
[실험 결과]
• V: 20 mL

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

보기

ㄱ. ㉠으로 뷰렛이 적절하다.
ㄴ. 중화점까지 생성된 물의 양(mol)은 0.02 mol이다.
ㄷ. x=0.1이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

13 다음은 중화 반응 실험이다.

[실험 과정]

(가) x M 염산(HCl(aq)) 20 mL에 y M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 10 mL를 혼합한 용액 Ⅰ을 만든다.

(나) 용액 Ⅰ에 NaOH 수용액 V mL를 추가하여 용액 Ⅱ를 만든다.

[실험 결과]

• 용액 Ⅰ과 Ⅱ에서 이온의 양(mol)

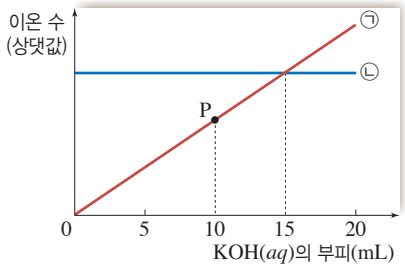
용액	이온의 양(mol)			
	A	B	C	D
Ⅰ	$2a$	a	a	0
Ⅱ	$2b$			b

V는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

① 5 ② 10 ③ 15 ④ 20 ⑤ 25

하 중 상

14 그림은 질산(HNO_3(aq)) 30 mL에 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨린 후 수산화 칼륨(KOH) 수용액을 조금씩 넣을 때 용액에 들어 있는 2가지 이온 수를 나타낸 것이다.

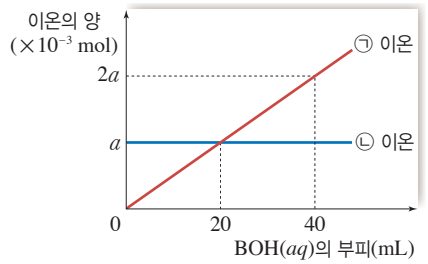


이에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① ㉠은 K^+이다.
② ㉡은 NO_3^-이다.
③ P 용액은 붉은색을 띤다.
④ P 용액에 가장 많이 존재하는 이온은 ㉡이다.
⑤ 단위 부피당 양이온 수비는 HNO_3(aq) : KOH 수용액=1 : 2이다.

하 중 상

15 그림은 0.5 M H_2A 수용액 20 mL에 x M BOH 수용액을 조금씩 넣을 때, 넣어 준 BOH 수용액의 부피에 따른 혼합 용액 속 ㉠ 이온과 ㉡ 이온의 양을 나타낸 것이다. 수용액에서 H_2A는 H^+과 A^{2-}으로, BOH는 B^+과 OH^-으로 모두 이온화한다.

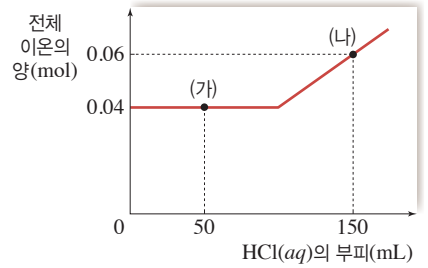


$a \times x$는?

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

하 중 상

16 그림은 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 100 mL에 염산(HCl(aq))을 조금씩 넣을 때 용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가) 용액의 액성은 염기성이다.

ㄴ. (가)에서 $\frac{Na^+의\ 양(mol)}{Cl^-의\ 양(mol)}=2$이다.

ㄷ. (나)에서 $\frac{Cl^-의\ 양(mol)}{H^+의\ 양(mol)}=\frac{3}{2}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 문제

하 중 상

17 그림과 같이 일정량의 물에 설탕을 계속 넣었더니 어느 순간부터는 설탕이 더 이상 녹지 않고 가라앉았다.
이 상태에서 설탕을 더 넣어 주었을 때 설탕물의 농도가 어떻게 변할지 서술하시오.



하 중 상

18 다음은 탄산수소 이온(HCO_3^-)과 관련된 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$\cdot\ HCO_3^-(aq)+NH_3(aq) \longrightarrow CO_3^{2-}(aq)+NH_4^+(aq)$$
$$\cdot\ HCO_3^-(aq)+H_3O^+(aq) \longrightarrow H_2CO_3(aq)+H_2O(l)$$

이 반응에서 양쪽성 물질로 작용하는 물질을 쓰고, 그 까닭을 서술하시오.

하 중 상

19 다음은 물의 자동 이온화를 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$H_2O(l)+H_2O(l) \rightleftarrows H_3O^+(aq)+OH^-(aq)$$

순수한 물의 액성이 중성인 까닭을 물의 자동 이온화와 관련하여 서술하시오.

하 중 상

20 표는 25 ℃에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)
pOH	x	$x-1$
부피(mL)	200	100
H_3O^+의 양(mol)	0.02	y

x와 y를 각각 구하고, 풀이 과정을 서술하시오. (단, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

하 중 상

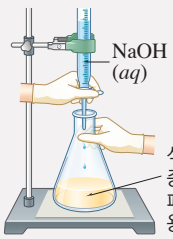
21 표는 x M 염산($HCl(aq)$)과 y M 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액의 부피를 달리하여 혼합한 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)		혼합 용액 속 모든 양이온의 양(mol)
	$HCl(aq)$	$NaOH(aq)$	
(가)	20	80	0.01
(나)	40	60	0.01
(다)	60	40	0.015

$\frac{x}{y}$를 구하고, 풀이 과정을 서술하시오. (단, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

하 중 상

22 그림과 같이 식초에 증류수를 넣어 $\frac{1}{10}$로 묽힌 식초 20 mL에 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨린 후 0.1 M 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액을 조금씩 넣었더니 완전히 중화하는 데 0.1 M $NaOH$ 수용액 20 mL가 사용되었다. 묽히기 전 식초 속 아세트산(CH_3COOH)의 몰 농도(M)를 구하고, 풀이 과정을 서술하시오. (단, 식초에 산은 CH_3COOH만 있다고 가정한다.)



수능 실전 문제

• 수능 출제 경향

이 단원에서는 상평형 및 용해 평형의 개념을 묻는 문제, 산 염기 반응에서 브뢴스테드·로리 정의에 따른 산과 염기의 구분, 물의 이온화 상수를 이용하여 수용액의 $[H_3O^+]$, $[OH^-]$와 pH를 구하는 문제가 출제되고 있다. 또, 중화 적정 실험 과정에 대한 이해와 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 용액 속 이온의 몰 농도 등을 구하는 문제가 계속 출제된다.

수능 이렇게 나온다!

표는 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 각각 염산($HCl(aq)$)과 NaOH 수용액 중 하나이다.

❸ NaOH 수용액에서 $[Na^+]=[OH^-]$이며, 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이다.

❶ pH는 (가)>(나)이며, 용액의 pH는 산성 용액<중성 용액<염기성 용액 순으로 크다.

수용액	(가)	(나)
몰 농도(M)	a	$\frac{1}{10}a$
pH	$2x$	x

❷ 수용액의 $[OH^-]$는 $pOH=-\log[OH^-]$로 나타낼 수 있고, 25 ℃에서 $pH+pOH=14$이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. (나)는 $HCl(aq)$이다.

ㄴ. $x=4.0$이다.

ㄷ. $10a$ M NaOH 수용액에서 $\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]}=1\times10^8$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

출제개념

물의 이온화 상수와 pH

▶ 본문 246~247쪽

출제의도

물의 이온화 상수의 개념을 이해하고, 산과 염기 수용액 속 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$를 pH와 관련지어 구할 수 있는지 확인하는 문제이다.

전략적 풀이

❶ 산 수용액과 염기 수용액의 pH를 비교하여 (가)와 (나)를 각각 $HCl(aq)$과 NaOH 수용액으로 구분한다.

ㄱ. 수용액 (가)와 (나)는 각각 산성 또는 염기성 수용액 중 하나이고, 염기성 수용액의 pH가 산성 수용액의 pH보다 크므로 (가)는 (　　)이고, (나)는 (　　)이다.

❷ 수용액 (가)의 pH로부터 수용액 속 $[OH^-]$를 구하고, 이를 몰 농도와 관련지어 a와 x 사이의 관계식을 만든 후 a와 x를 구한다.

ㄴ. 25 ℃에서 $pH+pOH=14$이고, 수용액 (가)의 $pH=2x$이므로 $pOH=$(　　)이다. 따라서 $[OH^-]=$(　　) M이며, $[OH^-]$와 NaOH 수용액의 몰 농도가 같으므로 $a=$(　　)이다. 또, (나)의 $pH=x$이므로 $[H_3O^+]=$(　　)이고, 몰 농도는 $\frac{1}{10}a=\frac{1}{10}\times$(　　)=(　　)이다. 이때 $[H_3O^+]$와 $HCl(aq)$의 몰 농도가 같으므로 (　　)=(　　)이며, 이 식을 풀면 $x=$(　　)이다.

❸ a M NaOH 수용액에 들어 있는 $[OH^-]$로부터 $10a$ M NaOH 수용액에 들어 있는 $[OH^-]$, $[Na^+]$를 구한다.

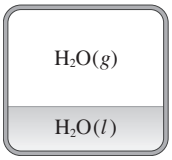
ㄷ. a M NaOH 수용액의 pH=(　　)이므로 $pOH=$(　　)이다. 따라서 a M NaOH 수용액에 들어 있는 $[OH^-]=$(　　) M이므로 $10a$ M NaOH 수용액에 들어 있는 $[OH^-]=$(　　) M이다. 이때 NaOH 수용액에서 $[Na^+]=[OH^-]$이므로 $[Na^+]=$(　　) M이고, 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=$(　　) M이다. 따라서 $\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]}=$(　　)이다.

❶ NaOH 수용액, $HCl(aq)$
❷ $14-2x$, $10^{-(14-2x)}$, 10^{-x}, $10^{-(14-2x)}$
❸ 10^{2x-15}, 10^{-x}, 10^{2x-15}, 5
❹ 10^{-11}, 1×10^8

답 ④

01 표는 밀폐된 진공 용기 안에 물($H_2O(l)$)을 넣었을 때 시간에 따른 $H_2O(l)$의 증발 속도와 수증기($H_2O(g)$)의 응축 속도에 대한 자료이고, $a>b>0$이다. 그림은 시간이 $2t$일 때 용기 안의 상태를 나타낸 것이다.

시간	t	$2t$	$4t$
증발 속도	a	a	a
응축 속도	b	a	x



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

보기

ㄱ. $x=a$이다.
ㄴ. t일 때 $H_2O(l)$의 증발 속도는 $H_2O(g)$의 응축 속도보다 빠르다.
ㄷ. 용기 속 $H_2O(l)$의 양(mol)은 $2t$일 때와 $4t$일 때가 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 표는 밀폐된 진공 용기 안에 액체 X를 넣었을 때 시간에 따른 X의 $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}}$와 $\frac{\text{X}(l)\text{의 양(mol)}}{\text{X}(g)\text{의 양(mol)}}$에 대한 자료이다. $0<t_1<t_2<t_3$이고, $c<1$이다.

시간	t_1	t_2	t_3
$\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}}$	a	b	1
$\frac{\text{X}(l)\text{의 양(mol)}}{\text{X}(g)\text{의 양(mol)}}$		1	c

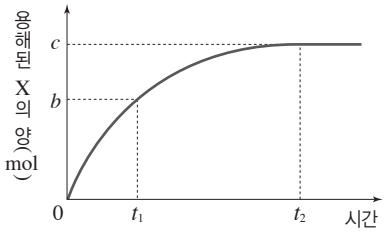
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. $a>1$이다.
ㄴ. $b=1$이다.
ㄷ. t_3일 때 $X(l)$와 $X(g)$는 동적 평형을 이루고 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 일정량의 물이 담긴 비커에 고체 X a mol을 넣고 용해시킬 때 시간에 따른 용액 속 용해된 X의 양(mol)을 나타낸 것이다. $a>c$이다.



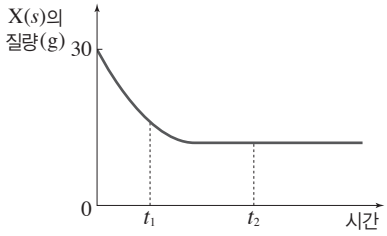
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, X의 용해에 따른 수용액의 부피는 무시한다.)

보기

ㄱ. t_1일 때 X의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.
ㄴ. t_2일 때 X의 석출 속도는 0이다.
ㄷ. t_2일 때 고체 X를 추가하면 X 수용액의 몰 농도는 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 물 100 g이 담긴 비커에 고체 X 30 g을 넣고 녹일 때 녹지 않고 남아 있는 고체 X의 질량을 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. t_1에서 X의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.
ㄴ. X 수용액의 농도는 t_2에서보다 t_1에서 크다.
ㄷ. X의 석출 속도는 t_1에서보다 t_2에서 빠르다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 3가지 화학 반응식이다.

- $\boxed{\text{(가)}}(g)+H_2O(l) \longrightarrow NH_4OH(aq)$
- $NH_3(g)+\boxed{\text{(나)}}(g) \longrightarrow NH_4Cl(s)$
- $(CH_3)_2NH(g)+\boxed{\text{(다)}}(l) \longrightarrow (CH_3)_2NH_2^+(aq)+OH^-(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 아레니우스 산이다.
ㄴ. (나)는 브뢴스테드·로리 산이다.
ㄷ. (다)는 브뢴스테드·로리 염기이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 3가지 산 염기 반응의 화학 반응식이다.

(가) $HF(l)+H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq)+F^-(aq)$
(나) $HS^-(aq)+H_2O(l) \longrightarrow S^{2-}(aq)+\boxed{\text{㉠}}(aq)$
(다) $HS^-(aq)+HF(l) \longrightarrow H_2S(aq)+F^-(aq)$

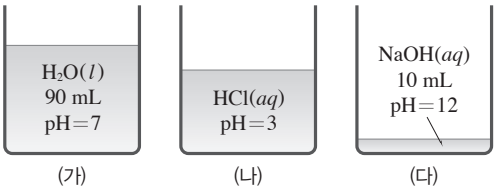
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 OH^-이다.
ㄴ. (가)와 (다)에서 HF는 모두 브뢴스테드·로리 산이다.
ㄷ. (나)와 (다)에서 HS^-은 모두 브뢴스테드·로리 염기이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림 (가)~(다)는 물(H_2O), 염산($HCl(aq)$), 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액을 각각 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 물 또는 각 용액의 부피의 합과 같고, 물과 용액의 온도는 25 ℃로 일정하며, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. (가)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=1$이다.
ㄴ. (나)에서 $[OH^-]=1\times10^{-11}$ M이다.
ㄷ. (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액의 pOH=3이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 각각 염산($HCl(aq)$)과 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액 중 하나이다.

수용액	(가)	(나)
pH	x	$3x$
OH^-의 양(mol)	y	10^9y
부피(mL)	10	100

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25 ℃로 일정하며, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. $x=4$이다.
ㄴ. $y=1\times10^{-12}$이다.
ㄷ. (나)에서 $[OH^-]=1\times10^{-4}$ M이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 표는 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
$[H_3O^+] : [OH^-]$	$1 : 10^4$	$1 : 1$	$10^2 : 1$

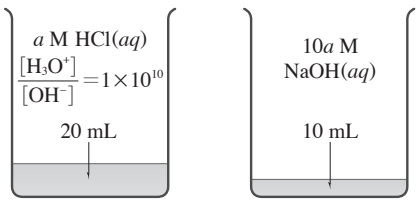
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. (가)의 pH=10이다.
ㄴ. (나)의 액성은 중성이다.
ㄷ. $[OH^-]$는 (가) : (다)$=10^3 : 1$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림 (가)와 (나)는 a M 염산($HCl(aq)$) 20 mL와 $10a$ M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 10 mL를 각각 나타낸 것이다.



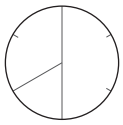
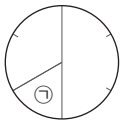
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 25 ℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

보기

ㄱ. $a=0.1$이다.
ㄴ. $\frac{\text{(나)의 pH}}{\text{(가)의 pH}} < 6$이다.
ㄷ. (나)에 물을 넣어 100 mL로 만든 NaOH 수용액에서 $\frac{[Na^+]}{[H_3O^+]} = 1 \times 10^{10}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 표는 0.2 M $A(OH)_2$ 수용액 x mL와 y M 염산($HCl(aq)$)의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
$A(OH)_2(aq)$의 부피(mL)	x	x	x
$HCl(aq)$의 부피(mL)	20	30	60
pH		13	
용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도(M)비			

(다)에서 ㉠에 해당하는 이온의 몰 농도(M)는? (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다. $A(OH)_2$는 수용액에서 A^+과 OH^-으로 모두 이온화하고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

① $\frac{1}{40}$ ② $\frac{1}{35}$ ③ $\frac{1}{30}$ ④ $\frac{1}{25}$ ⑤ $\frac{1}{20}$

12 다음은 중화 적정 실험이다.

[실험 과정]
(가) x M HA 수용액 25 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액을 만든다.
(나) 삼각 플라스크에 (가)에서 만든 수용액 40 mL를 넣고 페놀프탈레인 용액을 2방울~3방울 떨어뜨린다.
(다) (나)의 삼각 플라스크에 0.2 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 조금씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 잘 흔들어 준다.
(라) (다)의 삼각 플라스크 속 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 적정을 멈추고, 적정에 사용된 NaOH 수용액의 부피(V_1)를 측정한다.
(마) x M HA 수용액 대신 y M H_2B 수용액을 사용해서 과정 (가)~(라)를 반복하여 적정에 사용된 NaOH 수용액의 부피(V_2)를 측정한다.

[실험 결과]
• V_1: 40 mL • V_2: 16 mL

$x+y$는? (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 수용액에서 HA는 H^+과 A^-으로, H_2B는 H^+과 B^{2-}으로 모두 이온화한다.)

① 0.72 ② 0.84 ③ 0.96 ④ 1.02 ⑤ 1.24

13 다음은 중화 반응에 대한 실험이다.

[자료]
• 수용액에서 HA는 H^+과 A^-으로, BOH는 B^+과 OH^-으로 모두 이온화한다.
[실험 과정]
(가) x M HA 수용액 10 mL를 비커에 넣는다.
(나) (가)의 비커에 y M BOH 수용액 a mL를 넣는다.
(다) (나)의 비커에 x M HA 수용액 b mL를 넣는다.
[실험 결과]
• 각 과정 후 수용액에 대한 자료

과정		(가)	(나)	(다)
음이온의 몰 농도(M)	X 이온	0.4	0.2	0.3
	Y 이온	0	0.4	0

$\frac{y}{x} \times \frac{a}{b}$는? (단, 온도는 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같으며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

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

14 다음은 중화 반응에 대한 실험이다.

[자료]
• 수용액에서 H_2X는 H^+과 X^{2-}으로 모두 이온화한다.
[실험 과정]
(가) a M H_2X 수용액 V mL와 b M NaOH 수용액 50 mL를 혼합하여 용액 Ⅰ을 만든다.
(나) 용액 Ⅰ에 c M 염산(HCl(aq)) 20 mL를 추가하여 용액 Ⅱ를 만든다.
[실험 결과]
• 용액 Ⅰ과 Ⅱ에 대한 자료

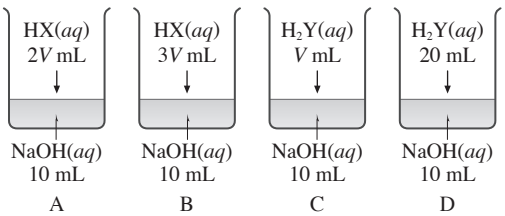
용액	Ⅰ	Ⅱ
$\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{3}{2}$
모든 이온의 몰 농도의 합(상댓값)	1	1

$\frac{b}{a+c}$는? (단, 온도는 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같으며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

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

15 다음은 중화 반응에 대한 실험이다.

[자료]
• 수용액에서 HX는 H^+과 X^-으로, H_2Y는 H^+과 Y^{2-}으로 모두 이온화한다.
[실험 과정]
(가) 0.8 M NaOH 수용액, HX 수용액, H_2Y 수용액을 준비한다.
(나) 4개의 비커에 NaOH 수용액 10 mL를 넣는다.
(다) (나)의 4개의 비커에 HX 수용액 $2V$ mL, HX 수용액 $3V$ mL, H_2Y 수용액 V mL, H_2Y 수용액 20 mL를 첨가하여 혼합 용액 A~D를 만든다.



[실험 결과]

혼합 용액	A	B	C	D
$[H^+]$ 또는 $[OH^-]$(M)	$\frac{3}{10}$	$\frac{1}{5}$	x	$\frac{2}{15}$
액성		염기성		산성

x는? (단, 온도는 일정하고, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같으며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

① $\frac{1}{15}$ ② $\frac{2}{15}$ ③ $\frac{4}{15}$ ④ $\frac{3}{8}$ ⑤ $\frac{1}{3}$

Ⅳ 역동적인 화학 반응

2 화학 반응과 열의 출입

01 산화 환원 반응 284

02 화학 반응에서 열의 출입 298

Review

이전에 학습한 내용 중 이 단원과 연계된 내용을 다시 한 번 떠올려 봅시다.

다음 단어가 들어갈 곳을 찾아 빈칸을 완성해 보자.

융해	액화	승화	산화	환원	흡수	방출

통합과학 화학 변화

• 산화 환원 반응

구분	산소의 이동	전자의 이동
①	산소를 얻는 반응	전자를 잃는 반응
②	산소를 잃는 반응	전자를 얻는 반응
예	$2CuO + C \longrightarrow 2Cu + CO_2$ (C: 산화, CuO: 환원)	$Mg + Cu^{2+} \longrightarrow Mg^{2+} + Cu$ (Mg: 산화, Cu^{2+}: 환원)
동시성	산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.	

• 우리 주변의 산화 환원 반응

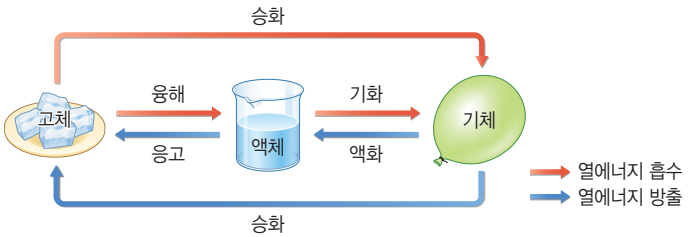
광합성	식물의 엽록체에서 빛에너지를 이용하여 이산화 탄소와 물로 포도당과 산소를 만든다.	$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{빛에너지}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
메테인의 연소	메테인이 공기 중에서 연소할 때에는 산소와 반응하여 이산화 탄소와 물이 생성된다.	$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$
철의 제련	용광로에 철광석과 코크스를 함께 넣고 가열하면 순수한 철을 얻을 수 있다.	$2Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 4Fe + 3CO_2$

중1 물질의 상태 변화

• 상태 변화와 열에너지의 출입

① **열에너지를 흡수하는 상태 변화:** ③ , 기화, 고체에서 기체로의 ④ ➡ 주위는 열에너지를 잃어 온도가 낮아진다. 예 알코올을 묻힌 솜으로 손등을 문지르면 알코올이 기화하면서 열에너지를 ⑤ 하므로 손등이 시원해진다.

② **열에너지를 방출하는 상태 변화:** 응고, ⑥ , 기체에서 고체로의 ⑦ ➡ 주위는 열에너지를 얻어 온도가 높아진다. 예 소나기가 내리기 전에는 많은 양의 수증기가 액화하면서 열에너지를 ⑧ 하므로 날씨가 후텁지근하다.



상태 변화와 열에너지의 출입

답 ① 산화 ② 환원 ③ 융해 ④ 승화 ⑤ 흡수 ⑥ 액화 ⑦ 승화 ⑧ 방출

C1 산화 환원 반응

핵심 포인트
1. 산화수 변화에 의한 산화 환원 반응 해석 ★★★
2. 산화제와 환원제 찾기 ★★★
3. 산화 환원 반응식 완성하기 ★★★

◆ 산화 환원 반응의 예
- 메테인의 연소

$$CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{\text{산화}} CO_2 + 2H_2O$$

- 철이 녹스는 반응

$$4Fe + 3O_2 \xrightarrow{\text{산화}} 2Fe_2O_3$$

- 세포 호흡

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow{\text{산화}} 6H_2O + 6CO_2$$

- 광합성

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{환원}} 6O_2 + C_6H_{12}O_6$$

A 산소의 이동과 산화 환원

1. 산소의 이동과 ◆산화 환원 반응

산화	어떤 물질이 산소를 얻는 반응
환원	어떤 물질이 산소를 잃는 반응

예 $2CuO(s) + C(s) \xrightarrow{\text{산소를 얻음: 산화}} 2Cu(s) + CO_2(g)$ ($C(s)$: 산소를 잃음: 환원)

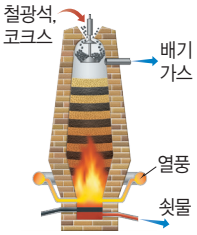
철의 제련

용광로에 산화 철(Ⅲ)(Fe_2O_3)이 주성분인 철광석과 코크스(C)를 함께 넣고 가열하면 다음과 같은 반응이 일어나 순수한 철(Fe)을 얻을 수 있다.

$$2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \xrightarrow{\text{산소를 얻음: 산화}} 4Fe(s) + 3CO_2(g)$$ ($Fe_2O_3(s)$: 산소를 잃음: 환원)

➡ • Fe_2O_3은 산소를 잃고 Fe로 환원된다.
• C는 산소를 얻어 이산화 탄소(CO_2)로 산화된다.

철의 제련 과정에서 일어나는 반응을 단계별로 나타내면 다음과 같다.
❶ $2C + O_2 \longrightarrow 2CO$ ➡ C가 불완전 연소하여 일산화 탄소(CO)가 생성된다.
❷ $Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$ ➡ Fe_2O_3이 CO와 반응하여 순수한 Fe이 생성된다.



2. 산화 환원 반응의 동시성

산화 환원 반응에서 산소를 얻는 물질이 있으면 반드시 산소를 잃는 물질이 있다. ➡ 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다. • 산화되는 물질이 얻은 산소 원자 수 = 환원되는 물질이 잃은 산소 원자 수

예 철의 제련 과정에서 산화 철(Ⅲ)(Fe_2O_3)이 환원될 때 코크스(C)가 산화된다.

B 전자의 이동과 산화 환원

1. 전자의 이동과 산화 환원 반응

산화	어떤 물질이 전자를 잃는 반응
환원	어떤 물질이 전자를 얻는 반응

예 $2Na(s) + Cl_2(g) \xrightarrow{\text{전자를 잃음: 산화}} 2NaCl(2Na^+ + 2Cl^-)(s)$ ($Cl_2(g)$: 전자를 얻음: 환원)

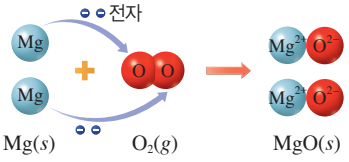
2. ◆산소가 이동하는 산화 환원 반응에서 전자의 이동

(1) 산소가 이동하는 산화 환원 반응은 전자의 이동으로 설명할 수 있다.

(2) 산소는 대부분의 원소보다 전기 음성도가 크므로 산소와 결합하여 산화된 원소의 원자는 산소에게 전자를 잃고 산화되었다고 볼 수 있고, 산소는 전자를 얻어 환원되었다고 볼 수 있다.

산화 마그네슘(MgO)의 생성

마그네슘(Mg)이 산소(O_2)와 반응하면 산화 마그네슘(MgO)이 생성된다.

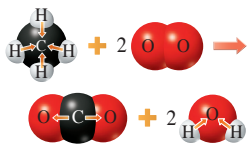


$2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$

- **산소의 이동으로 설명**: Mg은 산소를 얻어 MgO으로 산화된다.
- **전자의 이동으로 설명**: 전기 음성도: Mg<O ➡ Mg은 전기 음성도가 큰 O에게 전자를 잃고 Mg^{2+}으로 산화되고, O는 Mg으로부터 전자를 얻어 O^{2-}으로 환원된다.

동아 교과서에만 나와요.

◆ 메테인(CH_4)의 연소에서 전자의 이동

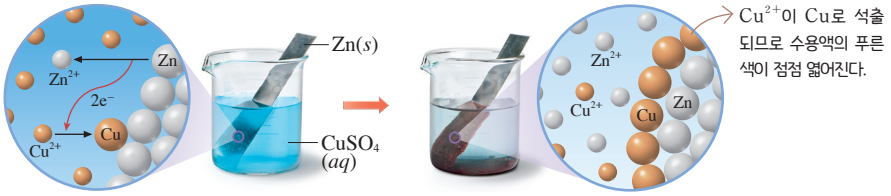


- 산화: CH_4에서 공유 전자쌍은 C 쪽으로 치우치지만, CO_2에서 공유 전자쌍은 O 쪽으로 치우친다. 따라서 C는 전자를 잃은 것으로 볼 수 있으므로 CH_4은 산화된 것이다.
- 환원: O_2에서 공유 전자쌍은 어느 쪽으로도 치우치지 않지만, H_2O에서 공유 전자쌍은 O 쪽으로 치우친다. 따라서 O는 전자를 얻은 것으로 볼 수 있으므로 O_2는 환원된 것이다.

탐구 자료창 금속과 금속염 수용액의 반응

아연과 황산 구리(Ⅱ) 수용액의 반응

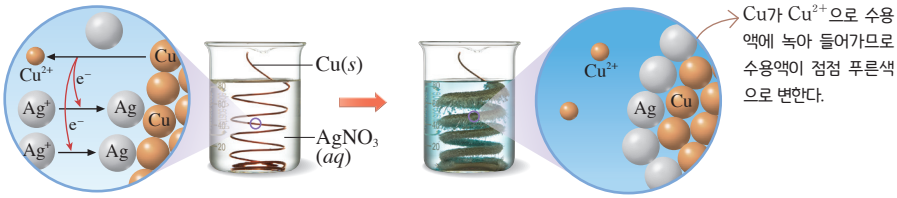
황산 구리(Ⅱ)($CuSO_4$) 수용액에 아연(Zn)판을 넣으면 수용액의 푸른색은 점점 옅어지고, Zn판의 표면은 붉은색 물질로 덮인다.



1. **Zn의 산화**: Zn은 전자를 잃고 Zn^{2+}으로 산화되어 수용액에 녹아 들어간다.
   ➡ $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq)+2e^-$(산화)
2. **Cu^{2+}의 환원**: 용액에 녹아 있던 Cu^{2+}은 전자를 얻어 Cu로 환원되어 석출된다.
   ➡ $Cu^{2+}(aq)+2e^- \longrightarrow Cu(s)$(환원)
3. **Zn과 Cu^{2+}의 산화 환원 반응**: $Zn(s)+Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq)+Cu(s)$
   (Zn: 전자를 잃음: 산화, Cu^{2+}: 전자를 얻음: 환원)

구리와 질산 은 수용액의 반응

무색의 질산 은($AgNO_3$) 수용액에 구리(Cu)줄을 넣으면 Cu줄 표면에 은(Ag)이 석출되고, 수용액은 점점 푸른색으로 변한다.



1. **Cu의 산화**: Cu는 전자를 잃고 Cu^{2+}으로 산화되어 수용액에 녹아 들어간다.
   ➡ $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq)+2e^-$(산화)
2. **Ag^+의 환원**: 용액에 녹아 있던 Ag^+은 전자를 얻어 Ag으로 환원되어 석출된다.
   ➡ $Ag^+(aq)+e^- \longrightarrow Ag(s)$(환원)
3. **Cu와 Ag^+의 산화 환원 반응**: $Cu(s)+2Ag^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq)+2Ag(s)$
   (Cu: 전자를 잃음: 산화, Ag^+: 전자를 얻음: 환원)

• Cu 1 mol이 전자 2 mol을 잃고 Cu^{2+}이 되므로 Cu 1 mol이 반응할 때 이동하는 전자는 2 mol이다.

3. 산화 환원 반응의 동시성 산화 환원 반응에서 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 전자를 얻는 물질이 있다. ➡ 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

• 산화되는 물질이 잃은 전자 수=환원되는 물질이 얻은 전자 수

심화 + 금속의 이온화 경향

금속의 이온화 경향은 금속 원소가 전자를 잃고 양이온이 되려는 경향으로, 이온화 경향이 큰 금속일수록 전자를 잃고 산화되기 쉬우며 ◆반응성이 크다.

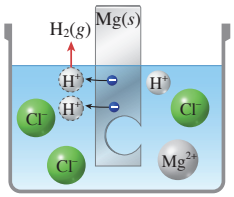
$$K > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > (H) > Cu > Hg > Ag > Pt > Au$$

예 아연과 황산 구리(Ⅱ) 수용액의 반응: 황산 구리(Ⅱ)($CuSO_4$) 수용액에 구리(Cu)보다 반응성이 큰 아연(Zn)을 넣으면 Zn은 전자를 잃고 Zn^{2+}으로 산화되고, Cu^{2+}은 전자를 얻어 Cu로 환원된다.

◆ **마그네슘(Mg)과 염산(HCl)의 반응**

HCl에 Mg을 넣으면 Mg은 전자를 잃고 Mg^{2+}으로 산화되고, H^+은 전자를 얻어 H_2로 환원된다.

$$2HCl + Mg \xrightarrow{\text{산화}} H_2 + MgCl_2 \quad (\text{환원})$$



교학사, 상상 교과서에만 나와요.

◆ **광변색 렌즈 속 산화 환원 반응**

광변색 렌즈는 자외선의 양에 따라 색이 변하는 렌즈로, 렌즈에는 염화 은(AgCl)과 염화 구리(Ⅰ)(CuCl) 등의 결정이 분산되어 있다. 실외에서 자외선에 노출되면 Cl^-이 전자를 잃고 Cl로 산화되고, Ag^+이 전자를 얻어 Ag으로 환원된다. 이 과정에서 생성된 Ag이 짙은 색을 띠므로 렌즈의 색이 어두워진다.

자외선이 약한 실내에서는 반대의 반응이 일어나면서 렌즈가 다시 투명해진다.

금성 교과서에만 나와요.

◆ **철의 부식 방지**

철(Fe)로 된 배의 선체에 철보다 반응성이 큰 아연(Zn)을 붙이면 아연이 먼저 산화되면서 선체의 부식이 방지된다.

정답친해 146쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

• 산화 환원 반응

구분	(❶)	(❷)
산소의 이동	어떤 물질이 산소를 얻는 반응	어떤 물질이 산소를 잃는 반응
전자의 이동	어떤 물질이 전자를 잃는 반응	어떤 물질이 전자를 얻는 반응

• 산화 환원 반응의 동시성: 산화 환원 반응에서 산소를 얻거나 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 산소를 잃거나 전자를 얻는 물질이 있다. ➡ 산화와 환원은 항상 (❸)에 일어난다.

1 산화 환원 반응에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 어떤 물질이 산소를 얻는 반응은 산화이다. ··· ( )
(2) 어떤 물질이 전자를 잃는 반응은 환원이다. ··· ( )
(3) 산화되는 물질이 없어도 환원이 일어난다. ····· ( )
(4) 산화 환원 반응이 일어날 때 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 전자를 얻는 물질이 있다. ····· ( )

2 다음은 용광로에 산화 철(Ⅲ)(Fe_2O_3)이 주성분인 철광석과 코크스(C)를 넣고 철을 제련하는 과정에서 일어나는 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$2Fe_2O_3(s)+3C(s) \longrightarrow 4Fe(s)+3CO_2(g)$$

( ) 안에 알맞은 말을 고르시오.

Fe_2O_3은 산소를 잃고 Fe로 ㉠(산화, 환원)되고, C는 산소를 얻어 CO_2로 ㉡(산화, 환원)된다.

3 다음은 나트륨(Na)과 염소(Cl_2)가 반응하여 염화 나트륨(NaCl)이 생성되는 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$2Na(s)+Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$$

산화되는 물질과 환원되는 물질을 각각 쓰시오.

4 ( ) 안에 산화 또는 환원을 알맞게 쓰시오.

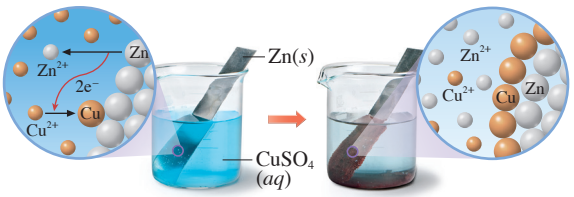
(1) $2Mg(s)+O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$
㉠( ), ㉡( )

(2) $Mg(s)+2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$
㉠( ), ㉡( )

(3) $Fe(s)+CuSO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq)+Cu(s)$
㉠( ), ㉡( )

(4) $2AgNO_3(aq)+Cu(s) \longrightarrow 2Ag(s)+Cu(NO_3)_2(aq)$
㉠( ), ㉡( )

5 그림은 황산 구리(Ⅱ)($CuSO_4$) 수용액에 아연(Zn)판을 넣었을 때 일어나는 반응을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 수용액이 푸른색을 띠는 것은 Cu^{2+} 때문이다. ·· ( )
(2) Zn이 Zn^{2+}으로 되어 수용액에 녹아 들어가기 때문에 수용액의 푸른색이 옅어진다. ····· ( )
(3) Cu^{2+}은 전자를 얻어 Cu로 산화된다. ····· ( )
(4) Zn은 전자를 잃고 Zn^{2+}으로 환원된다. ····· ( )
(5) 전자는 Zn에서 Cu^{2+}으로 이동한다. ····· ( )

C 산화수 변화와 산화 환원

공유 결합 물질에서는 전자의 이동으로 산화 환원 반응을 설명하기가 어려워요. 이때 산화수를 이용하면 모든 산화 환원 반응을 설명할 수 있는데 산화수를 이용하여 산화 환원 반응을 설명하는 방법을 지금부터 함께 알아보아요.

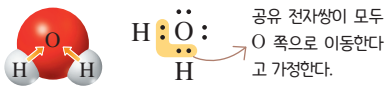
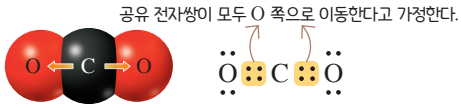
1. 산화수 어떤 물질에서 각 원자가 어느 정도 산화되었는지를 나타내는 가상적인 전하

(1) **이온 결합 물질에서 산화수**: 물질을 구성하고 있는 각 이온의 전하와 같다.

예 염화 나트륨(NaCl): Na의 산화수 ➡ +1, Cl의 산화수 ➡ −1

(2) **공유 결합 물질에서 산화수**: 구성 원자 중 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정할 때, 각 원자가 가지는 전하이다. ➡ 전자를 잃은 상태는 '+'로, 전자를 얻은 상태는 '−'로 나타낸다.

예 물(H_2O)과 이산화 탄소(CO_2)를 구성하는 각 원자의 산화수

물(H_2O)	이산화 탄소(CO_2)
전기 음성도: O>H ➡ 전기 음성도가 큰 O 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정한다.	전기 음성도: O>C ➡ 전기 음성도가 큰 O 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정한다.
	
• O는 2개의 H로부터 각각 전자를 1개씩 얻은 것이므로 전하가 −2이다. ➡ O의 산화수: −2 • 2개의 H는 각각 전자를 1개씩 잃은 것이므로 전하가 +1이다. ➡ H의 산화수: +1	• 2개의 O는 C로부터 각각 전자를 2개씩 얻은 것이므로 전하가 −2이다. ➡ O의 산화수: −2 • C는 전자 4개를 잃은 것이므로 전하가 +4이다. ➡ C의 산화수: +4

2. 산화수를 정하는 규칙 291쪽 대표 자료 1

❶ 원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이다.	예 H_2, O_2, Fe, Hg에서 각 원자의 산화수는 0이다.
❷ 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같다.	예 • Na^+에서 Na의 산화수는 +1이다. • Cl^-에서 Cl의 산화수는 −1이다.
❸ 다원자 이온은 각 원자의 산화수의 합이 그 이온의 전하와 같다.	예 • SO_4^{2-}: $\underset{S}{(+6)}+\underset{O}{(-2)}\times 4=-2$
❹ 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다.	예 • H_2O: $\underset{H}{(+1)}\times 2+\underset{O}{(-2)}=0$
❺ 화합물에서 1족 금속 원자의 산화수는 +1, 2족 금속 원자의 산화수는 +2이다.	예 • $\overset{+1\ -1}{NaCl}$에서 Na의 산화수는 +1이다. • $\overset{+2\ -2}{MgO}$에서 Mg의 산화수는 +2이다.
❻ 화합물에서 F의 산화수는 −1이다.	예 • $\overset{+1-1}{LiF}$에서 F의 산화수는 −1이다.
❼ 화합물에서 H의 산화수는 +1이다. (단, 금속의 수소 화합물에서는 −1이다.)	예 • $\overset{+1\ -2}{H_2O}$에서 H의 산화수는 +1이다. • $\overset{+1-1}{LiH}$에서 H의 산화수는 −1이다.
❽ 화합물에서 O의 산화수는 −2이다. (단, 과산화물에서는 −1이고, 플루오린 화합물에서는 +2이다.) O보다 전기 음성도가 더 큰 F과 결합한 플루오린 화합물에서 O의 산화수는 +2이다.	예 • $\overset{+1-2\ +4-2}{H_2O,\ CO_2}$에서 O의 산화수는 −2이다. • $\overset{+1-1}{H_2O_2}$에서 O의 산화수는 −1이다. • $\overset{+2-1}{OF_2}$에서 O의 산화수는 +2이다.

미래엔 교과서에만 나와요.

◆ **산화수의 주기성**

원자의 산화수는 전자 배치와 관련이 있어 주기성을 나타낸다. 1족과 2족 원자들은 각각 +1과 +2의 산화수를 가지며, F을 제외한 15족, 16족, 17족 원자들은 다양한 산화수를 가질 수 있다.

◆ **화합물의 종류에 따른 산화수**

같은 원자라도 산화수는 화합물의 종류에 따라 달라질 수 있으므로 여러 가지 산화수를 가질 수 있다.

N	O	V
$\overset{-3}{NH_3}$	$\overset{-2}{H_2O}$	$\overset{+5}{VO_2^+}$
$\overset{0}{N_2}$	$\overset{-1}{H_2O_2}$	$\overset{+4}{VO^{2+}}$
$\overset{+1}{N_2O}$	$\overset{0}{O_2}$	$\overset{+3}{V^{3+}}$
$\overset{+2}{NO}$	$\overset{+2}{OF_2}$	$\overset{+2}{V^{2+}}$

◆ **과산화물**

산화물에서 O 원자가 더해진 화합물로, O_2^{2-}을 포함하고 있는 물질이다.

암기해!

산화 환원 반응

구분	산화	환원
산소	얻음	잃음
전자	잃음	얻음
산화수	증가	감소

궁금해?

화학 반응은 모두 산화 환원 반응일까?

반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없다면 산화 환원 반응이 아니다.

• 앙금 생성 반응

$\overset{+1-1}{NaCl}(aq)+\overset{+1+5-2}{AgNO_3}(aq) \longrightarrow \overset{+1+5-2}{NaNO_3}(aq)+\overset{+1-1}{AgCl}(s)$

• 중화 반응

$\overset{+1-1}{HCl}(aq)+\overset{+1-2+1}{NaOH}(aq) \longrightarrow \overset{+1-2}{H_2O}(l)+\overset{+1-1}{NaCl}(aq)$

➡ 앙금 생성 반응과 중화 반응은 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

◆ 산화제와 환원제의 상대적 세기



산화제로 작용하는 물질이 산화시키는 능력이 더 큰 다른 물질과 반응할 때에는 환원제로 작용한다.

3. 산화수 변화와 산화 환원 반응

산화	산화수가 증가하는 반응
환원	산화수가 감소하는 반응

예 $\overset{0}{Zn}(s)+\overset{+2}{Cu}SO_4(aq) \longrightarrow \overset{+2}{Zn}SO_4(aq)+\overset{0}{Cu}(s)$ (Zn: 산화수 증가 → 산화, Cu: 산화수 감소 → 환원)

4. 산화 환원 반응의 동시성 산화 환원 반응에서 산화수가 증가한 물질이 있으면 반드시 산화수가 감소한 물질이 있다. ➡ 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

5. 산화제와 환원제

(1) 산화제와 환원제 291쪽 대표 자료 ❶

구분	산화제	환원제
정의	자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질	자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질
예	$\overset{+3}{Fe_2O_3}(s)+\overset{+2}{3CO}(g) \longrightarrow \overset{0}{2Fe}(s)+\overset{+4}{3CO_2}(g)$ (Fe: 산화수 감소 → 환원, C: 산화수 증가 → 산화)	
주로 사용되는 물질	• 전자를 얻기 쉬운 비금속 원소 예 F_2, Cl_2, O_3 등 • 산화수가 큰 원자가 들어 있는 화합물 – 전자를 얻어 산화수가 작은 상태로 환원되면서 다른 물질을 산화시킨다. 예 $\overset{+7}{KMnO_4}$, $\overset{+6}{K_2Cr_2O_7}$ 등	• 전자를 잃기 쉬운 금속 원소 예 Li, Na, K 등 • 산화수가 작은 원자가 들어 있는 화합물 – 전자를 잃고 산화수가 큰 상태로 산화되면서 다른 물질을 환원시킨다. 예 $\overset{+2}{SnCl_2}$, $\overset{+2}{CO}$ 등

(2) ◆**산화제와 환원제의 상대적 세기**: 같은 물질이라도 어떤 물질과 반응하는지에 따라 산화제로 작용할 수도 있고, 환원제로 작용할 수도 있다. ➡ 산화 환원 반응에서 전자를 잃거나 얻으려는 경향은 서로 상대적이기 때문이다.

이산화 황(SO_2)

이산화 황(SO_2)이 산화제로 작용

SO_2이 황화 수소(H_2S)와 반응하는 경우에는 자신은 환원되면서 H_2S를 S으로 산화시키는 산화제로 작용한다.

$\overset{+4}{SO_2}(g)+2\overset{-2}{H_2S}(g) \longrightarrow 2H_2O(l)+\overset{0}{3S}(s)$ (S: 산화수 증가 → 산화, S: 산화수 감소 → 환원)

이산화 황(SO_2)이 환원제로 작용

SO_2이 상대적으로 더 강한 산화제인 염소(Cl_2)와 반응하는 경우에는 자신은 산화되면서 Cl_2를 Cl^-으로 환원시키는 환원제로 작용한다.

$\overset{+4}{SO_2}(g)+2H_2O(l)+\overset{0}{Cl_2}(g) \longrightarrow \overset{+6}{H_2SO_4}(aq)+\overset{-1}{2HCl}(aq)$ (S: 산화수 증가 → 산화, Cl: 산화수 감소 → 환원)

D 산화 환원 반응식

1. 산화 환원 반응식 완성하기(산화수법) 산화 환원 반응에서 증가한 산화수와 감소한 산화수는 항상 같으므로 이를 이용하여 산화 환원 반응식을 완성한다. 291쪽 대표 자료 ❷

증가한 산화수=감소한 산화수

산성 용액에서 옥살산 이온($C_2O_4^{2-}$)과 과망가니즈산 이온(MnO_4^-)의 반응

1단계 반응물을 화살표의 왼쪽에, 생성물을 화살표의 오른쪽에 쓰고 각 원자의 산화수를 구한다.

$$\overset{+3\ -2}{C_2O_4^{2-}}(aq)+\overset{+7\ -2}{MnO_4^-}(aq)+\overset{+1}{H^+}(aq)\longrightarrow \overset{+4\ -2}{CO_2}(g)+\overset{+2}{Mn^{2+}}(aq)+\overset{+1\ -2}{H_2O}(l)$$

2단계 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.

$$\overset{+3\ -2}{C_2O_4^{2-}}(aq)+\overset{+7\ -2}{MnO_4^-}(aq)+\overset{+1}{H^+}(aq)\longrightarrow \overset{+4\ -2}{CO_2}(g)+\overset{+2}{Mn^{2+}}(aq)+\overset{+1\ -2}{H_2O}(l)$$

(1 증가, 5 감소)

3단계 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수가 다른 경우 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수를 맞추고, 증가한 산화수와 감소한 산화수를 각각 계산한다.

산화되는 C 원자 수가 다르므로 맞추어 준다. ➡ 증가한 산화수: $1\times2=2$

$$C_2O_4^{2-}(aq)+MnO_4^-(aq)+H^+(aq)\longrightarrow 2CO_2(g)+Mn^{2+}(aq)+H_2O(l)$$

환원되는 Mn 원자 수가 같다. ➡ 감소한 산화수: $5\times1=5$

4단계 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$5C_2O_4^{2-}(aq)+2MnO_4^-(aq)+H^+(aq)\longrightarrow 10CO_2(g)+2Mn^{2+}(aq)+H_2O(l)$$

($2\times5=10$, $5\times2=10$)

5단계 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞추어 산화 환원 반응식을 완성한다.

$$5C_2O_4^{2-}(aq)+2MnO_4^-(aq)+16H^+(aq)\longrightarrow 10CO_2(g)+2Mn^{2+}(aq)+8H_2O(l)$$



산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수가 같으면 3단계는 생략할 수 있어요.

◆ **완성된 산화 환원 반응식에서 확인해야 할 것**

- 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같아야 한다.
- 반응물과 생성물의 전하량의 총합이 같아야 한다.

심화 + 이온 – 전자법

미래엔, 지학사 교과서에만 나와요.

전자의 이동을 알기 쉽도록 산화 환원 반응을 산화 반응과 환원 반응으로 분리하여 나타낸 반응을 반쪽 반응이라고 한다. 따라서 반쪽 반응을 이용하여 화학 반응식의 계수를 맞추면 산화 환원 반응식을 완성할 수 있다.

1단계 각 원자의 산화수를 구한다.

$$\overset{+7\ -2}{MnO_4^-}+\overset{-1}{Cl^-}+\overset{+1}{H^+}\longrightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}}+\overset{0}{Cl_2}+\overset{+1\ -2}{H_2O}$$

2단계 산화 환원 반응을 산화 반응과 환원 반응으로 나눈다.

산화: $Cl^-\longrightarrow Cl_2$

환원: $MnO_4^-\longrightarrow Mn^{2+}$

3단계 원자의 종류와 수가 같도록 계수를 맞춘다.

산화: $2Cl^-\longrightarrow Cl_2$

환원: $MnO_4^-+8H^+\longrightarrow Mn^{2+}+4H_2O$

4단계 화살표 양쪽의 전하량이 같도록 맞춘다.

산화: $2Cl^-\longrightarrow Cl_2+2e^-$

환원: $MnO_4^-+8H^++5e^-\longrightarrow Mn^{2+}+4H_2O$

5단계 잃은 전자 수와 얻은 전자 수가 같도록 계수를 맞춘다.

산화: $(2Cl^-\longrightarrow Cl_2+2e^-)\times5$

환원: $(MnO_4^-+8H^++5e^-\longrightarrow Mn^{2+}+4H_2O)\times2$

6단계 두 반쪽 반응을 더하여 산화 환원 반응식을 완성한다.

$$2MnO_4^-+10Cl^-+16H^+\longrightarrow 2Mn^{2+}+5Cl_2+8H_2O$$

YBM 교과서에만 나와요.

◆ **산화 환원 반응의 알짜 이온 반응식**

산화 환원 반응의 알짜 이온 반응식은 실제로 산화수가 변한 원소만을 화학 반응식에 나타낸 것이다.

예 구리(Cu)와 질산 은($AgNO_3$) 수용액 반응의 알짜 이온 반응식

$$2Ag^+(aq)+Cu(s)\longrightarrow 2Ag(s)+Cu^{2+}(aq)$$

2. 산화 환원 반응의 양적 관계 완성된 산화 환원 반응식으로부터 산화나 환원에 필요한 환원제나 산화제의 양을 알 수 있다. ➡ 산화 환원 반응식에서 산화나 환원에 필요한 환원제나 산화제의 계수비는 환원제나 산화제의 몰비와 같다.

산화 철(Ⅲ)(Fe_2O_3)과 일산화 탄소(CO)의 반응

$$\overset{+3}{Fe_2O_3}(s)+\overset{+2}{3CO}(g)\longrightarrow \overset{0}{2Fe}(s)+\overset{+4}{3CO_2}(g)$$

(산화수 증가: 산화 — CO, 산화제 — Fe_2O_3, 환원제 — CO, 산화수 감소: 환원 — Fe_2O_3)

산화제인 Fe_2O_3과 환원제인 CO는 1 : 3의 몰비로 반응한다.
➡ Fe_2O_3 1 mol이 환원되려면 CO 3 mol이 필요하다.

정답친해 146쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

- (❶): 어떤 물질에서 각 원자가 어느 정도 산화되었는지를 나타내는 가상적인 전하
  - 이온 결합 물질에서 산화수: 물질을 구성하고 있는 각 이온의 (❷)와 같다.
  - 공유 결합 물질에서 산화수: 구성 원자 중 전기 음성도가 (❸) 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정할 때, 각 원자가 가지는 전하이다.
- 산화수 변화와 산화 환원
  - 산화: 산화수가 (❹)하는 반응
  - 환원: 산화수가 (❺)하는 반응
- 산화 환원 반응의 동시성: 산화 환원 반응에서 산화수가 증가한 물질이 있으면 반드시 산화수가 감소한 물질이 있다.
  ➡ 산화와 환원은 항상 (❻)에 일어난다.
- (❼): 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질
- (❽): 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질
- 산화 환원 반응식 완성하기(산화수법): 산화 환원 반응에서 증가한 산화수와 감소한 산화수는 항상 같으므로 이를 이용하여 산화 환원 반응식을 완성한다.

1 산화수에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 산화수가 감소하는 반응은 환원이다. ····· ( )
(2) NaCl에서 Na의 산화수는 +1이다. ····· ( )
(3) CO_2에서 C의 산화수는 −4이다. ····· ( )
(4) 화합물에서 O의 산화수는 항상 −2이다. ····· ( )
(5) 화합물을 구성하는 원자들의 산화수의 합은 0이다. ····· ( )

2 각 물질에서 밑줄 친 원자의 산화수를 쓰시오.

(1) $H\underline{N}O_3$　(2) $Na\underline{H}$　(3) $H_2\underline{O}_2$
(4) $\underline{C}H_4$　(5) $\underline{O}F_2$　(6) $H\underline{Cl}O$

3 다음 반응식에서 밑줄 친 원자들의 산화수를 차례대로 쓰고, ( ) 안에 산화 또는 환원을 알맞게 쓰시오.

(1) $2\underline{H}_2(g)+\underline{O}_2(g) \longrightarrow 2\underline{H}_2\underline{O}(g)$
㉠( ), ㉡( )

(2) $2KI(aq)+\underline{Cl}_2(g) \longrightarrow I_2(s)+2K\underline{Cl}(aq)$
㉠( ), ㉡( )

(3) $\underline{Fe}_2O_3(s)+3\underline{C}O(g) \longrightarrow 2\underline{Fe}(s)+3\underline{C}O_2(g)$
㉠( ), ㉡( )

4 ( ) 안에 산화제 또는 환원제 중 알맞은 말을 쓰시오.

(1) 화학 반응에서 산화되는 물질은 ( )이다.
(2) 화학 반응에서 산화수가 감소하는 원자를 포함한 물질은 ( )이다.
(3) 플루오린(F_2)은 주로 ㉠( )로, 나트륨(Na)은 주로 ㉡( )로 사용된다.

5 다음 반응에서 산화제와 환원제를 각각 쓰시오.

(1) $N_2(g)+3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$
(2) $Zn(s)+2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq)+H_2(g)$
(3) $SO_2(g)+2H_2S(g) \longrightarrow 2H_2O(l)+3S(s)$

6 다음은 산화 환원 반응식을 단계적으로 완성하는 과정을 나타낸 것이다. a~d에 알맞은 숫자를 각각 쓰시오.

(가) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.

$$\overset{a\text{ 증가}}{Fe^{2+}}+\overset{b\text{ 감소}}{MnO_4^-}+8H^+ \longrightarrow Fe^{3+}+Mn^{2+}+4H_2O$$

(나) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$cFe^{2+}+dMnO_4^-+8H^+ \longrightarrow cFe^{3+}+dMn^{2+}+4H_2O$$

대표 자료 분석

정답친해 147쪽

자료 ❶ 산화수 변화와 산화제, 환원제

기출 Point
- 원자의 산화수
- 산화제와 환원제

[1~4] 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2H_2(g)+O_2(g) \longrightarrow \underset{㉠}{2H_2O(l)}$

(나) $\underset{㉡}{O_2}(g)+F_2(g) \longrightarrow \underset{㉢}{O_2F_2}(g)$

(다) $2\underset{㉣}{MnO_4^-}(aq)+10Cl^-(aq)+16H^+(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq)+5Cl_2(g)+8H_2O(l)$

1 (가)에서 H와 O의 산화수 변화를 각각 쓰시오.

2 (나)에서 F의 산화수를 순서대로 쓰시오.

3 (다)에서 Mn의 산화수 변화를 쓰시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)에서 H_2는 환원된다. ····· (○ / ×)
(2) (가)에서 O_2는 산화제이다. ····· (○ / ×)
(3) (나)에서 F_2은 환원된다. ····· (○ / ×)
(4) (나)에서 O의 산화수는 감소한다. ····· (○ / ×)
(5) (다)에서 Mn의 산화수는 +7에서 +2로 감소한다. ····· (○ / ×)
(6) (다)에서 MnO_4^-은 환원제이다. ····· (○ / ×)
(7) ㉠~㉣에서 O의 산화수 중 가장 큰 값은 +1이다. ····· (○ / ×)

자료 ❷ 산화 환원 반응식

기출 Point
- 산화 환원 반응식 완성하기
- 산화 환원 반응의 양적 관계

[1~4] 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $CO(g)+2H_2(g) \longrightarrow CH_3OH(l)$

(나) $CO(g)+H_2O(l) \longrightarrow CO_2(g)+H_2(g)$

(다) $aMnO_4^-(aq)+bSO_3^{2-}(aq)+H_2O(l) \longrightarrow aMnO_2(aq)+bSO_4^{2-}(aq)+cOH^-(aq)$ (a~c는 반응 계수)

1 (가)에서 산화되는 물질과 환원되는 물질을 각각 쓰시오.

2 (나)에서 산화되는 물질과 환원되는 물질을 각각 쓰시오.

3 (다)에서 Mn의 산화수 변화와 S의 산화수 변화를 각각 쓰시오.

4 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) (가)에서 CO는 환원제이다. ····· (○ / ×)
(2) (나)에서 H_2O은 산화제이다. ····· (○ / ×)
(3) (다)에서 MnO_4^-은 환원제이다. ····· (○ / ×)
(4) (다)에서 $a+b+c=4$이다. ····· (○ / ×)
(5) (다)에서 MnO_4^-과 SO_3^{2-}은 2 : 3의 몰비로 반응한다. ····· (○ / ×)
(6) (다)에서 SO_3^{2-} 1 mol을 모두 산화시키는 데 필요한 MnO_4^-의 최소 양(mol)은 2 mol이다. ····· (○ / ×)
(7) (다)에서 MnO_4^- 1 mol이 반응할 때 이동하는 전자는 3 mol이다. ····· (○ / ×)

내신 만점 문제

A B 산소의 이동·전자의 이동과 산화 환원

01 산화 환원 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 어떤 물질이 산소를 잃으면 산화된다.
ㄴ. 어떤 물질이 전자를 얻으면 환원된다.
ㄷ. 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2Na(s)+Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$
(나) $2AgNO_3(aq)+Fe(s) \longrightarrow 2Ag(s)+Fe(NO_3)_2(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 Na은 산화된다.
ㄴ. (나)에서 $AgNO_3$은 산화된다.
ㄷ. (나)에서 용액 속 양이온 수는 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 금속 A~C를 각각 질산 은($AgNO_3$) 수용액과 황산 구리(Ⅱ)($CuSO_4$) 수용액에 넣었을 때의 반응 결과에 대한 자료이다.

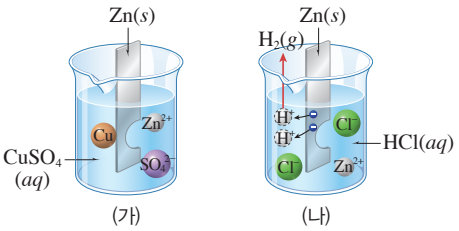
금속	$AgNO_3$ 수용액	$CuSO_4$ 수용액
A	반응 안함	반응 안함
B	금속 Ag 석출	반응 안함
C	금속 Ag 석출	금속 Cu 석출

A~C의 산화되기 쉬운 정도를 옳게 비교한 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

① A>B>C ② A>C>B ③ B>A>C
④ B>C>A ⑤ C>B>A

중요 **04** 다음은 아연(Zn)판을 이용한 실험이다.

(가) 황산 구리(Ⅱ)($CuSO_4$) 수용액에 Zn판을 넣었더니 Zn판 표면에 구리(Cu)가 석출되었다.
(나) 염산(HCl)에 Zn판을 넣었더니 수소(H_2) 기체가 발생하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)와 (나)에서 Zn은 산화된다.
ㄴ. (나)에서 Zn판의 크기는 점점 작아진다.
ㄷ. (가)와 (나)에서 용액 속 전체 이온 수는 변하지 않는다.

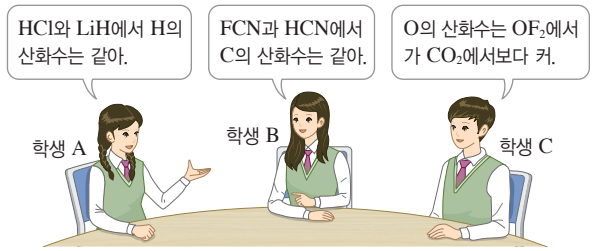
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

C 산화수 변화와 산화 환원

중요 **05** 산화수에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① 원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이다.
② 화합물에서 H의 산화수는 항상 +1이다.
③ 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같다.
④ 같은 원자라도 결합하는 원자의 종류에 따라 산화수가 달라질 수 있다.
⑤ 공유 결합 물질에서 전기 음성도가 큰 원자는 전기 음성도가 작은 원자보다 산화수가 작다.

06 다음은 산화수에 대한 학생들의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고르시오.

중요 **07** 다음은 3가지 산화 환원 반응에 대한 설명이다.

- 질소($\underline{N}_2$) 기체와 수소(H_2) 기체를 반응시키면 암모니아(NH_3) 기체가 생성된다.
- 메테인($\underline{C}H_4$)을 공기 중에서 연소시키면 이산화 탄소(CO_2) 기체가 발생한다.
- 염산($\underline{H}Cl$)에 마그네슘(Mg) 조각을 넣으면 수소(H_2) 기체가 발생한다.

밑줄 친 원자의 산화수 변화를 옳게 짝 지은 것은?

	$\underline{N}$	$\underline{C}$	$\underline{H}$
①	3 감소	4 증가	2 감소
②	3 감소	4 증가	2 증가
③	3 감소	8 증가	1 감소
④	3 증가	8 증가	1 감소
⑤	3 증가	8 증가	1 증가

08 산화 환원 반응만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $2Al(s)+3Cl_2(g) \longrightarrow 2AlCl_3(s)$

ㄴ. $Mg(OH)_2(aq)+2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq)+2H_2O(l)$

ㄷ. $NaCl(aq)+AgNO_3(aq) \longrightarrow NaNO_3(aq)+AgCl(s)$

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2Na(s)+Cl_2(g) \longrightarrow 2\boxed{\text{㉠}}(s)$

(나) $H_2(g)+Cl_2(g) \longrightarrow 2\boxed{\text{㉡}}(g)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. (가)에서 Na은 전자를 잃는다.

ㄴ. (나)에서 H_2는 환원된다.

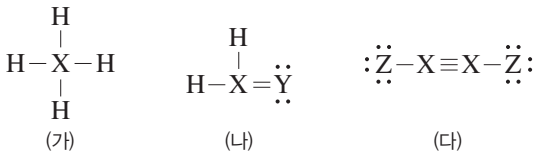
ㄷ. ㉠과 ㉡에서 Cl의 산화수는 모두 -1이다.

서술형 **10** 그림은 1, 2주기 원소 A~C로 이루어진 분자 (가)와 (나)의 루이스 전자점식을 나타낸 것이다.


(가) (나)

(가)와 (나)에서 B의 산화수를 전기 음성도와 관련하여 서술하시오. (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 전기 음성도의 크기는 C>B>A이다.)

중요 **11** 그림은 분자 (가)~(다)의 루이스 구조를 나타낸 것이다. 전기 음성도는 X>H이다.


(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 2주기 원소 기호이다.)

보기

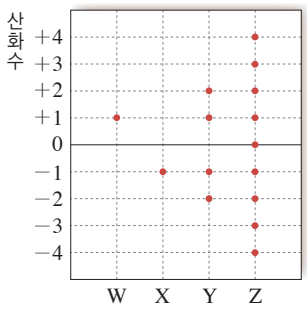
ㄱ. (가)에서 X의 산화수는 $+4$이다.

ㄴ. XY_2에서 Y의 산화수는 -2이다.

ㄷ. YZ_2에서 Y 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **12** 그림은 2주기 원소 W~Z가 화합물에서 가질 수 있는 산화수 중 일부에 대한 자료이다.



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

보기

ㄱ. 전기 음성도는 W > X이다.
ㄴ. YX_2에서 Y의 산화수는 +2이다.
ㄷ. ZX_4에서 Z의 산화수는 +4이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 다음은 2가지 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2Mg(s)+O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$
(나) $2CuO(s)+C(s) \longrightarrow 2Cu(s)+CO_2(g)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 Mg은 산화된다.
ㄴ. (나)에서 CuO는 환원제이다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 산화 환원 반응이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2Na(s)+Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$
(나) $Mg(s)+2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$
(다) $2AgNO_3(aq)+Fe(s) \longrightarrow 2Ag(s)+Fe(NO_3)_2(aq)$

(가)~(다)에서 산화제로 작용한 물질을 각각 쓰시오.

중요 **15** 다음은 산성비와 관련된 3가지 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2NO(g)+O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$
(나) $2NO_2(g)+H_2O(l) \longrightarrow HNO_3(aq)+HNO_2(aq)$
(다) $HNO_3(aq)+H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq)+NO_3^-(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 NO는 산화제이다.
ㄴ. (나)의 질소 화합물 중 산화수가 가장 작은 N를 포함한 화합물은 HNO_2이다.
ㄷ. (다)는 산화 환원 반응이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 다음은 어떤 산화 환원 반응에 대한 자료이다.

- $2XY+Y_2 \longrightarrow 2XY_2$
- XY와 XY_2에서 Y의 산화수는 $-a$이다. $(a>0)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 2주기 원소이다.)

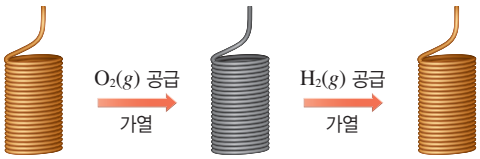
보기

ㄱ. 전기 음성도는 X < Y이다.
ㄴ. X의 산화수는 XY_2에서가 XY에서의 2배이다.
ㄷ. 이 반응에서 Y_2는 산화제이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 다음은 구리(Cu)를 이용한 실험이다.

(가) 공기 중에서 붉은색의 구리줄을 가열하였더니 검게 변하였다.
(나) 검게 변한 구리줄에 수소(H_2) 기체를 공급하면서 가열하였더니 다시 붉은색의 구리줄이 되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 Cu의 산화수는 2만큼 증가한다.
ㄴ. (나)에서 검게 변한 구리줄은 환원된다.
ㄷ. (나)에서 H_2는 환원제이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2H_2S(g)+SO_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)+3S(s)$
(나) $SO_2(g)+2H_2O(l)+Cl_2(g) \longrightarrow H_2SO_4(aq)+2HCl(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

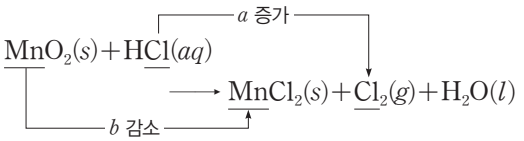
보기
ㄱ. (가)에서 H_2S는 산화된다.
ㄴ. (나)에서 Cl_2는 환원제이다.
ㄷ. SO_2은 (가)에서는 산화제로, (나)에서는 환원제로 작용한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

D 산화 환원 반응식

중요 **19** 다음은 산화 환원 반응식을 단계적으로 완성하는 과정을 나타낸 것이다.

(가) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



(나) 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수를 맞추고, 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.
$MnO_2(s)+2HCl(aq) \longrightarrow MnCl_2(s)+Cl_2(g)+H_2O(l)$
(다) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.
$MnO_2(s)+cHCl(aq) \longrightarrow MnCl_2(s)+Cl_2(g)+dH_2O(l)$

$a \sim d$를 모두 더한 값($a+b+c+d$)은?

① 8 ② 9 ③ 10
④ 11 ⑤ 12

20 다음은 다이크로뮴산 칼륨($K_2Cr_2O_7$), 물(H_2O), 황(S)의 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

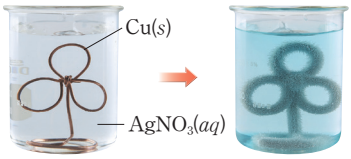
$2K_2Cr_2O_7(aq)+2H_2O(l)+3S(s) \longrightarrow 4KOH(aq)+2Cr_2O_3(s)+3SO_2(g)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. Cr의 산화수는 3만큼 감소한다.
ㄴ. $K_2Cr_2O_7$은 산화제로 작용하고, S은 환원제로 작용한다.
ㄷ. $K_2Cr_2O_7$ 1 mol이 반응할 때 이동하는 전자는 3 mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

21 그림과 같이 구리(Cu)줄을 0.1 M 질산 은($AgNO_3$) 수용액에 넣었더니 Cu줄 표면에 은(Ag)이 석출되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. Cu의 산화수는 증가한다.
ㄴ. $AgNO_3$은 환원제이다.
ㄷ. 0.1 M $AgNO_3$ 수용액 100 mL를 모두 환원시키는 데 필요한 Cu의 최소 양(mol)은 0.02 mol이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **22** 다음은 구리(Cu)와 질산(HNO_3)의 산화 환원 반응식이다.

$$a\mathrm{Cu}(s)+b\mathrm{HNO_3}(aq) \longrightarrow c\mathrm{Cu(NO_3)_2}(aq)+4\mathrm{H_2O}(l)+d\mathrm{NO}(g)$$
(a~d는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 0 ℃, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.)

보기

ㄱ. $a+b+c+d$는 10이다.
ㄴ. Cu 0.03 mol을 모두 산화시키는 데 필요한 HNO_3의 최소 양(mol)은 0.08 mol이다.
ㄷ. Cu 3 mol이 산화될 때 생성되는 NO 기체의 부피는 0 ℃, 1 atm에서 44.8 L이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

$$5\mathrm{Co}^{2+}(aq)+a\mathrm{MnO_4}^-(aq)+8\mathrm{H}^+(aq) \longrightarrow 5\mathrm{Co}^{m+}(aq)+a\mathrm{Mn}^{2+}(aq)+b\mathrm{H_2O}(l)$$
(a, b는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $a+b=5$이다.
ㄴ. $m=3$이다.
ㄷ. MnO_4^- 1 mol이 반응할 때 이동하는 전자의 양(mol)은 5 mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

24 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $\mathrm{H_2O_2}(aq)+2\mathrm{Br}^-(aq)+2\mathrm{H}^+(aq) \longrightarrow \mathrm{Br_2}(aq)+2\mathrm{H_2O}(l)$

(나) $a\mathrm{Fe}^{2+}(aq)+\mathrm{MnO_4}^-(aq)+8\mathrm{H}^+(aq) \longrightarrow a\mathrm{Fe}^{3+}(aq)+\mathrm{Mn}^{2+}(aq)+4\mathrm{H_2O}(l)$
(a는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

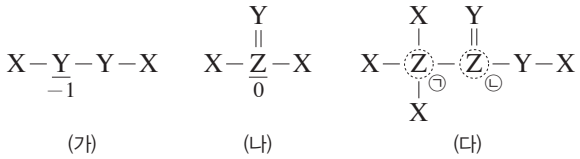
ㄱ. (가)와 (나)에서 O의 산화수는 모두 −2이다.
ㄴ. (나)에서 MnO_4^-은 산화제이다.
ㄷ. (나)에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응한 Fe^{2+}의 양(mol)은 0.8 mol이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실력 UP 문제

정답친해 153쪽

01 그림은 분자 (가)~(다)의 구조와 원자의 산화수 중 일부를 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 1, 2주기에 속하는 임의의 원소 기호이다.)

보기

ㄱ. (나)에서 Y의 산화수는 −1이다.
ㄴ. (다)에서 Z의 산화수는 ㉡이 ㉠보다 6만큼 크다.
ㄷ. Z_2X_2에서 Z의 산화수는 +1이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 3가지 반응의 화학 반응식이다.

(가) $HNO_3(aq)+NaOH(aq) \longrightarrow NaNO_3(aq)+$ ㉠ (l)
(나) $3NO_2(g)+$ ㉠ $(l) \longrightarrow 2HNO_3(aq)+NO(g)$
(다) $2NaOH(aq)+Cl_2(g) \longrightarrow NaCl(aq)+$ ㉠ $(l)+$ ㉡ (aq)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 N의 산화수는 증가한다.
ㄴ. (나)에서 ㉠은 산화제이다.
ㄷ. (다)에서 Cl의 산화수 중 가장 큰 값은 +1이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

$$a\underset{㉠}{K_2Cr_2O_7}(aq)+b\underset{㉠}{C}(s) \longrightarrow c\underset{㉡}{Cr_2O_3}(s)+a\underset{㉡}{K_2CO_3}(aq)+\underset{㉢}{CO}(g)$$

(a~c는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $K_2Cr_2O_7$은 환원제이다.
ㄴ. $a+b+c=4$이다.
ㄷ. ㉠, ㉡, ㉢의 산화수의 합은 +6이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

$$a\underset{-1}{Cl^-}(aq)+b\underset{+6}{Cr_2O_7^{2-}}(aq)+c\underset{+1}{H^+}(aq) \longrightarrow d\underset{0}{Cl_2}(g)+2\underset{+3}{Cr^{3+}}(aq)+7H_2O(l)$$

(a~d는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. Cl^-은 산화된다.
ㄴ. $Cr_2O_7^{2-}$은 환원제이다.
ㄷ. $a+b+c+d=24$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2 화학 반응에서 열의 출입

핵심 포인트
1. 발열 반응과 흡열 반응이 일어날 때의 변화 ★★★
2. 발열 반응과 흡열 반응의 예 ★★
3. 열량계를 이용한 열량 측정 ★★★

A 발열 반응과 흡열 반응

궁금해?
화학 반응이 일어날 때 열을 방출하거나 흡수하는 까닭은?
화학 반응에서 반응물과 생성물은 고유의 에너지를 가지고 있는데 반응이 일어날 때 이 에너지의 차이만큼 열을 방출하거나 흡수하기 때문이다.

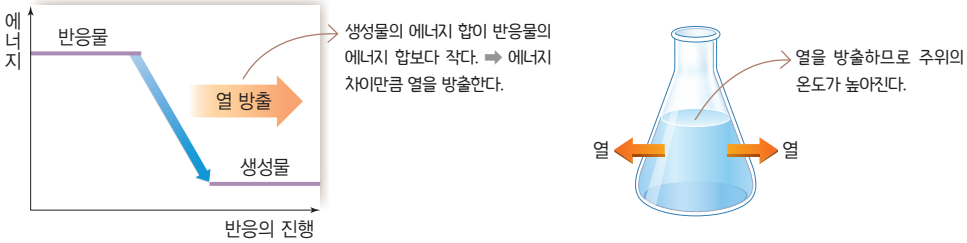
1. 화학 반응과 열의 출입 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하거나 흡수한다.

(1) **발열 반응**: 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응

① 열의 출입: 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 반응하면서 열을 방출한다.

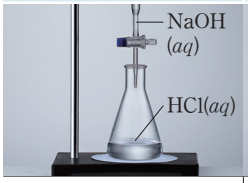
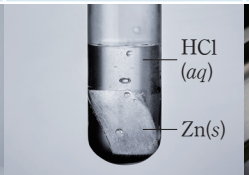
② 주위의 온도 변화: 주위의 온도가 높아진다.

발열 반응에서 에너지 변화와 열의 출입



◆ **상태 변화에서의 열 출입**
물질의 상태 변화가 일어날 때에도 열을 흡수하거나 방출한다.
- 융해, 기화, 승화(고체 → 기체)가 일어날 때는 열을 흡수한다.
- 응고, 액화, 승화(기체 → 고체)가 일어날 때는 열을 방출한다.

③ 발열 반응의 예: 산과 염기의 중화 반응, 금속과 산의 반응, 연소, 금속의 산화, 산의 용해, 수산화 나트륨의 용해 등이 있다. 303쪽 대표 자료 ❶

염산($HCl(aq)$)과 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액의 반응	아연(Zn)과 염산(HCl)의 반응	메테인(CH_4)의 연소	철(Fe)이 녹스는 반응
			
$HCl(aq)+NaOH(aq) \longrightarrow H_2O(l)+NaCl(aq)+$열	$Zn(s)+2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq)+H_2(g)+$열	$CH_4(g)+2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)+$열	$4Fe(s)+3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(s)+$열

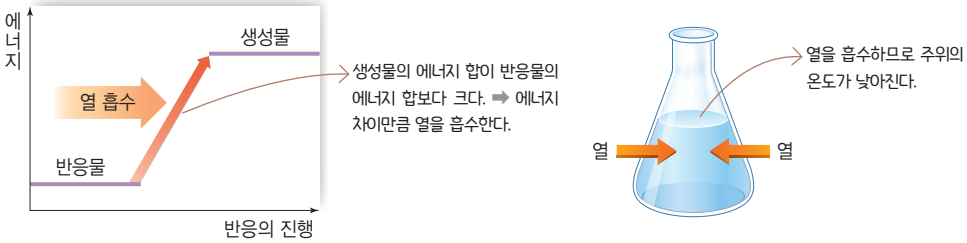
상상 교과서에만 나와요.
◆ **자일리톨 껌에서 일어나는 흡열 반응**
자일리톨이 포함된 껌을 먹으면 입안이 시원해지는 것을 느낄 수 있는데 이는 자일리톨이 침에 녹으면서 열을 흡수하기 때문이다.

(2) **흡열 반응**: 화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응

① 열의 출입: 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크므로 반응하면서 열을 흡수한다.

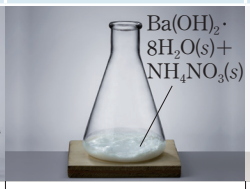
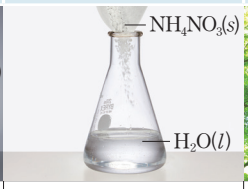
② 주위의 온도 변화: 주위의 온도가 낮아진다.

흡열 반응에서 에너지 변화와 열의 출입



암기해!
발열 반응과 흡열 반응
- 발열 반응: 열 방출, 주위의 온도가 높아짐
- 흡열 반응: 열 흡수, 주위의 온도가 낮아짐

③ 흡열 반응의 예: 열분해, 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄(또는 염화 암모늄)의 반응, 질산 암모늄의 용해, ◆광합성, 물의 전기 분해 등이 있다. 303쪽 대표 자료 ❶

베이킹파우더의 주성분 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$)의 열분해	수산화 바륨 팔수화물($Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$)과 질산 암모늄(NH_4NO_3)의 반응	질산 암모늄(NH_4NO_3)의 용해	광합성
			
$2NaHCO_3(s)+열 \longrightarrow Na_2CO_3(s)+H_2O(l)+CO_2(g)$	$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O(s)+2NH_4NO_3(s)+열 \longrightarrow Ba(NO_3)_2(aq)+10H_2O(l)+2NH_3(g)$	$NH_4NO_3(s)+열 \longrightarrow NH_4^+(aq)+NO_3^-(aq)$	$6CO_2(g)+6H_2O(g) \xrightarrow{빛에너지} C_6H_{12}O_6(s)+6O_2(g)$

탐구 자료창 화학 반응에서 열의 출입

아연과 염산의 반응

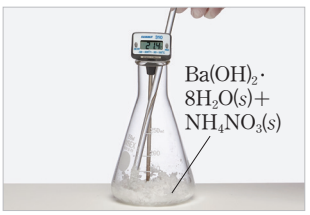
비커에 $HCl(aq)$을 넣고 온도를 측정하고, Zn 조각을 넣은 뒤 유리 막대로 저으면서 온도 변화를 관찰한다.



1. **온도 변화**: 온도가 높아진다.
2. **결론**: Zn과 $HCl(aq)$의 반응은 발열 반응이다.

수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응

삼각 플라스크에 $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$과 NH_4NO_3을 넣고 온도를 측정한 뒤, 두 물질을 잘 섞으면서 온도 변화를 관찰한다.



1. **온도 변화**: 온도가 낮아진다.
2. **결론**: $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$과 NH_4NO_3의 반응은 흡열 반응이다.

2. ◆화학 반응에서 출입하는 열의 이용

발열 반응의 이용	조리용 발열 팩	발열 도시락에는 음식을 데울 수 있는 조리용 발열 팩이 들어 있는데, 이는 산화 칼슘(CaO)과 물(H_2O)이 반응할 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 현상을 이용한 것이다. ➡ $CaO(s)+H_2O(l) \longrightarrow Ca(OH)_2(aq)+열$
	휴대용 손난로	철(Fe) 가루가 산화될 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 현상을 이용한 것이다. ➡ $4Fe(s)+3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(s)+열$
	제설제	염화 칼슘($CaCl_2$)이 물에 용해될 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 현상을 이용하여 도로의 눈을 녹인다. ➡ $CaCl_2(s) \longrightarrow Ca^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)+열$
흡열 반응의 이용	냉각 팩	질산 암모늄(NH_4NO_3)이 물에 용해될 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아지는 현상을 이용한 것이다. ➡ $NH_4NO_3(s)+열 \longrightarrow NH_4^+(aq)+NO_3^-(aq)$

상상 교과서에만 나와요.

◆ **에너지를 소모하는 반응**

열에너지뿐만 아니라 빛에너지나 전기 에너지를 흡수하여 에너지를 소모하는 반응도 흡열 반응으로 분류한다. 따라서 빛에너지를 흡수하는 광합성이나 전기 에너지를 흡수하는 물의 전기 분해도 흡열 반응의 예이다.

◆ **석회수**

석회수는 수산화 칼슘의 포화 수용액으로, 이산화 탄소와 반응하면 탄산 칼슘과 물이 생성되는데 탄산 칼슘은 물에 녹지 않으므로 뿌옇게 흐려진다. 따라서 석회수는 주로 이산화 탄소 기체를 검출할 때 사용한다.

◆ **다양한 변화가 일어날 때 출입하는 열의 이용**

일상생활에서는 화학 반응뿐만 아니라 상태 변화나 재결정과 같은 다양한 변화가 일어날 때 출입하는 열을 이용하고 있다.

- 냉장고, 에어컨: 액체 냉매가 기화하는 과정에서 흡수하는 열을 이용한 것이다.
- 똑딱이 손난로: 물에 녹은 아세트산 나트륨이 다시 결정이 되는 과정에서 발생하는 열을 이용한 것이다.

B 화학 반응에서 출입하는 열의 측정

1. 비열과 열용량

(1) **비열**(c): 어떤 물질 1 g의 온도를 1 °C 높이는 데 필요한 열량으로, 단위는 J/(g·°C)이다.

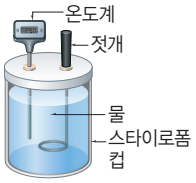
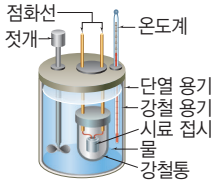
(2) **열용량**(C): 어떤 물질의 온도를 1 °C 높이는 데 필요한 열량으로, 단위는 J/°C이다.

$$\text{열용량}(C)=\text{비열}(c)\times\text{질량}(m)$$

(3) **열량**(Q): 어떤 물질이 방출하거나 흡수하는 열량은 그 물질의 비열에 질량과 온도 변화를 곱하여 구한다.

$$\text{열량}(Q)=\text{비열}(c)\times\text{질량}(m)\times\text{온도 변화}(\Delta t)=\text{열용량}(C)\times\text{온도 변화}(\Delta t)$$

2. 열량계 화학 반응에서 출입하는 열량을 측정하는 장치로, 기본적으로 단열 반응 용기, 온도계, 젓개로 구성된다.

구분	구조	특징
간이 열량계		• 구조가 간단하여 쉽게 사용할 수 있으나 ❶단열이 잘되지 않아 열 손실이 있으므로 정밀한 실험에는 사용하지 않는다. • 주로 용해 과정이나 중화 반응에서 출입하는 열량을 측정하는 데 사용한다.
통열량계		• 단열이 잘되도록 만들어져 있어 열 손실이 거의 없으므로 화학 반응에서 출입하는 열량을 비교적 정확하게 측정할 수 있다. • 주로 연소 반응에서 출입하는 열량을 측정하는 데 사용한다.

3. 화학 반응에서 출입하는 열의 측정 열량계 안에서 화학 반응이 일어날 때 출입하는 열이 물이나 용액의 온도를 변화시키므로 이를 이용하여 열량을 구한다. 303쪽 대표 자료❷

(1) **간이 열량계를 이용한 열량의 측정**

① 화학 반응에서 출입하는 열은 모두 간이 열량계 속 용액의 온도 변화에 이용된다고 가정한다.

$$\text{방출하거나 흡수한 열량}(Q)=\text{용액이 얻거나 잃은 열량}=c\times m\times\Delta t$$

(c: 용액의 비열, m: 용액의 질량, Δt: 용액의 온도 변화)

암기해!
열량의 측정
$Q=cm\Delta t$이니까 $Q=$씨엠티

② 간이 열량계로 실험하여 구한 열량은 이론값과 차이가 난다. ➡ 발생하는 열의 일부가 실험 기구의 온도를 변화시키는 데 쓰이거나, 열량계 밖으로 빠져나가기 때문이다.

(2) **통열량계를 이용한 열량의 측정**: 화학 반응에서 출입하는 열은 모두 통열량계 속 물과 통열량계의 온도 변화에 이용된다고 가정한다.

$$\text{방출하거나 흡수한 열량}(Q)=\text{물이 얻거나 잃은 열량}+\text{통열량계가 얻거나 잃은 열량}$$
$$=(c_{물}\times m_{물}\times\Delta t)+(C_{통열량계}\times\underline{\Delta t})$$

통열량계의 온도 변화는 물의 온도 변화와 같다고 가정한다.

($c_{물}$: 물의 비열, $m_{물}$: 물의 질량, Δt: 물의 온도 변화, $C_{통열량계}$: 통열량계의 열용량)

(용어)
❶ **단열**(斷 끊다, 熱 열) 물체와 물체 사이에 열이 서로 전달되지 않도록 막는 것

탐구 자료창 ◆화학 반응에서 열의 출입 측정하기

염화 칼슘의 용해 반응에서 출입하는 열량 측정

과정 >

❶ 간이 열량계에 증류수 200 g을 넣고 증류수의 온도(t_1)를 측정한다.

❷ 간이 열량계에 염화 칼슘($CaCl_2$) 10 g을 넣고 젓개로 계속 저어 완전히 녹인 뒤 용액의 최고 온도(t_2)를 측정한다.



결과 >

구분	처음 온도(t_1)	최고 온도(t_2)
측정 온도(℃)	25	33

해석 >

1. **용액의 온도 변화(Δt):** $t_2-t_1=33\,℃-25\,℃=8\,℃$ ➡ 온도가 높아졌으므로 발열 반응이다.
2. **$CaCl_2$이 물에 용해될 때 방출한 열량(J) (단, 용액의 비열은 4.2 J/(g·℃)이다.):** 방출한 열량(Q)=용액이 얻은 열량$=c\times m\times\Delta t=4.2\,J/(g\cdot℃)\times210\,g\times8\,℃=7056\,J$
3. ◆**$CaCl_2$ 1 g이 물에 용해될 때 방출하는 열량(J/g)**

실험값	$\frac{7056\,J}{10\,g}=705.6\,J/g$	이론값	732.4 J/g

➡ 실험값이 이론값보다 작다.

4. **오차 원인:** $CaCl_2$이 물에 용해될 때 방출한 열의 일부가 실험 기구의 온도를 변화시키는 데 쓰이거나, 열량계 밖으로 빠져나가는 등 열 손실이 발생했기 때문이다.

같은 탐구 다른 실험

과자의 연소 반응에서 출입하는 열량 측정

미래엔, YBM 교과서에만 나와요.

과정 >

❶ 과자의 질량(w_1)을 측정한 뒤 증발 접시에 담는다.

❷ 둥근바닥 플라스크에 물 100 g을 넣고 물의 온도(t_1)를 측정한 뒤 과자에 불을 붙여 둥근바닥 플라스크 속 물을 가열한다.

❸ 과자를 연소시킨 뒤 둥근바닥 플라스크 속 물의 온도(t_2)를 측정하고, 타고 남은 과자의 질량(w_2)을 측정한다.



결과 >

과자의 질량(g)		연소한 과자의 질량(g)	물의 온도(℃)		물의 온도 변화(℃)
연소 전(w_1)	연소 후(w_2)		가열 전(t_1)	가열 후(t_2)	
10	5	5	25	73	48

해석 >

1. **과자가 연소할 때 방출한 열량(J) (단, 물의 비열은 4.2 J/(g·℃)이다.):** 방출한 열량(Q)=물이 얻은 열량$=c\times m\times\Delta t=4.2\,J/(g\cdot℃)\times100\,g\times48\,℃=20160\,J$

포장지에 제시된 1회 제공량 30 g의 열량이 145 kcal(=609 kJ)이므로 1 g의 열량은 20300 J이다.

2. **과자 1 g이 연소할 때 방출하는 열량(J/g)**

실험값	$\frac{20160\,J}{5\,g}=4032\,J/g$	이론값	20300 J/g

➡ 실험값이 이론값보다 작다.

3. **오차 원인:** 과자가 연소할 때 방출한 열의 일부가 실험 기구의 온도를 변화시키는 데 쓰이거나, 주위로 빠져나가는 등 열 손실이 발생했기 때문이다.

상상 교과서에만 나와요.

◆ **중화 반응이 일어날 때 방출하는 열량 측정하기**

중화 반응이 일어날 때 방출하는 열량은 산 수용액과 염기 수용액의 질량(m)과 처음 온도(t_1)를 측정하고, 혼합 후 최고 온도(t_2)를 측정한 뒤 $Q=cm\Delta t$를 이용하여 구한다.

예 1 M 염산($HCl(aq)$) 100 mL와 1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 100 mL를 혼합할 때 방출하는 열량(Q) (단, 용액의 밀도는 1 g/mL이다.)

- 용액의 비열: 4.2 J/(g·℃)
- $HCl(aq)$의 질량: 100 g
- NaOH 수용액의 질량: 100 g
- t_1: 25 ℃
- t_2: 31.5 ℃

$Q=c\times m\times\Delta t$
$=4.2\,J/(g\cdot℃)\times200\,g\times6.5\,℃$
$=5460\,J$

● 중화 반응이 일어날 때 방출하는 열량의 이론값은 5600 J이다.

◆ **$CaCl_2$ 1 mol이 물에 용해될 때 방출하는 열량(J/mol)**

$CaCl_2$의 화학식량은 111이므로 $CaCl_2$ 1 mol이 물에 용해될 때 방출하는 열량은 다음과 같다.

$705.6\,J/g\times111\,g/mol$
$=78321.6\,J/mol$

확인 문제

1 간이 열량계에 25 ℃의 물 200 g을 넣고, $CaCl_2$ 5 g을 넣은 뒤 완전히 녹였더니 용액의 온도가 29 ℃가 되었다. $CaCl_2$이 물에 녹을 때 방출한 열량(J)을 구하시오. (단, 용액의 비열은 4.2 J/(g·℃)이다.)

확인 문제 답

1 3444 J

[풀이] $Q=cm\Delta t=4.2\,J/(g\cdot℃)\times205\,g\times4\,℃=3444\,J$

정답친해 154쪽

개념 확인 문제

핵심 체크

• 발열 반응과 흡열 반응

구분	(❶) 반응	(❷) 반응
정의	화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응 ➡ 주위의 온도가 (❸)아진다.	화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응 ➡ 주위의 온도가 (❹)아진다.
이용	조리용 발열 팩, 휴대용 손난로, 제설제 등	냉각 팩 등

• 열량계: 화학 반응에서 출입하는 열량을 측정하는 장치

구분	(❺)	(❻)
특징	구조가 간단하여 쉽게 사용할 수 있으나 단열이 잘되지 않아 열 손실이 있으므로 정밀한 실험에는 사용하지 않는다.	단열이 잘되도록 만들어져 있어 열 손실이 거의 없으므로 화학 반응에서 출입하는 열량을 비교적 정확하게 측정할 수 있다.
열량의 측정	Q=용액의 (❼)×용액의 질량 ×용액의 온도 변화	Q=(물의 비열×물의 질량×물의 온도 변화) +(통열량계의 (❽)×물의 온도 변화)

1 발열 반응과 흡열 반응에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

(1) 발열 반응은 열을 흡수하는 반응이다. ····· ( )

(2) 발열 반응이 일어날 때에는 주위의 온도가 높아진다. ····· ( )

(3) 흡열 반응에서 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 크다. ····· ( )

2 다음 반응이 발열 반응이면 '발열', 흡열 반응이면 '흡열'이라고 쓰시오.

(1) 식물이 광합성을 한다. ····· ( )

(2) 탄산수소 나트륨을 열분해한다. ····· ( )

(3) 메테인을 공기 중에서 연소시킨다. ····· ( )

(4) 염산과 수산화 나트륨 수용액을 혼합한다. ····· ( )

3 ( ) 안에 알맞은 말을 고르시오.

- 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄을 반응시키면 열을 ㉠(방출, 흡수)하므로 주위의 온도가 ㉡(높, 낮)아진다.
- 염산에 아연 조각을 넣어 반응시키면 열을 ㉢(방출, 흡수)하므로 주위의 온도가 ㉣(높, 낮)아진다.

4 표는 발열 반응과 흡열 반응을 이용한 장치의 원리를 나타낸 것이다. ( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

휴대용 손난로	냉각 팩
철 가루가 산화될 때 열을 ㉠( )한다. ➡ 주위의 온도가 ㉡( )아진다.	질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 ㉢( )한다. ➡ 주위의 온도가 ㉣( )아진다.

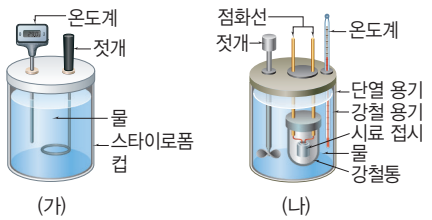
5 ( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

(1) ( )은 어떤 물질 1 g의 온도를 1 °C 높이는 데 필요한 열량이다.

(2) ( )은 어떤 물질의 온도를 1 °C 높이는 데 필요한 열량이다.

(3) 어떤 물질이 방출하거나 흡수하는 열량은 그 물질의 '( )×질량×온도 변화'로 구할 수 있다.

6 그림은 2가지 열량계를 나타낸 것이다.



다음과 같은 특징을 가지는 열량계의 기호를 각각 쓰시오.

(1) 열 손실이 많다. ····· ( )

(2) 열량을 비교적 정확하게 측정할 수 있다. ····· ( )

대표 자료 분석

정답친해 155쪽

자료 ❶ 발열 반응과 흡열 반응

기출 Point
- 발열 반응과 흡열 반응에서 에너지 변화
- 발열 반응과 흡열 반응의 예

[1~3] 다음은 반응 ㉠~㉢과 관련된 현상을 나타낸 것이다.



㉠뷰테인을 연소시켜 물을 끓였다.



㉡질산 암모늄을 물에 용해시켰더니 용액의 온도가 낮아졌다.



㉢진한 황산을 물에 용해시켰더니 용액의 온도가 높아졌다.

1 반응 ㉠~㉢을 각각 발열 반응과 흡열 반응으로 구분하시오.

2 반응 ㉠~㉢에서 반응물의 에너지 합과 생성물의 에너지 합의 크기를 각각 비교하시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) 반응 ㉠이 일어날 때 주위의 온도가 높아진다. (○ / ×)

(2) 반응 ㉡은 냉각 팩에 이용할 수 있다. (○ / ×)

(3) 반응 ㉡은 산 염기 중화 반응과 열의 출입 방향이 같다. (○ / ×)

(4) 반응 ㉢은 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응과 열의 출입 방향이 같다. (○ / ×)

자료 ❷ 화학 반응에서 열의 측정

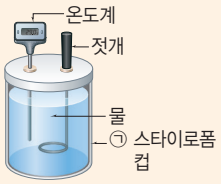
기출 Point
- 간이 열량계를 이용한 열량 측정

[1~3] 다음은 염화 칼슘($CaCl_2$)이 물에 용해되는 반응에 대한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 25 °C의 물 100 g이 담긴 열량계를 준비한다.

(나) (가)의 열량계에 25 °C의 $CaCl_2$ w g을 넣어 녹인 후 수용액의 최고 온도를 측정한다.



[실험 결과]

- 수용액의 최고 온도: 30 °C

1 다음은 ㉠을 사용하는 까닭이다. ( ) 안에 알맞은 말을 쓰시오.

열량계 내부와 외부 사이의 ( ) 출입을 막기 위해 사용한다.

2 $CaCl_2$이 물에 용해되는 반응을 발열 반응과 흡열 반응으로 구분하시오.

3 빈출 선택지로 완벽 정리!

(1) $CaCl_2$이 물에 용해될 때 주위에서 열을 흡수한다. (○ / ×)

(2) 열량계 속 용액의 온도 변화로 반응에서의 열의 출입을 알 수 있다. (○ / ×)

(3) 반응에서 출입한 열량은 열량계 속 용액의 온도 변화에 이용된다고 가정한다. (○ / ×)

(4) $CaCl_2$이 물에 용해될 때 출입하는 열량을 구하기 위해 용액의 비열을 알아야 한다. (○ / ×)

(5) $CaCl_2$이 물에 용해되는 반응을 이용하여 냉각 팩을 만들 수 있다. (○ / ×)

내신 만점 문제

A 발열 반응과 흡열 반응

중요 **01** 화학 반응에서 열의 출입에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 발열 반응은 열을 방출하는 반응이다.
② 발열 반응이 일어나면 주위의 온도가 높아진다.
③ 흡열 반응이 일어날 때에는 열을 흡수한다.
④ 중화 반응과 연소 반응은 흡열 반응의 예이다.
⑤ 발열 반응에서 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 작다.

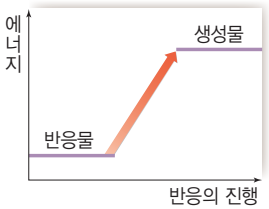
02 다음은 화학 반응에서 열의 출입에 대한 학생들의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② C ③ A, B
④ B, C ⑤ A, B, C

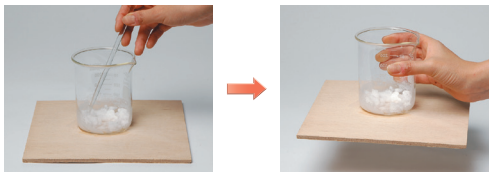
03 그림은 어떤 화학 반응이 일어날 때의 에너지 변화를 나타낸 것이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?



보기
ㄱ. 열을 흡수하는 반응이다.
ㄴ. 반응이 일어나면 주위의 온도가 낮아진다.
ㄷ. 철이 녹스는 반응과 열의 출입 방향이 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **04** 그림과 같이 얇은 나무판의 가운데에 물을 떨어뜨린 다음 비커를 올려놓고 비커에 수산화 바륨 팔수화물($Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$)과 질산 암모늄(NH_4NO_3)을 넣고 잘 저었더니 비커와 나무판 사이의 물이 얼어 나무판이 비커와 함께 들어 올려졌다.



비커에서 일어나는 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 반응이 일어날 때 주위의 온도가 높아진다.
ㄴ. 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크다.
ㄷ. 질산 암모늄의 용해와 열의 출입 방향이 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 화학 반응에서 열의 출입을 이용한 2가지 사례이다.

	
㉠생석회에 물을 뿌리면 열이 발생하고, 그 열로 구제역 바이러스를 사멸시킨다.	휴대용 도시락 속에 들어 있는 ㉡염화 칼슘 가루 팩에 물을 넣고 기다리면 즉석 음식이 따뜻해진다.

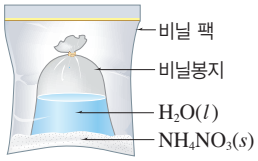
㉠과 ㉡의 공통점으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 발열 반응이다.
ㄴ. 열을 방출한다.
ㄷ. 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 냉각 팩에 대한 설명이다.

질산 암모늄(NH_4NO_3)과 물(H_2O)이 분리되어 있는 비닐 팩에서 물이 들어 있는 비닐봉지를 손으로 눌러 터뜨리면 NH_4NO_3이 용해되면서 비닐 팩이 차가워진다.



NH_4NO_3의 용해에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 흡열 반응이다.
ㄴ. 반응이 일어날 때 주위의 온도가 낮아진다.
ㄷ. 반응물의 에너지 합은 생성물의 에너지 합보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 발열 반응을 이용한 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 철 가루가 산소와 반응하여 손난로가 따뜻해진다.
ㄴ. 눈이 내린 도로에 염화 칼슘을 뿌리면 눈이 녹는다.
ㄷ. 에어컨에서 냉매가 기화하면서 공기를 시원하게 만든다.

08 다음은 철로에 균열이 생겼을 때 철로의 틈을 높은 열에 의해 용융된 철로 메우는 데 이용되는 반응의 화학 반응식이다.

$$\underset{\textcircled{\scriptsize ㉠}}{2Al(s)+Fe_2O_3(s)} \longrightarrow \underset{\textcircled{\scriptsize ㉡}}{2Fe(l)+Al_2O_3(s)}$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

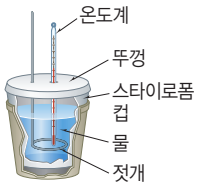
보기
ㄱ. 발열 반응이다.
ㄴ. 물질의 에너지의 합은 ㉠ > ㉡이다.
ㄷ. 산화 환원 반응이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 화학 반응에서 출입하는 열의 측정

[09~10] 다음은 염화 칼슘($CaCl_2$)이 물에 용해될 때 출입하는 열량을 구하는 실험이다. (단, 용액의 비열은 4.2 J/(g·℃)이다.)

[과정]
(가) 간이 열량계에 물 150 g을 넣고 물의 온도(t_1)를 측정한다.
(나) 간이 열량계에 $CaCl_2$ 10 g을 넣고 완전히 녹인 뒤 용액의 온도(t_2)를 측정한다.



[결과]

구분	t_1	t_2
측정 온도(℃)	25	35

중요 **09** 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. $CaCl_2$이 물에 용해될 때 열을 방출한다.
ㄴ. $CaCl_2$ 1 g이 물에 용해될 때 출입하는 열량은 6720 J/g이다.
ㄷ. $CaCl_2$ 1 mol이 물에 용해될 때 출입하는 열량을 구하려면 $CaCl_2$의 화학식량이 필요하다.

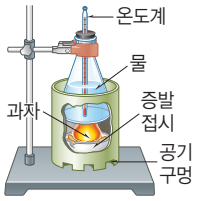
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 **$CaCl_2$ 1 g이 물에 용해될 때 출입하는 열량의 이론값은 732.4 J/g이다.**
실험에서 구한 값이 이론값보다 작은 원인으로 적절한 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 열의 일부가 공기 중으로 빠져나갔다.
ㄴ. 열의 일부가 실험 기구의 온도를 높이는 데 쓰였다.
ㄷ. 용해 전 물의 온도가 실제보다 낮게 측정되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 과자를 연소시킬 때 방출하는 열량을 측정하기 위한 실험 장치이다.



과자 1 g이 연소할 때 방출하는 열량(J/g)을 구하기 위해 측정하거나 조사해야 하는 자료가 아닌 것은?

① 물의 비열 ② 물의 질량
③ 물의 온도 변화 ④ 물의 분자량
⑤ 연소한 과자의 질량

12 다음은 학생 A가 수행한 탐구 활동이다.

[탐구 과정 및 결과]
- 25 °C의 물 96 g이 담긴 열량계에 25 °C의 수산화 나트륨(NaOH) 4 g을 넣어 녹인 후 수용액의 최고 온도를 측정한다.
- 수용액의 최고 온도: 35 °C

[자료]
- NaOH의 화학식량: 40
- 수용액의 비열: 4 J/(g·°C)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. NaOH이 물에 녹는 반응은 발열 반응이다.
ㄴ. NaOH 4 g이 물에 녹을 때 출입하는 열량은 4 kJ이다.
ㄷ. NaOH 1 mol이 물에 녹을 때 출입하는 열량은 20 kJ이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중요 **13** 다음은 간이 열량계로 고체 X와 Y가 각각 물에 용해될 때 출입하는 열량을 구하는 실험이다.

[과정]
(가) 열량계에 물 100 g을 넣고 물의 온도(t_1)를 측정한다.
(나) 열량계에 고체 X 1 g을 넣고 완전히 녹인 다음 용액의 온도(t_2)를 측정한다.
(다) 고체 Y 1 g으로 (가)와 (나)를 반복한다.

[결과]

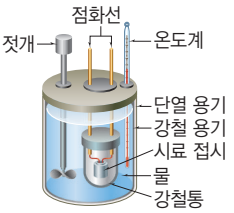
물질	t_1(°C)	t_2(°C)
고체 X	20	16
고체 Y	20	23

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오. (단, 두 수용액의 비열은 서로 같다.)

보기
ㄱ. 고체 X의 용해는 발열 반응이다.
ㄴ. 고체 Y는 물에 용해될 때 열을 흡수한다.
ㄷ. 고체 X와 Y 각 1 g이 물에 용해될 때 출입하는 열량은 X > Y이다.

서술형 **14** 다음은 통열량계를 이용하여 탄소(C)가 연소할 때 방출하는 열량을 구하는 실험이다.

[과정]
(가) 열용량이 1.8 kJ/°C인 통열량계 속 시료 접시에 C 가루 4 g을 넣고, 통열량계에 물 2 kg을 채운다.



(나) 물의 온도가 일정해지면 물의 온도(t_1)를 측정한다.
(다) C 가루를 완전 연소시킨 뒤 물의 온도(t_2)를 측정한다.

[결과]

구분	t_1	t_2
측정 온도(°C)	25	35

C 1 g이 연소할 때 방출하는 열량(kJ/g)을 구하고, 풀이 과정을 서술하시오. (단, 물의 비열은 4.2 kJ/(kg·°C)이다.)

실력 UP 문제

정답친해 157쪽

01 다음은 반응 (가)와 (나)에 대한 설명이다.

(가) 아이스크림 통에 드라이아이스($CO_2(s)$)를 넣어두면 $CO_2(s)$의 크기가 작아지면서 아이스크림을 녹지 않게 보관할 수 있다.
(나) 마그네슘(Mg) 리본에 불을 붙이면 밝은 불꽃을 내며 탄다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. $CO_2(s)$의 승화 반응은 흡열 반응이다.
ㄴ. Mg이 산화될 때 열을 방출한다.
ㄷ. 물질 1 mol의 에너지는 $CO_2(s) < CO_2(g)$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 3가지 반응의 화학 반응식이다.

(가) $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$
(나) $HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow H_2O(l) + NaCl(aq)$
(다) $6CO_2(g) + 6H_2O(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 반응 (가)는 발열 반응이다.
ㄴ. 반응 (나)가 일어날 때 열을 방출한다.
ㄷ. 반응 (다)에서 물질의 에너지 총합은 반응물이 생성물보다 크다.

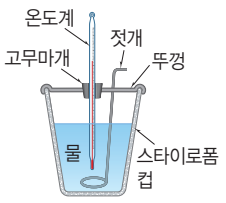
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 간이 열량계에 25 °C의 0.1 M 염산($HCl(aq)$) 100 mL와 25 °C의 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 100 mL를 넣고 중화시켰더니 혼합 용액의 온도가 25.6 °C가 되었다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 용액의 비열은 4.2 J/(g·°C)이며, 용액의 밀도는 1 g/mL이다.)

보기
ㄱ. $HCl(aq)$과 NaOH 수용액의 중화 반응은 발열 반응이다.
ㄴ. 실험에서 출입한 열량은 504 J이다.
ㄷ. 1 mol의 물이 생성될 때 출입하는 열량은 5.04 kJ/mol이다.

04 다음은 물질이 용해되는 과정에서 출입하는 열량을 구하는 실험이다.

[실험 과정]
(가) 간이 열량계에 20 °C 물 100 g을 넣는다.
(나) (가)의 열량계에 20 °C 수산화 나트륨(NaOH) 4 g을 넣어 모두 녹인 후 수용액의 최고 온도(t_1)를 측정한다.
(다) 실험 결과를 이용하여 용해 반응에서 출입하는 열량(Q_1)을 구한다.
(라) 20 °C NaOH 4 g 대신 질산 암모늄(NH_4NO_3) 4 g으로 과정 (가)~(다)를 수행하여 수용액의 최저 온도(t_2)를 측정하고, 출입하는 열량(Q_2)을 구한다.



[실험 결과]
• t_1: 30 °C • t_2: 14 °C • Q_1: a • Q_2: b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 비열은 4 J/(g·°C)이다.)

보기
ㄱ. NaOH의 용해 반응은 발열 반응이다.
ㄴ. NH_4NO_3이 물에 용해될 때 열을 흡수한다.
ㄷ. $\frac{a}{b} = \frac{15}{7}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중단원

핵심 정리

Q1 산화 환원 반응

1. 산소의 이동과 산화 환원

(1) 산소의 이동과 산화 환원 반응

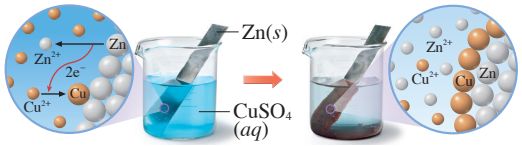
구분	(❶)	(❷)
정의	어떤 물질이 산소를 얻는 반응	어떤 물질이 산소를 잃는 반응
예	$2CuO(s)+C(s) \longrightarrow 2Cu(s)+CO_2(g)$ (산화: C → CO_2, 환원: CuO → Cu)	

(2) **산화 환원 반응의 동시성**: 산화 환원 반응에서 산소를 얻는 물질이 있으면 반드시 산소를 잃는 물질이 있다. ➡ 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

2. 전자의 이동과 산화 환원

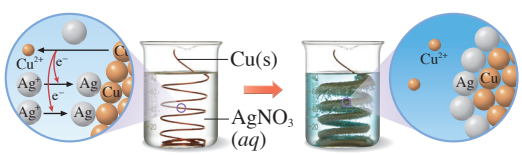
(1) 전자의 이동과 산화 환원 반응

구분	(❸)	(❹)
정의	어떤 물질이 전자를 잃는 반응	어떤 물질이 전자를 얻는 반응
예	아연(Zn)과 황산 구리(Ⅱ)($CuSO_4$) 수용액의 반응	



$Zn(s)+Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq)+Cu(s)$ (산화: Zn → Zn^{2+}, 환원: Cu^{2+} → Cu)

구리(Cu)와 질산 은($AgNO_3$) 수용액의 반응

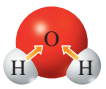


$Cu(s)+2Ag^{+}(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq)+2Ag(s)$ (❺ 산화, ❻ 환원)

(2) **산화 환원 반응의 동시성**: 산화 환원 반응에서 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 전자를 얻는 물질이 있다. ➡ 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

3. 산화수 변화와 산화 환원

(1) **산화수**: 어떤 물질에서 각 원자가 어느 정도 산화되었는지를 나타내는 가상적인 전하

구분	산화수
이온 결합 물질	물질을 구성하고 있는 각 이온의 (❼)와 같다. 예 염화 나트륨(NaCl) ┌ Na의 산화수: +1 └ Cl의 산화수: −1
공유 결합 물질	구성 원자 중 전기 음성도가 (❽) 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정할 때, 각 원자가 가지는 전하이다. 예 물(H_2O)   전기 음성도: O>H ┌ H의 산화수: +1 └ O의 산화수: (❾)

(2) 산화수를 정하는 규칙

규칙	예
❶ 원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이다.	H_2, O_2, Fe, Hg: 각 원자의 산화수는 0
❷ 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같다.	• Na^+: Na의 산화수 +1 • Cl^-: Cl의 산화수 −1
❸ 다원자 이온은 각 원자의 산화수의 합이 그 이온의 전하와 같다.	• SO_4^{2-}: $\underset{S}{(+6)}+\underset{O}{(-2)}\times 4=-2$
❹ 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 (❿)이다.	• H_2O: $\underset{H}{(+1)}\times 2+\underset{O}{(-2)}=0$
❺ 화합물에서 1족 금속 원자의 산화수는 +1, 2족 금속 원자의 산화수는 +2이다.	• NaCl: Na의 산화수 +1 • MgO: Mg의 산화수 +2
❻ 화합물에서 F의 산화수는 −1이다.	• LiF: F의 산화수 −1
❼ 화합물에서 H의 산화수는 +1이다. (단, 금속의 수소 화합물에서는 −1이다.)	• H_2O: H의 산화수 +1 • LiH: H의 산화수 −1
❽ 화합물에서 O의 산화수는 −2이다. (단, 과산화물에서는 −1이고, 플루오린 화합물에서는 +2이다.)	• CO_2: O의 산화수 −2 • H_2O_2: O의 산화수 −1 • OF_2: O의 산화수 +2

(3) 산화수 변화와 산화 환원 반응

구분	(⓫)	(⓬)
정의	산화수가 증가하는 반응	산화수가 감소하는 반응
예	$\overset{0}{Zn}(s)+\overset{+2}{Cu}SO_4(aq) \longrightarrow \overset{+2}{Zn}SO_4(aq)+\overset{0}{Cu}(s)$ (⓭ 산화, ⓮ 환원)	

(4) **산화 환원 반응의 동시성**: 산화 환원 반응에서 산화수가 증가한 물질이 있으면 반드시 산화수가 감소한 물질이 있다. ➡ 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

(5) 산화제와 환원제

구분	산화제	환원제
정의	자신은 (⑮)되면서 다른 물질을 산화시키는 물질	자신은 (⑯)되면서 다른 물질을 환원시키는 물질
예	산화 / $\overset{+3}{Fe_2O_3}(s)+3\overset{+2}{CO}(g) \longrightarrow 2\overset{0}{Fe}(s)+3\overset{+4}{CO_2}(g)$ / (⑰)(⑱) / 환원	
상대적 세기	같은 물질이라도 어떤 물질과 반응하는지에 따라 산화제로 작용할 수도 있고, 환원제로 작용할 수도 있다.	

4. 산화 환원 반응식

(1) **산화 환원 반응식 완성하기(산화수법)**

예 산성 용액에서 옥살산 이온($C_2O_4^{2-}$)과 과망가니즈산 이온(MnO_4^-)의 반응

1단계 반응물을 화살표의 왼쪽에, 생성물을 화살표의 오른쪽에 쓰고 각 원자의 산화수를 구한다.

$$\overset{+3-2}{C_2O_4^{2-}}+\overset{+7-2}{MnO_4^-}+\overset{+1}{H^+} \longrightarrow \overset{+4-2}{CO_2}+\overset{+2}{Mn^{2+}}+\overset{+1-2}{H_2O}$$

2단계 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.

$$\overset{+3-2}{C_2O_4^{2-}}+\overset{+7-2}{MnO_4^-}+\overset{+1}{H^+} \longrightarrow \overset{+4-2}{CO_2}+\overset{+2}{Mn^{2+}}+\overset{+1-2}{H_2O}$$

(1 증가, 5 감소)

3단계 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수가 다른 경우 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수를 맞추고, 증가한 산화수와 감소한 산화수를 각각 계산한다.

산화되는 C 원자 수가 다르므로 맞추어 준다. ➡ 증가한 산화수: $1\times2=2$

$$C_2O_4^{2-}+MnO_4^-+H^+ \longrightarrow 2CO_2+Mn^{2+}+H_2O$$

환원되는 Mn 원자 수가 같다. ➡ 감소한 산화수: $5\times1=5$

4단계 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$5C_2O_4^{2-}+2MnO_4^-+H^+ \longrightarrow 10CO_2+2Mn^{2+}+H_2O$$

($2\times5=10$, $5\times2=10$)

5단계 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞추어 산화 환원 반응식을 완성한다.

$$5C_2O_4^{2-}+2MnO_4^-+16H^+ \longrightarrow 10CO_2+2Mn^{2+}+8H_2O$$

(2) **산화 환원 반응의 양적 관계**: 완성된 산화 환원 반응식으로부터 산화나 환원에 필요한 환원제나 산화제의 양을 알 수 있다.

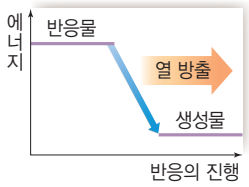
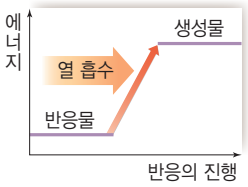
예 $Fe_2O_3(s)+3CO(g) \longrightarrow 2Fe(s)+3CO_2(g)$

➡ 산화제인 Fe_2O_3과 환원제인 CO는 1 : 3의 몰비로 반응한다.

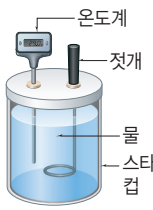
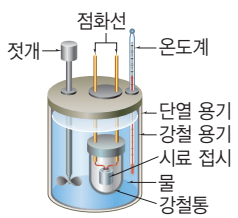
➡ Fe_2O_3 1 mol이 환원되려면 CO 3 mol이 필요하다.

2 화학 반응에서 열의 출입

1. 발열 반응과 흡열 반응

구분	(⑲) 반응	(⑳) 반응
정의	화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응	화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응
에너지 변화	 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작다. ➡ 에너지 차이만큼 열을 방출한다. ➡ 주위의 온도가 (㉑) 아진다.	 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크다. ➡ 에너지 차이만큼 열을 흡수한다. ➡ 주위의 온도가 (㉒) 아진다.
예	산과 염기의 중화 반응, 금속과 산의 반응, 연소, 금속의 산화, 산의 용해, 수산화 나트륨의 용해 등	열분해, 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응, 질산 암모늄의 용해, 광합성, 물의 전기 분해 등
이용	• 조리용 발열 팩: 산화 칼슘과 물이 반응할 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 현상을 이용한다. • 휴대용 손난로: 철 가루가 산화될 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 현상을 이용한다.	• 냉각 팩: 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아지는 현상을 이용한다.

2. 화학 반응에서 출입하는 열의 측정

구분	(㉓)	(㉔)
구조		
특징	구조가 간단하여 쉽게 사용할 수 있으나 단열이 잘되지 않아 열 손실이 있으므로 정밀한 실험에는 사용하지 않는다.	단열이 잘되도록 만들어져 있어 열 손실이 거의 없으므로 화학 반응에서 출입하는 열량을 비교적 정확하게 측정할 수 있다.
열량의 측정	방출하거나 흡수한 열량(Q) = 용액이 얻거나 잃은 열량 = $cm\Delta t$	방출하거나 흡수한 열량(Q) = 물이 얻거나 잃은 열량 + 통열량계가 얻거나 잃은 열량 = $c_{물}m_{물}\Delta t+C_{통열량계}\Delta t$

중단원

마무리 문제

하 중 상

01 산화 환원 반응으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 삼산화 황(SO_3)과 물(H_2O)이 반응하여 황산(H_2SO_4)이 생성된다.

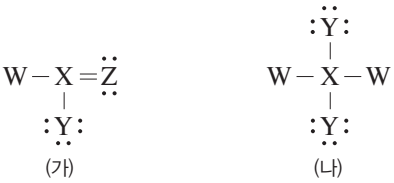
ㄴ. 과산화 수소(H_2O_2)가 분해되어 물(H_2O)과 산소(O_2)가 생성된다.

ㄷ. 마그네슘(Mg)과 이산화 탄소(CO_2)가 반응하여 산화 마그네슘(MgO)과 탄소(C)가 생성된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 **상**

02 그림은 분자 (가)와 (나)의 루이스 구조를 나타낸 것이다. W~Z는 1, 2주기 원소이고, (가)에서 $\frac{\text{X의 산화수}}{\text{W의 산화수}}=+2$이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. 전기 음성도는 Y>Z이다.

ㄴ. (나)에서 $\frac{\text{Y의 산화수}}{\text{W의 산화수}}=-1$이다.

ㄷ. X의 산화수는 (가)에서가 (나)에서보다 4만큼 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 **중** 상

03 다음은 어떤 산화 환원 반응의 화학 반응식을, 표는 반응물과 생성물에서 원자 ㉠~㉢의 산화수 변화를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 각각 A~C 중 하나이다.

$$A_2B+C_2 \longrightarrow 2A+BC_2$$

원자	㉠		㉡		㉢	
	반응물	생성물	반응물	생성물	반응물	생성물
산화수	0	$-x$	$+1$	0	$-x$	$+y$

$x+y$는? (단, $x>0$, $y>0$이다.)

① 2 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7

하 중 상

04 다음은 3가지 화학 반응식이다.

(가) $4Fe(s)+3O_2(g)+6H_2O(l) \longrightarrow 4Fe(OH)_3(s)$
(나) $2Na(s)+H_2(g) \longrightarrow 2NaH(s)$
(다) $2H_2S(g)+SO_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)+3S(s)$

(가)~(다)에서 산화제로 작용한 물질을 옳게 짝 지은 것은?

(가)	(나)	(나)
① Fe	Na	H_2S
② Fe	H_2	SO_2
③ O_2	Na	H_2S
④ O_2	H_2	SO_2
⑤ O_2	H_2	H_2S

하 **중** 상

05 다음은 황화 수소(H_2S)와 질산(HNO_3)의 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.

$$H_2S(g)+2HNO_3(aq) \longrightarrow S(s)+2H_2O(l)+2\boxed{\text{X}}(g)$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X에서 N의 산화수는 +2이다.

ㄴ. S의 산화수는 2 증가한다.

ㄷ. H_2S는 환원제이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

06 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2Mg(s)+CO_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)+C(s)$
(나) $SO_2(g)+2H_2O(l)+Cl_2(g) \longrightarrow H_2SO_4(aq)+2HCl(aq)$
(다) $H_2S(g)+Cl_2(g) \longrightarrow S(s)+2HCl(g)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 CO_2는 산화제이다.
ㄴ. Cl_2는 (나)와 (다)에서 모두 환원된다.
ㄷ. H_2S는 Cl_2보다 더 강한 산화제이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

07 다음은 2가지 화학 반응식이다.

(가) $N_2(g)+3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$
(나) $CuSO_4(aq)+Zn(s) \longrightarrow Cu(s)+ZnSO_4(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 감소한다.
ㄴ. (가)에서 N_2는 산화제이다.
ㄷ. (나)에서 Zn 1 mol이 반응할 때 이동하는 전자는 2 mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

08 다음은 어떤 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

$2Fe^{2+}(aq)+H_2O_2(aq)+2H^+(aq) \longrightarrow 2Fe^{3+}(aq)+2H_2O(l)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. Fe^{2+}은 산화된다.
ㄴ. H_2O_2는 산화제로 작용한다.
ㄷ. H_2O 1 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양(mol)은 2 mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

하 중 상

09 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $CuO(s)+H_2(g) \longrightarrow Cu(s)+H_2O(l)$
(나) $aCuO(s)+C(s) \longrightarrow aCu(s)+CO_2(g)$ (a는 반응 계수)
(다) $CuCl_2(aq)+Zn(s) \longrightarrow Cu(s)+ZnCl_2(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 H_2는 산화된다.
ㄴ. (나)에서 Cu 1 mol이 생성될 때 반응한 C의 양(mol)은 0.5 mol이다.
ㄷ. (가)~(다)에서 Cu는 모두 산화수가 감소한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

10 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식과 이를 완성하는 과정을 나타낸 것이다.

[화학 반응식]

$Cu(s)+aNO_3^-(aq)+bH_3O^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq)+cNO_2(g)+dH_2O(l)$ (a~d는 반응 계수)

[과정]

(가) 각 원자의 산화수 변화를 구한다.

(나) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

(다) 산화수 변화가 없는 원자의 원자 수가 같도록 계수를 맞춘다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 N의 산화수는 1만큼 감소한다.

ㄴ. (나)에서 $a=3$이다.

ㄷ. (다)에서 $b+c+d=10$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

11 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

$aCr(OH)_4^-(aq)+3ClO^-(aq)+bOH^-(aq) \longrightarrow cCrO_4^{2-}(aq)+3Cl^-(aq)+dH_2O(l)$ (a~d는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. Cr의 산화수는 +3에서 +6으로 증가한다.

ㄴ. 반응 전후 Cl의 산화수는 −1로 같다.

ㄷ. $\frac{c+d}{a+b}>1$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

12 다음은 산성 조건에서 주석 이온(Sn^{2+})과 과망가니즈산 이온(MnO_4^-)의 반응을 산화 환원 반응식으로 나타낸 것이다.

$aSn^{2+}(aq)+bH^+(aq)+cMnO_4^-(aq) \longrightarrow dSn^{4+}(aq)+eH_2O(l)+fMn^{2+}(aq)$ (a~f는 반응 계수)

a~f의 합은?

① 18 ② 28 ③ 38 ④ 48 ⑤ 58

하 중 상

13 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $Fe_2O_3(s)+3CO(g) \longrightarrow 2Fe(s)+3CO_2(g)$

(나) $5Sn^{2+}(aq)+2MnO_4^-(aq)+aH^+(aq) \longrightarrow 5Sn^{m+}(aq)+2Mn^{2+}(aq)+bH_2O(l)$ (a, b는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 Fe의 산화수는 2만큼 감소한다.

ㄴ. (나)에서 $m=3$이다.

ㄷ. (나)에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응한 MnO_4^-의 양(mol)은 0.25 mol이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

14 발열 반응과 흡열 반응의 예를 [보기]에서 골라 옳게 짝지은 것은?

보기

ㄱ. 식물이 광합성을 한다.

ㄴ. 메테인을 연소시켜 난방을 한다.

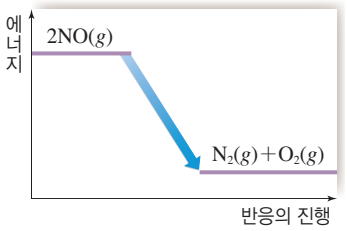
ㄷ. 철 가루의 산화를 이용하여 손난로를 만든다.

ㄹ. 물을 전기 분해하여 수소 기체와 산소 기체를 얻는다.

	발열	흡열		발열	흡열
①	ㄱ, ㄴ	ㄷ, ㄹ	②	ㄱ, ㄷ	ㄴ, ㄹ
③	ㄱ, ㄹ	ㄴ, ㄷ	④	ㄴ, ㄷ	ㄱ, ㄹ
⑤	ㄷ, ㄹ	ㄱ, ㄴ			

하 중 상

15 그림은 일산화 질소(NO)의 분해 반응에서 반응의 진행에 따른 물질의 에너지 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. NO의 분해는 발열 반응이다.
ㄴ. 반응이 일어날 때 주위의 온도가 높아진다.
ㄷ. 아연과 염산의 반응과 열의 출입 방향이 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

16 다음은 화학 반응에서 출입하는 열을 이용하는 3가지 사례이다.

(가) 더운 여름날 마당에 물을 뿌리면 물이 증발하면서 시원해진다.
(나) 휴대용 냉각 팩에 들어 있는 질산 암모늄이 물에 용해되면서 팩이 차가워진다.
(다) 겨울철 도로에 쌓인 눈에 염화 칼슘을 뿌리면 염화 칼슘이 용해되면서 눈이 녹는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

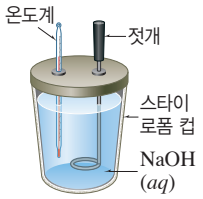
ㄱ. (가)에서 물의 증발 과정에서 열을 방출한다.
ㄴ. (나)에서 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수한다.
ㄷ. (다)에서 염화 칼슘의 용해 반응은 발열 반응이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

17 다음은 열량계를 이용하여 수산화 나트륨(NaOH) 1 mol이 물에 용해될 때 방출하는 열량(J/mol)을 구하는 실험이다.

(가) 열량계에 물 100 g을 넣고 물의 온도를 측정한다.
(나) 열량계에 NaOH 1 g을 넣어 완전히 녹인 뒤 용액의 온도를 측정한다.



실험에서 측정한 자료 이외에 추가로 필요한 자료만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 물의 밀도 ㄴ. 물의 분자량
ㄷ. 용액의 비열 ㄹ. NaOH의 화학식량

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

하 중 상

18 표는 25 ℃ 물 100 g이 들어 있는 간이 열량계에 25 ℃ 고체 X, 고체 Y를 각각 질량을 달리하여 녹인 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	용질	용질의 질량(g)	최종 온도(℃)
(가)	고체 X	1	20
(나)	고체 Y	1	t
(다)	고체 Y	2	28

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 고체 X가 물에 용해되는 반응에서 열을 흡수한다.
ㄴ. 고체 Y가 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.
ㄷ. $t<25$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하 중 상

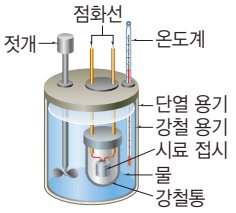
19 다음은 통열량계를 이용하여 에탄올(C_2H_5OH)이 연소할 때 방출하는 열량을 구하는 실험이다.

[과정]

(가) C_2H_5OH 4 g을 열량계의 시료 접시에 넣고, 통열량계에 물 2 kg을 채운다.

(나) 물의 온도(t_1)를 측정한다.

(다) 통열량계의 점화 장치를 작동하여 C_2H_5OH을 완전 연소시키고, 물의 온도(t_2)를 측정한다.



[결과]

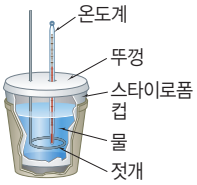
구분	t_1	t_2
측정 온도(℃)	25	35

C_2H_5OH 1 g이 연소할 때 방출하는 열량(kJ/g)은? (단, 물의 비열은 4.2 kJ/(kg·℃)이고, 통열량계의 열용량은 3 kJ/℃이다.)

① 20 kJ/g ② 25.5 kJ/g ③ 28.5 kJ/g
④ 32.5 kJ/g ⑤ 34.5 kJ/g

하 중 상

20 그림은 20 ℃ 물 100 g이 들어 있는 간이 열량계를 나타낸 것이고, 표는 이 열량계에 20 ℃의 고체 X~Z w g을 넣고 모두 녹인 수용액 (가)~(다)의 최종 온도에 대한 자료이다.



수용액	용질	최종 온도(℃)
(가)	고체 X	17.6
(나)	고체 Y	21.3
(다)	고체 Z	24.5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 비열은 모두 같다.)

보기

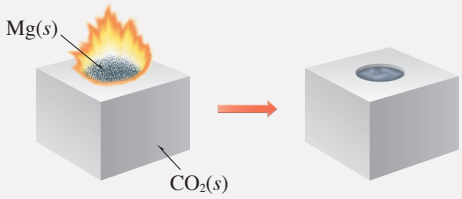
ㄱ. 고체 X가 물에 용해되는 반응을 이용하여 냉각 팩을 만들 수 있다.
ㄴ. 고체 Y가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.
ㄷ. 각 물질 1 g이 용해될 때 출입하는 열량은 고체 Y가 고체 Z보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형 문제

하 중 상

21 다음은 드라이아이스(CO_2)로 만든 통에 마그네슘(Mg) 가루를 넣고 연소시키는 모습과 이때 일어나는 반응을 화학 반응식으로 나타낸 것이다.



$$2Mg(s)+CO_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)+C(s)$$

이 반응에서 산화제와 환원제를 쓰고, 그 까닭을 산화수를 언급하여 서술하시오.

하 중 상

22 다음은 산성 용액에서 옥살산 이온($C_2O_4^{2-}$)과 과망가니즈산 이온(MnO_4^-)의 반응을 산화 환원 반응식으로 나타낸 것이다.

$$5C_2O_4^{2-}(aq)+2MnO_4^-(aq)+16H^+(aq) \longrightarrow 10CO_2(g)+2Mn^{2+}(aq)+8H_2O(l)$$

MnO_4^- 0.2 mol을 모두 환원시키는 데 필요한 $C_2O_4^{2-}$의 최소 양(mol)을 구하고, 그 까닭을 서술하시오.

하 중 상

23 25 ℃의 1 M 염산($HCl(aq)$) 100 mL와 25 ℃의 1 M 수산화 칼륨(KOH) 수용액 100 mL를 반응시켰더니 혼합 용액의 온도가 31 ℃가 되었다.
물 1 mol이 생성될 때 방출하는 열량(J/mol)을 구하고, 풀이 과정을 서술하시오. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 용액의 비열은 4.2 J/(g·℃)이며, 용액의 밀도는 1 g/mL이다.)

수능 실전 문제

• 수능 출제 경향

이 단원에서는 주어진 화학 반응식에서 각 원자의 산화수 변화를 파악하여 산화제와 환원제를 찾고, 산화제와 환원제의 양적 관계를 구하는 문제가 자주 출제되고 있다. 또, 발열 반응과 흡열 반응의 예를 알고, 간이 열량계에서 진행되는 반응의 반응 전후 온도 차로부터 발열 반응과 흡열 반응을 구분하는 문제가 출제된다.

수능 이렇게 나온다!

다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

$$\overset{+2-2}{a\mathrm{CuS}(aq)}+\underline{\overset{+5-2}{b\mathrm{NO_3^-}(aq)}}+\overset{+1}{c\mathrm{H^+}(aq)}\longrightarrow \overset{+2}{3\mathrm{Cu^{2+}}(aq)}+\underline{\overset{+6-2}{a\mathrm{SO_4^{2-}}(aq)}}+\overset{+2-2}{b\mathrm{NO}(g)}+\overset{+1-2}{d\mathrm{H_2O}(l)}$$

(a~d는 반응 계수)

❸ 완성된 산화 환원 반응식으로부터 반응에 참여한 각 물질의 양적 관계를 알 수 있다. ➡ 각 물질의 반응 계수비와 반응 몰비가 같다. ➡ $\mathrm{NO_3^-}:\mathrm{SO_4^{2-}}=b:a$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. CuS는 환원제이다.

ㄴ. $c+d>a+b$이다.

ㄷ. $\mathrm{NO_3^-}$ 2 mol이 반응하면 $\mathrm{SO_4^{2-}}$ 1 mol이 생성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

❶ 1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.

산화수 8 증가: 산화

$$\overset{+2-2}{a\mathrm{CuS}(aq)}+\overset{+5-2}{b\mathrm{NO_3^-}(aq)}+\overset{+1}{c\mathrm{H^+}(aq)}\longrightarrow \overset{+2}{3\mathrm{Cu^{2+}}(aq)}+\overset{+6-2}{a\mathrm{SO_4^{2-}}(aq)}+\overset{+2-2}{b\mathrm{NO}(g)}+\overset{+1-2}{d\mathrm{H_2O}(l)}$$

환원제 산화제

산화수 3 감소: 환원

❷ 2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$8\times3=24$

$$3\mathrm{CuS}(aq)+8\mathrm{NO_3^-}(aq)+c\mathrm{H^+}(aq)\longrightarrow 3\mathrm{Cu^{2+}}(aq)+3\mathrm{SO_4^{2-}}(aq)+8\mathrm{NO}(g)+d\mathrm{H_2O}(l)$$

$3\times8=24$

3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞추어 화학 반응식을 완성한다.

$$3\mathrm{CuS}(aq)+8\mathrm{NO_3^-}(aq)+8\mathrm{H^+}(aq)\longrightarrow 3\mathrm{Cu^{2+}}(aq)+3\mathrm{SO_4^{2-}}(aq)+8\mathrm{NO}(g)+4\mathrm{H_2O}(l)$$

전략적 풀이

❶ 각 원자의 산화수를 구하고 산화제와 환원제를 찾는다.

ㄱ. S의 산화수는 CuS에서 ( )이고, $\mathrm{SO_4^{2-}}$에서 ( )이므로 산화수가 ( )한다. 따라서 CuS는 자신은 ( )되면서 $\mathrm{NO_3^-}$을 ( )시키는 ( )이다.

❷ 산화제의 감소한 산화수와 환원제의 증가한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

ㄴ. S의 산화수는 8 증가이고, N의 산화수는 ( ) 감소이므로 계수를 맞추면 $a=$( )이고, $b=$( )이다. 또, 산화수 변화가 없는 H 원자와 O 원자 수가 같도록 계수를 맞추면 $c=$( )이고, $d=$( )이다. 따라서 $a+b=11$이고, $c+d=12$이므로 $c+d>a+b$이다.

❸ 완성한 화학 반응식을 해석하여 $\mathrm{NO_3^-}$과 $\mathrm{SO_4^{2-}}$의 반응의 양적 관계를 구한다.

ㄷ. $\mathrm{NO_3^-}$과 $\mathrm{SO_4^{2-}}$의 반응 계수비가 $\mathrm{NO_3^-}:\mathrm{SO_4^{2-}}=$( )이므로 $\mathrm{NO_3^-}$ 2 mol이 반응하면 $\mathrm{SO_4^{2-}}$( ) mol이 생성된다.

출제개념

산화수, 산화제, 환원제, 산화 환원 반응식 완성하기

▶ 본문 287~289쪽

출제의도

반응 전후 각 원자의 산화수를 구하고, 산화제와 환원제를 구분하며, 산화제의 감소한 산화수와 환원제의 증가한 산화수가 같도록 계수를 맞추어 반응의 양적 관계를 완성할 수 있는지 평가하는 문제이다.

❶ −2, +6, 증가, 산화, 환원, 환원

❷ 3, 3, 8, 8, 4

❸ 8 : 3, $\frac{3}{4}$

답 ③

수능 실전 문제

01 다음은 2가지 화학 반응식이고, ㉠~㉣은 밑줄 친 각 원자의 산화수이다.

- $2\underset{㉠}{C}(s)+O_2(g) \longrightarrow 2\underset{㉡}{C}O(g)$
- $2\underset{㉢}{C}_2H_2(g)+5O_2(g) \longrightarrow 4\underset{㉣}{C}O_2(g)+2H_2O(l)$

㉠+㉡+㉢+㉣은?

① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

02 그림은 2주기 원소 X~Z로 이루어진 3가지 분자 (가)~(다)의 루이스 구조이고, ㉠~㉢은 밑줄 친 각 원자의 산화수이다. 분자에서 X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

(가) $Y=\underset{㉠}{X}-Z$ (나) $Z-\underset{㉡}{X}(-Z)-X-Z$ (다) $Z-\underset{㉢}{Y}-Z$

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

보기

ㄱ. 전기 음성도는 Y>X이다.
ㄴ. (가)~(다)에서 Z의 산화수는 모두 −1이다.
ㄷ. ㉠+㉡+㉢=+7이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $3NO_2(g)+\boxed{㉠}(l) \longrightarrow 2HNO_3(aq)+NO(g)$
(나) $2NaOH(aq)+Cl_2(g) \longrightarrow NaCl(aq)+\boxed{㉠}(l)+\boxed{㉡}(aq)$

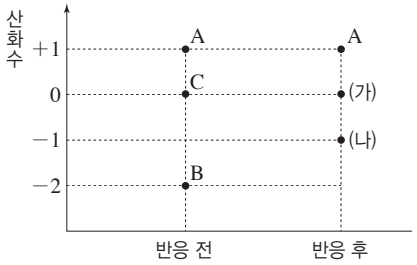
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 ㉠은 산화된다.
ㄴ. (나)에서 NaOH은 환원제이다.
ㄷ. ㉡에서 Cl의 산화수는 +1이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 분자 A_xB와 C_2가 산화 환원 반응하여 AC와 B를 생성할 때 반응 전후 각 원자의 산화수를 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. A_xB에서 x는 2이다.
ㄴ. (가)는 C이고, (나)는 B이다.
ㄷ. A~C 중 A의 전기 음성도가 가장 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2H_2(g)+O_2(g) \longrightarrow 2\underset{㉠}{H_2O}(l)$
(나) $\underset{㉡}{O_2}(g)+F_2(g) \longrightarrow \underset{㉢}{O_2F_2}(g)$
(다) $5\underset{㉣}{H_2O_2}(aq)+2MnO_4^-(aq)+6H^+(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq)+5O_2(g)+8H_2O(l)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 H_2는 산화제이다.
ㄴ. (다)에서 Mn의 산화수는 감소한다.
ㄷ. ㉠~㉣에서 O의 산화수 중 가장 큰 값과 작은 값의 합은 0이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식과 생성물에서 X의 산화수에 대한 자료이다.

(가) $X_2+2Y_2 \longrightarrow X_2Y_4$
(나) $X_2+3Z_2 \longrightarrow 2XZ_3$

생성물	X의 산화수
X_2Y_4	-2
XZ_3	$+3$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 1, 2주기에 속하는 임의의 원소 기호이다.)

보기
ㄱ. (가)에서 Y_2는 산화된다.
ㄴ. (나)에서 Z_2는 환원제이다.
ㄷ. 전기 음성도는 Z>X>Y이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 다음은 2가지 반응의 화학 반응식이다.

(가) $CaCO_3(s)+2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq)+H_2O(l)+$ ㉠(g)
(나) $Fe_2O_3(s)+aCO(g) \longrightarrow bFe(s)+c$ ㉠(g)
(a~c는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (나)에서 C의 산화수는 2만큼 증가한다.
ㄴ. (나)에서 $a+c=3b$이다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 산화 환원 반응이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $SO_2(g)+2H_2O(l)+Cl_2(g) \longrightarrow H_2SO_4(aq)+2HCl(aq)$
(나) $2F_2(g)+2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g)+4HF(aq)$
(다) $aMnO_4^-(aq)+bH^+(aq)+cFe^{2+}(aq) \longrightarrow Mn^{2+}(aq)+cFe^{3+}(aq)+dH_2O(l)$
(a~d는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 SO_2은 환원제이다.
ㄴ. (나)에서 O의 산화수는 증가한다.
ㄷ. (다)에서 $a+b>c+d$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $2Na(s)+2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq)+H_2(g)$
(나) $Fe_2O_3(s)+3CO(g) \longrightarrow 2Fe(s)+3CO_2(g)$
(다) $aSn^{2+}(aq)+2MnO_4^-(aq)+bH^+(aq) \longrightarrow cSn^{4+}(aq)+2Mn^{2+}(aq)+dH_2O(l)$
(a~d는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 H_2O은 산화제이다.
ㄴ. (나)에서 Fe의 산화수는 감소한다.
ㄷ. (다)에서 $\frac{a\times b}{c\times d}=2$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 2가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) $O_2(g)+2F_2(g) \longrightarrow 2OF_2(g)$
(나) $BrO_3^-(aq)+aI^-(aq)+bH^+(aq) \longrightarrow Br^-(aq)+cI_2(aq)+dH_2O(l)$ (a~d는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 O의 산화수는 2만큼 증가한다.
ㄴ. (나)에서 BrO_3^-은 환원제이다.
ㄷ. (나)에서 I^- 2 mol이 반응하면 H_2O 3 mol이 생성된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 3가지 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

(가) ㉠$(g)+2H_2(g) \longrightarrow CH_3OH(l)$
(나) ㉠$(g)+H_2O(l) \longrightarrow CO_2(g)+H_2(g)$
(다) $aMnO_4^-(aq)+bSO_3^{2-}(aq)+H_2O(l) \longrightarrow aMnO_2(aq)+bSO_4^{2-}(aq)+cOH^-(aq)$ (a~c는 반응 계수)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 ㉠은 산화된다.
ㄴ. (나)에서 ㉠은 환원제이다.
ㄷ. (다)에서 MnO_4^- 2 mol이 반응하면 SO_4^{2-} 3 mol이 생성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

$6Fe^{2+}(aq)+aCr_2O_7^{2-}(aq)+bH^+(aq) \longrightarrow 6Fe^{3+}(aq)+cCr^{3+}+dH_2O(l)$ (a~d는 반응 계수)

이 반응에서 산화제 1 mol이 반응할 때 생성되는 H_2O의 양(mol)은?

① $\frac{7}{6}$ mol ② $\frac{5}{2}$ mol ③ $\frac{7}{2}$ mol
④ 5 mol ⑤ 7 mol

13 다음은 반응 ㉠~㉢과 관련된 현상을 나타낸 것이다.

		
㉠철가루와 산소가 반응하여 손난로가 뜨거워진다.	㉡질산 암모늄을 물에 용해시켰더니 용액의 온도가 낮아졌다.	아이스크림 포장 상자 속 ㉢드라이아이스가 작아지면서 상자 속 온도가 낮아졌다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. ㉠은 발열 반응이다.
ㄴ. ㉡ 반응이 일어날 때 열을 흡수한다.
ㄷ. ㉢ 과정에서 열을 방출한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 다음은 열 출입 현상과 이에 대한 학생들의 대화이다.

- ㉠염화 암모늄을 물에 용해시켰더니 용액의 온도가 낮아졌다.
- ㉡메테인을 연소시켜 물을 끓였다.

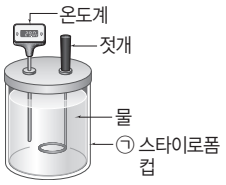


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② C ③ A, B
④ B, C ⑤ A, B, C

15 다음은 질산 암모늄(NH_4NO_3)이 물에 용해되는 반응에 대한 실험이다.

[실험 과정]
(가) 그림과 같이 25 °C 물 100 g이 담긴 열량계를 준비한다.
(나) (가)의 열량계에 25 °C의 NH_4NO_3 w g을 넣어 녹인 후 수용액의 최종 온도를 측정한다.



[실험 결과]
- 수용액의 최종 온도: 21 °C

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. ㉠은 열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 사용한다.
ㄴ. NH_4NO_3이 용해되는 반응은 발열 반응이다.
ㄷ. NH_4NO_3이 용해될 때 출입하는 열량을 구하기 위해 수용액의 비열을 알아야 한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 다음은 화학 반응에서 출입하는 열을 측정하기 위한 실험이다.

[실험 과정]
(가) 그림과 같이 20 °C 물 50 g이 담긴 열량계를 준비한다.



(나) (가)의 열량계에 20 °C의 고체 X w g을 넣어 녹인 후 수용액의 최종 온도(t_1)를 측정한다.
(다) 고체 X가 용해될 때 출입한 열량(Q_1)을 구한다.
(라) 고체 X w g 대신 고체 Y w g으로 (가)~(다)를 수행하여 수용액의 최종 온도(t_2)를 측정하고, 출입한 열량(Q_2)을 구한다.

[자료 및 실험 결과]
- 수용액의 비열은 4 J/(g·°C)이다.
- t_1: 22 °C
- t_2: 19 °C

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 고체 X가 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.
ㄴ. 고체 Y가 물에 용해되는 반응이 일어날 때 열을 흡수한다.
ㄷ. $\frac{Q_1}{Q_2}=2$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



Memo