

개념을 쌓아가는 기본서

고등 **셀파**



정답과 해설



I

화학의 첫걸음

1. 생활 속의 화학

01 | 우리 생활과 화학

기초 단원 문제

p. 12

- 01 ④ 02 ① 03 ① 04 ② 05 ⑤ 06 ③
07 ③

01 원시시대에는 사냥, 채집, 천연 소재의 그물을 활용한 낚시 등을 하여 식량을 얻었고, 산업 혁명으로 인해 인구가 급격히 증가하여 식량이 부족해졌다. 식량 생산량을 늘리기 위해 비료, 살충제, 제초제 등이 개발되었다.

오답 피하기

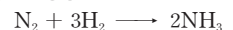
④ 독일의 화학자 하버가 암모니아를 합성하여 비료의 원료로 사용할 수 있게 됨으로써 식량 생산량이 크게 증가하였다.

문제 속 자료 암모니아 합성

질소 비료의 필요성

- 급격한 인구 증가에 따른 식량 부족으로, 농업 생산량을 높이기 위해 질소 비료의 대량 생산이 필요
- 자연에서 얻을 수 있는 질소 비료의 양이 매우 적어 인공적 질소 비료의 대량 생산이 필요

하버-보슈법: 20세기 초 하버에 의해 암모니아 합성법(하버-보슈법) 개발. 질소(N_2) 기체와 수소(H_2) 기체를 이용하여 질소 비료의 원료인 암모니아를 대량으로 합성하는 공정



질소 + 수소 → 암모니아

암모니아 합성의 의미

하버-보슈법으로 합성된 암모니아를 원료로 하여 질소 비료를 대량 생산할 수 있게 되어 식량 증산에 크게 기여 → 인구 증가에 따른 식량 문제 해결에 기여하였다.

02 ② 천연 섬유는 인체에 부작용이 없지만 대량 생산이 어려웠다. 산업 혁명 이후 인구 증가에 따른 섬유 부족 문제를 해결하기 위해 합성 섬유가 개발되어 의류를 대량으로 공급할 수 있게 되었다.

③ 대표적인 합성 섬유인 나일론은 의류뿐만 아니라 스타킹, 밧줄 등의 산업용으로도 쓰인다.

④ 영국의 과학자 퍼킨은 보라색 합성염료인 모브를 발견하여 다양한 색깔의 옷을 입을 수 있는 계기가 되었다.

⑤ 나일론과 폴리에스터는 대표적인 합성 섬유이다.

오답 피하기

① 천연 섬유는 식물뿐만 아니라 동물에서도 얻을 수 있다. 모와 견은 동물에서 얻는다.

03 ② 산업 혁명 이후 농업 생산량의 증대를 위해서는 질소 비료가 필요했고, 이를 위해 암모니아를 합성하였다.

③ 암모니아를 질산, 황산과 반응시켜 질산 암모늄이나 황산 암모늄으로 만들어 비료로 사용한다.

④ 암모니아의 구성 원소는 질소와 수소인데, 질소는 공기의 78%를 차지하는 물질로 단백질과 핵산을 이루는 주요 성분 원소이다.

⑤ 질소는 매우 안정한 물질이므로 식물이나 동물이 직접 사용할 수 없고 질소 화합물의 형태로 동식물에게 활용된다.

오답 피하기

① 암모니아의 화학식은 NH_3 이다.

04 사진은 목화로, 목화에서 천연 섬유인 면을 얻을 수 있다. 면은 환경 친화적인 섬유이다.

오답 피하기

② 캐러더스는 1937년 매우 질기고 잘 구겨지지 않는 나일론을 합성하였다.

05 과거에는 나무, 돌, 흙 등을 사용하여 집을 지어서 화재에 취약하고 오래가지 않았다. 철의 제련 기술과 콘크리트가 개발되면서 대규모 건축물을 지을 수 있게 되었고, 단열재로 스티로폼을 사용하게 되었다.

오답 피하기

⑤ 가벼우면서도 단단하며 창틀이나 건물 외벽에 사용되는 것은 알루미늄이다.

06 과거에는 난방에 주로 나무를 사용하였고, 현재에는 화석 연료인 석탄, 석유, 천연가스 등을 사용한다. 그러나 화석 연료의 고갈과 환경 문제 때문에 새로운 대체 에너지를 개발하고 있다.

오답 피하기

③ 천연가스의 주성분은 메테인이다.

07 최초의 항생제로 플레밍에 의해 발견되었으며, 푸른곰팡이에서 추출하여 만드는 의약품은 페니실린이다.

내신 만점 문제

p. 13~15

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ② 05 ④ 06 ⑤
07 ① 08 ④ 09 ③ 10 ⑤ 11 ③ 12 ③

13~14 해설 참조

01 ㄱ, ㄴ, ㄷ. 화학으로 인해 의, 식, 주거 발달하기 이전에는 식물이나 동물에서 섬유를 얻어 옷을 해결하였다. 동물의 분뇨나 퇴비를 비료로 사용하여 농작물을 재배하였으며, 나무나 돌 등을 이용해 집을 지었으므로 오래가지 않았다.

- 02 ㄱ, ㄴ. 화학으로 인해 암모니아의 대량 생산이 가능해져 식량 생산량이 크게 증가하였고, 나일론, 폴리에스터 등 다양한 합성 섬유로 의류를 대량 생산할 수 있게 되었다.

오답 피하기

ㄷ. 철근 콘크리트가 개발되어 크고 높은 건물, 다리, 댐 등의 대규모 건축물을 지을 수 있게 되었다.

- 03 ㄱ, ㄷ. 산업 혁명 이후 하버-보슈법의 개발로 암모니아를 대량으로 합성할 수 있게 되어 인류의 식량 문제가 개선되었다.

오답 피하기

ㄴ. 공기 중의 질소는 원자 간 강한 결합을 하고 있어 매우 안정한 물질이므로, 다른 물질로 잘 변하지 않고 반응성이 작아 쉽게 암모니아로 만들 수 없다.

- 04 ㄴ. 천연 섬유는 인체에 무해하고, 합성 섬유는 대량 생산이 쉽다.

ㄷ. 폴리에스터는 구김이 잘 생기지 않으며 빨리 마른다.

오답 피하기

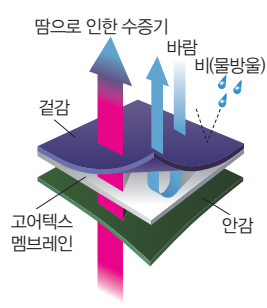
ㄱ. (가)는 누에고치로 만든 천연 섬유인 비단이고, (나)는 폴리에스터로 합성 섬유이다.

- 05 ㄴ. 고어텍스는 합성 섬유이므로 대량 생산이 가능하다.
- ㄷ. 고어텍스는 공기가 잘 통하고 땀이 잘 마르는 소재로 등산복에 많이 사용된다.

오답 피하기

ㄱ. 고어텍스는 합성 섬유이다.

문제 속 자료 고어텍스의 원리



1969년 밥 고어가 발명한 고어텍스 섬유는 수많은 미세한 구멍이 있어서 땀이 증발한 수증기는 통과시키지만 빗방울과 같이 흐르는 물은 통과하지 못하게 막아서 옷이 쉽게 젖지 않으며 방풍 기능도 뛰어나다. 따라서 고어텍스를 다른 섬유와 혼합해 방수복, 운동복 등과 같은 기능성 의류에 사용한다.

이러한 고어텍스 섬유의 특징을 잘 활용하여 생명구조 활동이나 우주 개발을 위한 물품에도 고어텍스 섬유를 사용하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

- 06 (가)는 철의 제련 과정, (나)는 합성 섬유인 나일론, (다)는 암모니아를 재료로 한 비료의 그림이다.
- ㄱ. 철의 제련으로 인해 농기구가 발달하였고, 철을 건축물 재료로도 이용할 수 있다.

ㄴ. 나일론은 합성 섬유로 매우 질기고 구겨지지 않아 의류뿐만 아니라 밧줄, 전선 등에 사용된다.

ㄷ. 암모니아를 대량으로 합성하게 되면서 비료를 대량 생산하여 인류의 식량 문제 해결에 도움을 주었다.

- 07 (가)는 주거 문제, (나)는 의류 문제, (다)는 식량 문제와 관련있다.

ㄱ. 콘크리트는 주거 문제 해결과 관련 있다.

ㄴ. 합성염료는 합성 섬유와 함께 의류 문제를 해결하였다.

ㄷ. 하버-보슈법은 합성 비료와 관련있다.

- 08 ㄱ. X는 암모니아, Y는 알루미늄이다.

ㄷ. 암모니아를 대량으로 합성하여 식량 문제를 해결하였고, 알루미늄은 가벼우면서도 단단한 성질이 있어 창틀이나 건물 외벽에 이용하여, 주거 환경이 개선되었다.

오답 피하기

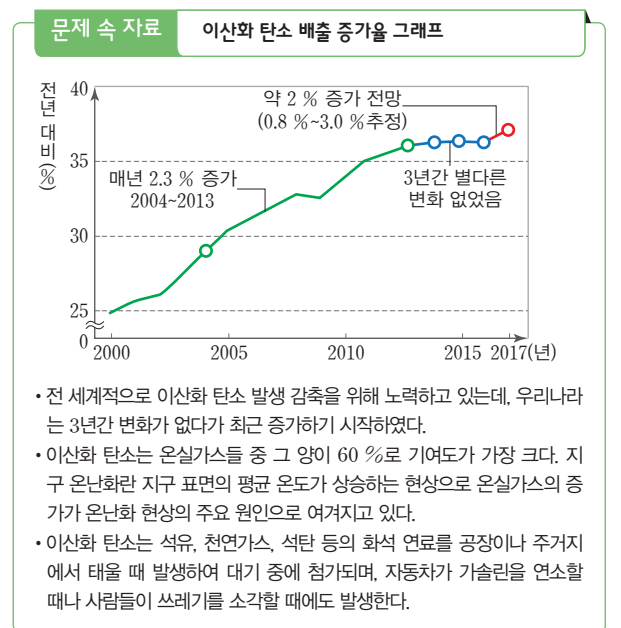
ㄴ. Y는 알루미늄 제련 과정이다.

- 09 ㄱ. 이산화 탄소 배출 증가의 주 원인은 화석 연료가 연소할 때 발생하는 이산화 탄소이다.

ㄴ. 온실가스의 증가가 지구 온난화 현상의 주요 원인이므로 이산화 탄소 배출 증가율이 계속 증가한다면 지구 온난화는 가속화될 것이다.

오답 피하기

ㄷ. 화석 연료를 대체할 수 있는 새로운 연료에는 바이오 디젤, 바이오 에탄올, 메테인 하이드레이트 등이 있다.



- 10 ㄱ, ㄷ. 공기 중의 질소는 원자 간에 매우 강한 결합을 하고 있어 안정하므로, 수소와 반응시켜 암모니아를 만들기 위해서는 고온, 고압의 조건과 촉매(산화 철)가 필요하다.

ㄴ. 일반적으로 암모니아는 물에 잘 녹는 질산 암모늄이나 황산 암모늄의 형태로 바꾸어 비료로 사용한다.

11 ㄱ. X는 화석 연료이다.

ㄷ. 화석 연료가 완전 연소할 때 이산화 탄소와 수증기(물)가 발생한다.

오답 피하기

ㄴ. 화석 연료의 주성분은 탄소와 수소이다.

12 ㄱ. 합성 의약품의 개발로 인간의 수명이 과거보다 늘어나고 질병의 예방 및 치료가 쉬워졌다.

ㄷ. 1928년 플레밍이 푸른곰팡이에서 페니실린을 발견하였으며, 페니실린은 최초의 항생제이다.

오답 피하기

ㄴ. 아스피린은 최초의 합성 의약품이다.

ㄹ. 아세틸 살리실산의 제품명은 아스피린이다.

13 [모범 답안] (1) H_2

(2) 질소는 단백질을 이루는 주요 성분이다. 식물은 질소 성분을 질소 비료로부터 공급받는데, 암모니아의 합성은 질소 비료의 대량 생산을 가능하게 하여 식량 생산을 획기적으로 늘려 식량 문제를 해결하는 데 큰 공헌을 하였다.

해설 (1) 암모니아는 질소 원자와 수소 원자로 이루어진 화합물로, 질소 분자와 수소 분자가 반응하여 생성된다.

(2) 암모니아는 비료의 원료가 되는 주요 물질로, 식물은 비료 중의 질소 성분을 이용하여 단백질을 합성한다.

채점 기준		배점
(1)	(가)의 분자식을 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	주어진 용어를 모두 사용하여 옳게 서술한 경우	80 %
	주어진 용어는 모두 사용하였으나 서술 내용이 충분하지 못한 경우	60 %
	주어진 용어를 일부만 사용하여 서술한 경우	40 %

14 [모범 답안] (1) CO_2

(2) (나)는 산화 철의 제련 반응으로 순수한 철은 철근을 만들어 콘크리트와 함께 대규모 건물을 만드는 데에 사용된다. (다)는 알루미늄의 제련 반응으로, 알루미늄의 제련으로 얻은 알루미늄은 가볍고 단단하여 창틀이나 건물 외벽에 사용된다.

해설 (1) (다)는 천연가스의 주성분인 메테인의 연소 반응으로 천연가스는 난방과 조리용 연료로 사용된다. 메테인 연소 시 산소 기체와 반응하여 이산화 탄소와 물이 생성되고 열에너지가 발생한다.

(2) (나)는 철의 제련, (다)는 알루미늄 제련이다.

채점 기준		배점
(1)	㉠의 분자식을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	(나)가 철의 제련 과정, (다)가 알루미늄 제련 과정임을 알고 철과 알루미늄의 사용을 옳게 서술한 경우	70 %
	(가)와 (나) 중 하나만 옳게 서술한 경우	30 %

02 | 탄소 화합물

기초 탄탄 문제

p. 24

01 ④ 02 ③ 03 ② 04 ⑤ 05 ④ 06 ②

01 탄소 화합물은 탄소를 포함하는 화합물로, 정사면체, 평면 삼각형, 직선형 등의 여러 가지 모양을 하고 있으며 동물과 식물 은 대부분 탄소 화합물로 이루어져 있다.

오답 피하기

④ 탄소 원자 1개는 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합을 한다.

02 에탄올(CH_3CH_2OH), 아세트산(CH_3COOH), 포알데하이드($HCHO$), 아세톤(CH_3COCH_3)에는 모두 산소가 포함되어 있다.

오답 피하기

③ 메테인의 분자식은 CH_4 로 산소가 포함되지 않은 탄소 화합물이다.

03 ② 에탄올의 화학식은 C_2H_5OH 이다.

오답 피하기

①은 에테인, ③은 아세트산, ④는 포알데하이드, ⑤는 아세톤이다.

04 그림은 포알데하이드로 화학식은 $HCHO$ 이다. 모든 원자가 같은 평면에 있고, 평면 삼각형 구조이며 자극성이 강한 물질로 방부제에 쓰이고, 새집 증후군을 유발하는 유해 물질로도 알려져 있다.

오답 피하기

⑤ 살균 효과가 있어 소독약이나 손 소독제로 이용하는 것은 에탄올이다.

05 탄화수소는 탄소와 수소만으로 이루어진 화합물로, 원유를 이루는 주성분이며, 압축 천연가스와 액화 석유가스의 주성분도 탄화수소에 속한다.

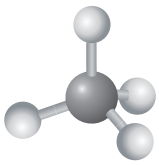
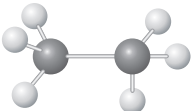
오답 피하기

④ 탄화수소가 완전 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성된다.

- 06 그림은 메테인으로 분자식은 CH_4 이다. 정사면체 구조를 가지고, 완전 연소하였을 때 이산화 탄소와 수증기(물)을 생성한다.

오답 피하기

- ② 에테인은 탄소 원자 2개에 H 원자 6개가 단일 결합한 것이다.

문제 속 자료	메테인과 에테인 구조
<p>메테인(CH_4)</p>  <p>중심에 탄소 원자가 있고 수소 원자 4개가 정사면체 구조의 꼭짓점 위치에 배열되어 있는 입체 구조를 이루고 있다.</p>	<p>에테인(C_2H_6)</p>  <p>탄소 원자 2개가 연결되어 있고, 각 탄소에 수소 원자가 3개씩 연결된 입체 구조이다.</p>

내신 만점 문제

p. 25~27

- 01 ④ 02 ② 03 ③ 04 ④ 05 ① 06 ④
07 ③ 08 ⑤ 09 ⑤ 10 ③ 11~12 해설 참조

- 01 탄소 화합물은 탄소를 포함하는 화합물로 한 탄소에 최대 4개의 결합이 가능하여 입체 구조, 평면 구조 등의 다양한 구조를 가질 수 있다.

오답 피하기

서영: 탄소 화합물은 2중 결합과 3중 결합을 가질 수 있는데 이에 따라 평면 삼각형 구조나 직선형 구조를 가질 수 있다.

- 02 CH_3CH_3 는 에테인, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 는 프로페인이다.

ㄱ. 둘 다 탄소와 수소로만 이루어진 탄화수소로, 탄소 화합물이다.

ㄴ. 완전 연소할 경우 이산화 탄소와 수증기(물)가 생성된다.

오답 피하기

ㄷ. 에테인은 탄소 1개당 결합한 수소가 3개이고, 프로페인은 탄소 1개당 결합한 수소가 $\frac{8}{3}$ 개이다.

- 03 (가)는 메테인으로 화학식은 CH_4 이고, (나)는 아세트산으로 화학식은 CH_3COOH 이다.

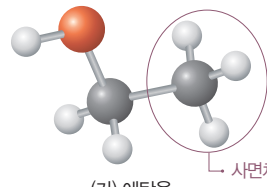
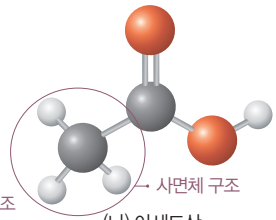
- 04 (가)는 에탄올, (나)는 아세트산이다.

ㄱ. 탄소의 개수는 (가)와 (나)가 각각 2개이다.

ㄴ. 탄소 하나가 3개의 수소 원자와 결합한 부분이 사면체 구조를 가진다.

오답 피하기

ㄷ. 에탄올을 발효시키면 아세트산을 만들 수 있다. 따라서 (가)를 발효시켜 (나)를 만들 수 있다.

문제 속 자료	탄소 화합물의 구조
 <p>(가) 에탄올</p>	 <p>(나) 아세트산</p>

- 05 ㄱ. (가)는 아세톤, (나)는 아세트산이다. 두 탄소 화합물 모두 C 원자와 O 원자 사이에 2중 결합을 포함하고 있다.

오답 피하기

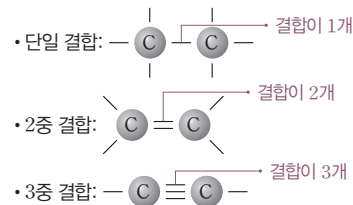
ㄴ. 아세톤은 수소 원자가 6개이고, 아세트산은 수소 원자가 4개이다.

ㄷ. 아세트산은 실온에서 액체 상태이나 온도가 약간 더 낮아져 어는점인 17°C 에 도달하면 고체 상태가 된다. 아세톤은 실온에서 액체 상태이다.

문제 속 자료 원자 간 결합의 종류

단일 결합은 원자와 원자 사이에 공유 결합이 1개이며, 2중 결합은 원자 간에 공유 결합이 2개, 3중 결합은 원자 간 공유 결합이 3개이다.

예 탄소 간 결합



- 06 (가)는 에탄올, (나)는 폼알데하이드이다.

ㄴ. 에탄올은 살균 효과가 있어 손 소독제로 이용한다.

ㄷ. 폼알데하이드는 접착제, 도료, 방부제 등의 성분으로 쓰이며 가격이 싸기 때문에 건축 자재에 널리 이용된다.

오답 피하기

ㄱ. 폼알데하이드는 모든 원자가 같은 평면에 있지만, 에탄올은 사면체 구조 2개가 붙어 있는 입체 구조이다.

- 07 (가)는 식초로 주성분은 아세트산(CH_3COOH)이고, (나)는 메니큐어 제거제로 주성분은 아세톤(CH_3COCH_3)이다.

오답 피하기

②의 (나)는 프로페인, ④의 (가)는 프로판올이다.

08 ㄱ. 플라스틱은 탄소 화합물로서 천개 이상의 분자가 결합한 고분자 물질이다.

ㄴ. 플라스틱은 가볍고 녹이 슬지 않으며, 대량 생산이 가능하여 값이 싸다.

ㄷ. 플라스틱은 주로 원유에서 분리되는 나프타를 원료로 합성하는 탄소 화합물이다.

09 ㄱ. 비누와 합성 세제는 세탁을 위한 계면 활성제이다.

ㄴ. 플라스틱은 원유에서 얻어낸 나프타를 원료로 만들어졌고, LPG의 주성분은 프로페인과 뷰테인이다.

ㄷ. LNG의 주성분은 메테인(CH_4)이며, 탄소 원자 1개에 수소 원자 4개가 결합한 정사면체의 입체 구조이다.

10 ㄱ, ㄴ. 아세트아미노펜의 화학식은 $\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$ 로 탄소 화합물이다.

오답 피하기

ㄷ. 모든 탄소 원자는 최대 4개의 다른 원자와 결합할 수 있고, 탄소 원자 1개당 결합선이 4개이다. 결합선이 3개만 있는 탄소 원자는 존재하지 않는다.

11 [모범 답안] (1) (가) 사슬 모양, (나) 고리 모양

(2) 탄소의 원자가 전자가 4개이므로, 탄소 원자 사이에는 사슬 모양, 고리 모양, 단일 결합, 2중 결합, 3중 결합 등 다양한 결합 방식이 가능하여 탄소 화합물의 종류가 매우 많다.

해설 탄소 화합물은 구성 원소의 종류는 적으나 다양한 결합을 할 수 있다. 탄소는 원자가 전자 수가 4개이므로 탄소 원자 1개가 최대 4개의 다른 원자와 결합할 수 있기 때문에 화합물의 종류가 많다.

채점 기준		배점
(1)	(가), (나)에서 탄소 원자 사이의 결합 모양을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	탄소 원자 사이의 다양한 결합 방식에 대해 구체적으로 옳게 서술한 경우	70 %
	탄소 원자 사이의 결합 방식이 다양하다는 것만 옳게 서술한 경우	30 %

12 [모범 답안] (1) (가) 메테인, (나) 아세트산, (다) 에탄올

(2) (가) CH_4 , (나) CH_3COOH , (다) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 또는 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 또는 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

해설 탄소와 수소만으로 이루어진 화합물은 메테인이므로 (가)는 메테인이다. 물에 녹아 산성을 나타내는 것은 아세트산이므로 (나)는 아세트산, (다)는 에탄올이다.

채점 기준		배점
(1)	(가)~(다)를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
	(가)~(다) 중 한 개만 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	(가)~(다)의 화학식을 모두 옳게 쓴 경우	60 %
	(가)~(다)의 화학식 중 두 개만 옳게 쓴 경우	40 %
	(가)~(다)의 화학식 중 한 개만 옳게 쓴 경우	20 %

2. 물질의 양과 화학 반응식

01 | 물



탐구 대표 문제

p. 34

01 ③

02 해설 참조

01 고체 물질이 가루라면 약포지와 약손가락, 저울이 필요하다. 액체의 질량을 측정할 때는 저울과 비커를 사용하거나, 눈금 실린더를 사용하여 부피를 측정하고 물질의 밀도를 이용하여 질량을 구한다. 기체 물질 1 mol을 측정할 때는 풍선과 줄자를 사용한다.

오답 피하기

③ 저울 위에 비커를 올려놓고 영점을 맞춘 후, 액체를 넣고 질량을 측정한다.

02 [모범 답안] 기체의 부피는 입자의 개수와 관련이 있으므로 기체 1 mol의 질량은 다르지만 부피는 0 °C, 1 기압에서 22.4 L로 같다.

기초 탄탄 문제

p. 36

01 ③

02 ②

03 ①

04 ⑤

05 ④

06 ②

01 $\text{몰(mol)} = \frac{\text{질량(g)}}{\text{몰 질량(g/mol)}}$ 이다.

① 수소 기체 2 g은 $\frac{2}{2} = 1$ 몰이다.

② 질소 기체 14 g은 $\frac{14}{28} = 0.5$ 몰이고 포함된 원자의 수는 $0.5 \times 2 = 1$ 몰이다.

④ 암모니아 분자 6.02×10^{23} 개는 1몰이고, 그 속의 질소 원자는 1개이므로 $1 \times 1 = 1$ 몰이다.

⑤ 0 °C, 1 기압에서 22.4 L의 기체는 1몰이므로 산소 분자의 수는 1몰이다.

오답 피하기

③ 물 18 g은 1몰이고 원자가 3개 있으므로 포함된 전체 원자의 수는 $1 \times 3 = 3$ 몰이다.

02 A는 부피가 11.2 L이므로 0.5몰이고, 질량 (가)는 $28 \times 0.5 = 14$ g이다. B는 분자량과 질량이 같으므로 1몰이고, 부피는 (나) 22.4 L이다. C는 질량이 16이고, 분자량이 32이므로 물질의 양(mol)은 $\frac{16}{32} = 0.5$ 몰이다. D는 부피가 5.6 L이므로 0.25몰이고, 질량이 4 g이므로 분자량 (라)는 $4 \times 4 = 16$ 이다.

03 0 °C, 1 기압에서 22.4 L의 기체는 1몰이므로, 기체의 밀도를 이용해 기체 1몰의 질량을 구하면 $1.25 \text{ g/L} \times 22.4 \text{ L} = 28 \text{ g}$ 이다. 따라서 분자량이 28이며, 분자량이 28인 것은 질소(N_2)이다.

오답 피하기

- ② O_2 의 분자량은 32이다.
- ③ H_2O 의 분자량은 18이다.
- ④ CH_4 의 분자량은 16이다.
- ⑤ C_2H_6 의 분자량은 30이다.

04 봉소의 평균 원자량은 $10 \times \frac{20}{100} + 11 \times \frac{80}{100} = 10.8$ 이다.

문제 속 자료 **평균 원자량**

질량수가 A, B인 동위 원소의 존재 비율이 a %, b %일 때 평균 원자량은 $\frac{A \times a + B \times b}{100}$ 이다.

05 CH_4 에 들어 있는 원자 수는 C 1개, H 4개로 총 5개이므로 원자 수는 5몰이다. KCl 1몰에는 K^+ 1몰과 Cl^- 1몰이 들어 있다. 따라서 (가)=1, (나)=5, (다)=1이다.

문제 속 자료 **원자, 분자, 이온 수**

H_2O 1몰에 들어 있는 분자 수: (가) $\times 6.02 \times 10^{23}$
 CH_4 1몰에 들어 있는 원자 수: (나) $\times 6.02 \times 10^{23}$
 KCl 1몰에 들어 있는 양이온 수: (다) $\times 6.02 \times 10^{23}$

(가)는 1몰의 분자 수가 1, (나)는 1몰에 포함된 원자 수가 5몰이므로 5, KCl 1몰에는 양이온인 K^+ 이 1몰 포함되어 있으므로 (다)는 1이다. 문제에서 원자 수와 분자 수 중 무엇을 묻는지 잘 읽도록 한다.

06 0 °C, 1 기압에서 22.4 L의 기체는 1몰이므로 67.2 L 용기에 는 에테인(C_2H_6) 기체가 3몰 포함되어 있다. 에테인 1몰의 질량은 $(12 \times 2) + (1 \times 6) = 30$ 이므로 에테인 3몰의 질량은 $30 \text{ g} \times 3 = 90 \text{ g}$ 이다. 에테인 1몰에 포함된 수소 원자는 6몰이므로 에테인 3몰에는 수소 원자 $6 \text{ 몰} \times 3 = 18 \text{ 몰}$ 이 포함되어 있다. 따라서 수소 원자의 수는 $18 \times 6.02 \times 10^{23}$ 이다.

내신 만점 문제

p. 37~39

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ④ | 03 ① | 04 ⑤ | 05 ⑤ | 06 ⑤ |
| 07 ⑤ | 08 ③ | 09 ③ | 10 ③ | 11 ③ | 12 ③ |

13~14 해설 참조



01 ㄱ, ㄷ. 칼슘 1몰의 질량은 원자량에 g을 붙인 값이므로 40 g이고, 칼슘 8 g은 $\frac{8 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. 칼슘 원자 1개의 질량은 $\frac{40 \text{ g}}{6.02 \times 10^{23}} \approx 6.64 \times 10^{-23} \text{ g}$ 이다.

02 ㄴ, ㄷ. 산소는 $\frac{1}{16}$ 몰이고, 수소는 1몰이다. 수소의 양(mol)이 산소보다 16배 많으므로 부피도 16배이다.

오답 피하기

ㄱ. 산소와 수소의 질량은 같지만 물질의 양(mol)과 입자 수는 다르다. 물질의 양(mol)은 분자 수에 비례하므로 산소의 분자 수와 수소의 분자 수가 다르다.

03 ㄱ. 원자량의 기준이 바뀌면 기존의 원자량 및 분자량, 화학식량은 바뀐다.

오답 피하기

ㄴ, ㄷ. 원자량의 기준이 바뀌어도 실제적인 양인 질량, 부피, 밀도는 바뀌지 않는다.

04 ㄱ. 같은 온도와 압력에서 같은 부피에는 물질의 양(mol)이 같다. 따라서 A 용기와 B 용기 속의 기체 분자 수는 같다.

ㄴ. 용기의 무게가 100 g이므로 A 용기에 메테인은 16 g이 포함되어 있고, $\frac{16}{16} = 1 \text{ mol}$ 이다. A와 B 용기의 크기가 같으므로 용기 B 속의 입자 수도 1 mol이다. 메테인 1 mol 속에는 수소 원자가 $1 \times 4 = 4 \text{ mol}$ 이 포함되어 있다. A 용기와 B 용기의 수소 원자 수가 같으므로 프로페인이 0.5 mol 들어 있고, 헬륨이 0.5 mol 들어 있다. 프로페인의 분자량은 44이므로 0.5 mol의 질량은 $44 \times 0.5 = 22 \text{ g}$ 이고, 헬륨 0.5 mol의 질량은 $\frac{4}{2} = 2 \text{ g}$ 이므로 용기 B의 전체 질량(용기 + 혼합 기체)은 $100 + 22 + 2 = 124 \text{ g}$ 이다.

ㄷ. 메테인 1 mol 속에 탄소 원자는 $1 \times 1 = 1 \text{ mol}$, 프로페인 0.5 mol 속 탄소 원자는 $0.5 \times 3 = 1.5 \text{ mol}$ 이므로 탄소의 원자 수의 비는 2 : 3이다.

05 ㄱ. 피스톤까지 높이의 비는 부피비와 같고, 부피비는 몰비와 같지만 질량비와는 다르다.

ㄴ. 부피비=몰비이므로 두 실린더에서 기체의 질량을 w g라고 하고, A의 분자량을 a 라 하면, $16:9=\frac{w}{18}:\frac{w}{a}$, $a=32$ 이다.
 ㄷ. H_2O 와 기체 A가 1몰이 있다면, 질량비는 $18:32=9:16$ 이다.

06 아보가드로수(N_A)는 1 mol을 의미한다.

ㄱ. 물(H_2O) 18 g은 1몰이며, 수소 원자 수가 2이므로 수소 원자는 2 mol이다.
 ㄴ. 흑연(C)은 원자량이 12이므로 1 g에 있는 탄소 원자 수는 $\frac{N_A}{12}$ 이다.
 ㄷ. 수소 기체는 2 g이 1몰이고, 아보가드로수만큼의 입자를 가지므로 수소 기체(H_2) 1개의 질량은 $\frac{2}{N_A}$ 이다.

- 07** ① 0 °C, 1 기압에서 수소(H_2) 기체 11.2 L는 0.5몰이므로 11.2 L의 용기에 수소 기체를 채우면 1 g이 된다.
 ② 0 °C, 1 기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 0 °C, 1 기압의 NH_3 11.2 L는 $\frac{11.2}{22.4} = 0.5$ 몰이다.
 ③ NH_3 1몰의 질량은 17 g이므로 0.5몰은 8.5 g이다.
 ④ NH_3 0.5몰에는 N 원자가 0.5몰 들어 있으므로 원자 수는 $0.5 \times 6.02 \times 10^{23} \text{개} = 3.01 \times 10^{23} \text{개}$ 이다.

오답 피하기

⑤ NH_3 0.5몰에는 H 원자가 1.5몰 들어 있고, C_2H_6 1몰에는 H 원자가 6몰 들어 있다. 따라서 H 원자 1.5몰이 들어 있는 C_2H_6 의 양(mol)은 0.25몰이므로 0 °C, 1 기압에서 H 원자 1.5몰이 들어 있는 C_2H_6 의 부피는 5.6 L가 된다.

08 ^{13}C 의 존재 비율(%)을 x 라고 하면,

$$\text{탄소의 평균 원자량} = \frac{12 \times (100 - x) + 13x}{100} = 12.011,$$

$$x = 1.10 \text{이다.}$$

평균 원자량은 동위 원소의 존재 비율을 고려해서 구한 원자량으로 각 동위 원소의 원자량에 존재 비율을 곱해서 구한다.

09 ㄱ. 온도, 압력, 부피가 같은 기체에는 같은 수의 분자가 포함되어 있으므로 용기 속에 넣은 산소 분자(O_2)와 기체 X의 분자 수는 같다.

ㄴ. 온도, 압력, 부피가 같을 때 기체의 질량비=밀도비이므로 산소 기체와 기체 X의 밀도비=0.16 : 0.22=8 : 11이다.

오답 피하기

ㄷ. 온도, 압력, 부피가 같은 기체에는 같은 수의 분자가 포함되어 있으므로 기체의 질량비=기체의 분자량비이다. 따라서

기체 X의 분자량을 x 라고 하면 온도, 압력, 부피가 같으므로 질량비=분자량비= $O_2 : X = 0.16 : 0.22 = 32 : x$ 에서 $x=44$ 이다.

10 (가)는 2원자 분자이므로 AB 이고, (나)는 3원자 분자이므로 A_2B 또는 AB_2 이다. A의 분자량을 a , B의 분자량을 b 라고 하면,

(가) $a+b=36$ 이고, (가)와 (나)의 분자량의 차이 12는 a 또는 b 인데 $a < b$ 이므로 $a=12$, $b=24$ 이다. 따라서 (가)는 AB 이고, (나)는 A_2B 이다.

ㄷ. A_2B_2 의 분자량은 $24+48=72$ 로 성분 원소의 질량비는 $A : B = \frac{24}{72} : \frac{48}{72}$ 이므로 1 : 2이다.

오답 피하기

ㄱ. (나)의 분자식은 3원자 분자로 A_2B 이다.

ㄴ. 원자량비는 A가 12, B가 24이므로 $A : B = 1 : 2$ 이다.

11 ㄱ. 온도와 압력이 같을 때, 기체의 양(mol)은 부피에 비례하므로 실린더 속 혼합 기체의 양(mol)은 (가) : (나) = $V_L : 2V_L = 1 : 2$ 이다. 따라서 실린더 속 혼합 기체의 전체 양은 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄷ. (가)와 (나)의 He의 양(mol)이 같으므로 A와 B의 양(mol)은 $B > A$ 이다. 수소 원자의 양(mol)이 같을 때 분자의 양(mol)은 $C_2H_2 : C_3H_8 = 4 : 1$ 이므로, A는 C_3H_8 이고 B는 C_2H_2 이다. B의 양(mol)은 A 양(mol)의 4배이므로 $y=4x$ 이고 (He 1몰 + A x 몰) : (He 1몰 + B y 몰) = $(1+x) : (1+y) = 1 L : 2 L$ 이다. 따라서 $x=0.5$, $y=2$ 이므로 $xy=0.5 \times 2=1$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. A의 수소 원자의 양(mol)은 $0.5 \times 8 = 4$ 몰이다.

12 ㄱ. 1 g당 분자 수는 분자량에 반비례하므로 분자량이 클수록 1 g당 분자 수가 작다. (가)가 (나)보다 분자량이 크므로, (가)는 AB_3 , (나)는 AB_2 이다. 따라서 같은 양(mol)의 A와 결합한 B의 양(mol)은 (가) : (나) = 3 : 2이다.

ㄴ. (가)는 AB_3 이고, (나)는 AB_2 이므로 분자 1개에 포함된 원자 수는 (가)가 4개, (나)가 3개이다. 따라서 분자 1몰에 포함된 원자 수는 (가) > (나)이다.

오답 피하기

ㄷ. (가)와 (나)의 분자량비는 $\frac{1}{4N} : \frac{1}{5N} = 5 : 4$ 이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 같으므로 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 (가)가 (나)보다 밀도가 크다.

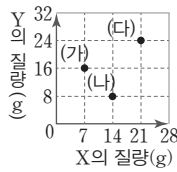
13 [모범 답안] (1) (가) XY_2 , (나) X_2Y , (다) XY

(2) (가)는 NO_2 이므로 밀도는 $\frac{46}{22.4} \approx 2.05 \text{ g/L}$ 이고, (나)는 N_2O

이므로 밀도는 $\frac{46}{22.4} \approx 1.96 \text{ g/L}$

해설

- (가)~(다)는 각각 실험식과 분자식이 같다.
- (다)를 구성하는 X 원자의 수와 Y 원자의 수는 같다.



(1) (다)를 구성하는 질량비는 $X : Y = 21 : 24$ 이고, X와 Y의 원자 수가 같다. 원자량의 비가 $X : Y = 7 : 8$ 이므로, X의 원자량을 $7a$ 라 하면, Y의 원자량은 $8a$ 이다. (가)에서 질량비가 $X : Y = 7 : 16$ 이므로, X와 Y의 몰비는 $\frac{7}{7a} : \frac{16}{8a} = 1 : 2$ 이므로 (가)의 실험식은 XY_2 이다. 실험식과 분자식이 같으므로 (가)는 XY_2 이다.

(나)에서 질량비가 $X : Y = 14 : 8$ 이므로, $\frac{14}{7a} : \frac{8}{8a} = 2 : 1$ 이다. 따라서 (나)의 실험식은 X_2Y 이다. 실험식과 분자식이 같으므로 (나)는 X_2Y 이다.

(2) X와 Y는 질소와 산소 중 하나이므로, (가)는 NO_2 이고, (나)는 N_2O 이다. 0°C , 1 기압에서 1 mol의 부피가 22.4 L이므로, (가)의 밀도는 $\frac{46}{22.4} \approx 2.05 \text{ g/L}$ 이고, (나)의 밀도는 $\frac{44}{22.4} \approx 1.96 \text{ g/L}$ 이다.

서술형 Tip

밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 분자를 이루는 원자량의 합에서 부피를 나누면 분자의 밀도를 구할 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	(가)~(다)의 분자식을 모두 옳게 쓴 경우	60 %
	(가)~(다)의 분자식 중 두 가지만 옳게 쓴 경우	40 %
	(가)~(다)의 분자식 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	(가)와 (나)의 밀도를 모두 옳게 구한 경우	40 %
	(가)와 (나)의 밀도 중 하나만 옳게 구한 경우	20 %

14 [모범 답안] (1) $B > D > C > A$

(2) (가) 13, (나) 44, (다) 11.25, (라) 0.5

(가): 기체 A는 부피가 22.4 L이므로 1 mol이다. 따라서 질량 (가)는 13 g이다.

(나): 기체 B는 밀도가 1.96 g/L이므로, 부피 22.4 L를 곱하면 분자량 (나)는 44이다.

(다): 기체 C는 밀도가 0.8 g/L이므로 부피는 11.25 L이다.

부피가 11.25 L에 9 g이므로 22.4 L에는 약 18 g이 되고, 1 몰의 분자량은 18이다.

(라): 기체 D는 부피가 11.2 L이므로 $\frac{11.2}{22.4} = 0.5 \text{ mol}$ 이다.

채점 기준		배점
(1)	분자량을 순서대로 옳게 나열한 경우	20 %
	(가)~(라)를 계산 과정을 포함하여 모두 옳게 쓴 경우	80 %
(2)	(가)~(라) 중 계산 과정을 포함하여 세 가지를 옳게 쓴 경우	60 %
	(가)~(라) 중 계산 과정을 포함하여 두 가지를 옳게 쓴 경우	40 %
	(가)~(라) 중 계산 과정을 포함하여 한 가지만 옳게 쓴 경우	20 %

02 | 화학 반응식



탐구 대표 문제

p. 47

01 ④

01 ④ 이 실험에서 이산화 탄소의 양은 이산화 탄소가 발생하여 삼각 플라스크 밖으로 빠져 나가 질량이 감소하는 것을 이용하여 측정하므로 이산화 탄소는 물에 잘 녹지 않는 기체이다.

오답 피하기

① 일정량의 묽은 염산과 반응하는 탄산 칼슘의 양은 일정하므로, 탄산 칼슘의 양이 정해지면 묽은 염산의 양을 늘려 주어도 생성되는 이산화 탄소의 양은 일정하다.

② 염산의 농도가 진해지면 반응이 더 빨리 진행되지만, 생성되는 이산화 탄소의 양은 동일하다.

③ 화학 반응식에서 계수비는 물질의 질량비가 아닌 몰비와 같다. 물질의 양(mol)이 같아도 각 물질의 화학식량이 다르므로 계수비와 질량비는 같지 않다.

⑤ 실험에서 사용한 염산과 같은 농도와 부피의 묽은 황산을 사용하면 묽은 황산이 탄산 칼슘과 반응하여 이산화 탄소를 발생하며, 발생하는 이산화 탄소의 양도 같다.





기초 탄탄 문제

p. 48

01 ④ 02 ④ 03 ⑤ 04 ② 05 ② 06 ⑤

01 반응물과 생성물 사이는 화살표를 연결한다. 왼쪽에는 반응물을, 오른쪽에는 생성물을 쓰고, 계수를 맞추기 때에는 미정 계수를 사용하기도 한다. 반응물이 생성물이 될 때는 생성되거나 없어지는 원자가 없다는 점을 고려하여 계수를 맞춘다.

오답 피하기

④ 고체는 s, 액체는 l, 기체는 g, 수용액은 aq로 상태를 표시한다.

02 ④ 뷰테인 4.48 L는 0.2몰이므로, 물은 1몰(18 g) 생성된다.

오답 피하기

- ① 반응 전 분자는 15 mol이고, 반응 후 분자는 18 mol이다.
- ② 화학 반응에서는 새로 생성되거나 소멸되는 원자가 없다.
- ③ 뷰테인과 이산화 탄소의 계수비가 1 : 4이므로 뷰테인 1 mol이 반응할 때, 이산화 탄소는 4 mol 생성된다.
- ⑤ 생성된 CO₂와 H₂O의 계수비는 질량비와 같지 않으므로 질량비는 4 : 5가 아니다.

	X ₂	Y ₂	A
반응 전 부피(mL)	20	40	0
반응한 부피(mL)	-20	-30	+20
반응 후 부피(mL)	0	10	20

반응 부피비는 X₂ : Y₂ : A = 2 : 3 : 2이고 화학 반응식의 계수비와 같다. 반응 전후에 원자는 소멸하거나 생성되지 않는다. 따라서 화학 반응식은 2X₂ + 3Y₂ → 2X₂Y₃이고, A는 X₂Y₃이다.

04 반응 전후에 반응하지 않고 남아 있는 분자를 확인하여 반응식을 만든다. 반응하지 않고 남아 있는 분자는 B₂가 2개이므로, 4AB + 2B₂ → 4AB₂이고, 계수를 정리하면 2AB + B₂ → 2AB₂이다.

05 생성된 기체 C가 22.4 L이므로 1몰이다. A, B, C의 화학 반응식의 계수비=몰비=1 : 2 : 2이므로, 반응한 A는 0.5몰, B는 1몰이므로 A의 분자량은 28, B의 분자량은 4이다. C의 분자량은 질량 보존 법칙에 의해 14 + 4 = 18이다.

- ① 질량 보존 법칙에 의해 기체 C의 질량은 기체 A와 B의 질량의 합이다. A 14 g과 B 4 g의 합은 18 g이므로 생성된 기체 C의 질량은 18 g이다.
- ③ 기체 A는 0.5몰이므로 부피가 11.2 L이고, B는 1몰이므로 22.4 L이다. 따라서 반응 전 기체 A와 B의 총 부피는 11.2 + 22.4 = 33.6 (L)이다.

④ 기체 C는 1몰이므로 질량 보존 법칙에 의해 14 + 4 = 18이 분자량이다.

⑤ 반응한 A는 0.5몰이다.

오답 피하기

② 기체 A 14 g이 0.5몰이므로 A의 분자량은 28이고, B 4 g이 1몰이므로 B의 분자량은 4이다. 따라서 분자량의 비는 A : B = 7 : 1이다.

06 aCH₃OH + bO₂ → cCO₂ + dH₂O에서 계수를 맞추면, a=2, b=3, c=2, d=4이므로 화학 반응식은 2CH₃OH + 3O₂ → 2CO₂ + 4H₂O이다.

- ① a + b + c + d = 2 + 3 + 2 + 4 = 11이다.
- ② 메탄올 1몰이 반응할 때 수증기는 2몰이 생성되므로 질량은 18 × 2 = 36 g이다.
- ③ 메탄올의 분자량이 32이므로 메탄올 32 g은 1몰이고 반응하는 산소는 1.5몰이므로 부피는 33.6 L이다.
- ④ 화학 반응식에서 계수비=분자 수비이므로 메탄올 1분자가 반응하면 이산화 탄소 1분자가 생성된다.

오답 피하기

⑤ 화학 반응식에서 계수비=몰비이므로 산소 3몰이 반응할 때 이산화 탄소는 2몰이 생성된다.

내신 만점 문제

p. 49~51

01 ③ 02 ④ 03 ④ 04 ③ 05 ③ 06 ④
07 ③ 08 ① 09 ⑤ 10 ⑤ 11~12 해설 참조



01 ㄱ, ㄴ. 화학 반응식의 계수비=몰비=분자 수비=부피비(기체인 경우)이다. 화학 반응식에서 계수비가 H₂ : O₂ : H₂O = 2 : 1 : 2이므로 부피비와 몰비도 H₂ : O₂ : H₂O = 2 : 1 : 2이다.

오답 피하기

ㄷ. 화학 반응식의 계수로 부피비와 몰비를 알 수 있지만, 질량비는 알 수 없다. 원자량을 이용하여 질량비를 구하면 H₂ : O₂ : H₂O = 1 : 8 : 9이다.

02 ㄴ, ㄷ. 메테인의 분자량을 통해 메테인의 양(mol)을 구할 수 있다. 이를 통해 생성된 이산화 탄소의 양(mol)을 구한 후, 실험 온도와 압력에서 기체 1몰의 부피를 이용해 이산화 탄소의 부피를 구할 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 메테인의 분자량을 통해 메테인의 양(mol)을 구하고, 계수비는 몰비와 같으므로 메테인의 양(mol)과 이산화 탄소의

양(mol)이 같다는 것을 알 수 있다. 이산화 탄소의 양(mol)을 알면 부피는 알 수 있으므로 이산화 탄소의 분자량은 필요 없다.

- 03 ㄱ. 반응에 참여하지 않은 분자 XY가 1개 있으므로, 화학 반응식은 $2XY + Y_2 \longrightarrow 2XY_2$ 이다. 따라서 Y_2 가 1몰 반응하면 생성물은 2몰 생성된다.

ㄴ. 질량 보존 법칙에 의해 용기에 존재하는 물질의 총 질량은 반응 전과 후가 같다.

오답 피하기

ㄷ. XY가 1개 남아 있고, $XY : Y_2 = 2 : 1$ 의 몰비로 반응하므로, Y_2 가 반응하지 못하고 남을 것이다.

- 04 기준 I을 적용한 탄소 1몰의 질량은 12,000 g이고, 기준 II를 적용한 탄소의 질량은 다음과 같다.

$$12,000 \text{ g} : 15,995 \text{ g} = x : 16,000 \text{ g},$$

$$x = 12,000 \times \frac{16,000}{15,995}, x \approx 12,003 \text{ g}$$

따라서 기준 I을 적용한 탄소 1몰의 탄소 원자 수보다 기준 II를 적용한 탄소 1몰의 원자 수가 더 많다.

ㄷ. 기준 II의 탄소 1몰에 포함된 탄소 원자 수가 더 많으므로 완전 연소시켰을 때 산소가 기준 I보다 더 많이 소모된다. 따라서 소모된 산소의 질량이 더 크다.

오답 피하기

ㄱ. 원자량을 정하는 기준이 달라져도 원자의 실제 질량은 변하지 않고, 온도와 압력이 같을 때 일정량의 분자가 차지하는 부피도 변하지 않기 때문에 밀도는 같다.

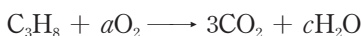
ㄴ. 기준 II는 기준 I보다 탄소의 질량이 더 크다. 따라서 1몰에 포함된 원자 수도 많아지므로 생성된 이산화 탄소의 분자 수는 기준 I을 적용한 탄소 1몰을 완전 연소시킬 때보다 기준 II를 적용한 탄소 1몰을 완전 연소시킬 때가 더 많다.

- 05 ㄱ, ㄴ. 반응물과 생성물의 원자 수가 같아야 하므로 $a=2$, $b=6$, $c=2$, $d=3$ 이다. 따라서 반응식은 $2Al + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$ 이다. Al의 원자량이 27이므로 Al 2.7 g은 0.1몰이다. 계수비=몰비=Al : HCl=2 : 6=1 : 3이므로 Al 2.7 g은 HCl 0.3몰과 반응한다.

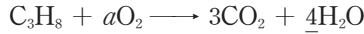
오답 피하기

ㄷ. 몰비=Al : H_2 =2 : 3이므로 Al 2.7 g(0.1몰)이 반응하면 H_2 0.15몰이 발생하므로 $0.15 \times 22.4 \text{ L} = 3.36 \text{ L}$ 가 발생한다.

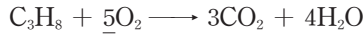
- 06 ㄱ. 프로페인 연소 반응의 화학 반응식에서 먼저 C의 개수를 맞추기 위해 생성물인 CO_2 앞에 3을 붙인다.



다음으로 H의 개수를 맞추기 위해 생성물인 H_2O 앞에 4를 붙인다.



마지막으로 O의 개수를 맞추기 위해 반응물인 O_2 앞에 5를 붙인다.



따라서 $a=5$, $b=3$, $c=4$ 이므로 $a+c=3b$ 이다.

ㄷ. (나)에는 C_3H_8 4.4 g이 완전 연소하여 생성된 CO_2 와 H_2O 및 연소 후 남은 O_2 3.2 g이 들어 있다. C_3H_8 의 분자량이 44이므로 4.4 g은 0.1몰이다. C_3H_8 0.1몰은 O_2 와 반응하여 CO_2 0.3몰과 H_2O 0.4몰을 생성한다. 연소 후 남은 O_2 3.2 g은 $\frac{3.2}{32} = 0.1$ 몰이다. 따라서 (나)에서 물질의 총 양(mol)은 $0.3+0.4+0.1=0.8$ (몰)이다.

오답 피하기

ㄴ. C_3H_8 0.1몰은 0.5몰의 O_2 와 반응한다. 따라서 반응한 O_2 의 질량은 $0.5 \times 32 = 16 \text{ g}$ 이다. (나)에서 반응 후 남은 O_2 의 질량이 3.2 g이므로 (가)에서 반응 전 O_2 의 질량 x 는 반응한 질량과 반응 후 남은 질량을 더한 $16 \text{ g} + 3.2 \text{ g} = 19.2 \text{ g}$ 이다.

- 07 ㄱ. $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ 에서 탄소 12 g은 탄소 1 mol이므로 산소 1 mol과 반응하여 이산화 탄소 1 mol이 생성되므로 A의 부피는 변하지 않는다. 따라서 실린더의 높이도 변하지 않는다.

ㄷ. $2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$ 에서 마그네슘 12 g은 0.5 mol이고, 산소 0.25 mol과 반응하므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

	$2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$		
반응 전 양(mol)	0.5	1	0
반응한 양(mol)	-0.5	-0.25	+0.5
반응 후 양(mol)	0	0.75	0.5

반응 전 실린더 안에는 산소 기체 1몰이 있었고, 반응 후에는 산소 기체 0.75몰이 남아 있으므로 (나)의 반응 전후 실린더 안 기체의 부피비는 1 : 0.75 = 4 : 3이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)에서 산소 기체는 0.25몰 반응한다.

- 08 ㄱ. 반응 전후 원자 수는 변하지 않으므로 메테인의 연소 반응식을 완성하면 메테인 1몰과 산소 2몰이 반응하여 완전 연소되므로 a 는 2이다.

	$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$			
반응 전(mol)	1	2		
반응(mol)	-1	-2	+1	+2
반응 후(mol)	0	0	1	2

따라서 생성된 물질의 질량의 비율은 $\text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 44 : 36 = 11 : 9$ 이다. 따라서 (가)는 H_2O 이고, (나)는 CO_2 이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)의 산소 원자 수는 $2\text{H}_2\text{O}$ 이므로 2개이고, (나)의 산소 원자 수는 CO_2 이므로 2개이다. 따라서 (가)와 (나)의 산소 원자 수는 같다.

ㄷ. 반응 전과 후의 기체의 양(mol)이 같으므로 기체의 부피도 반응 전후에 같다.

- 09** ㄱ. 몰비=계수비= $M : \text{H}_2 = 2 : 1$ 이므로 금속 1몰이 반응하면 H_2 가 0.5몰 생성된다. 따라서 0°C , 1 기압에서 H_2 11.2 L가 발생한다.

ㄴ. 0°C , 1 기압에서 기체 1몰의 부피가 22400 mL이므로 실험 I에서 발생한 수소 기체의 양(mol)은 $\frac{1120}{22400} = 0.05$ 몰이다.

ㄷ. 몰비는 $M : \text{H}_2 = 2 : 1$ 이므로 M의 원자량을 x 라고 하면 반응한 M의 양(mol)은 $\frac{2.4}{x}$ 이므로 몰비는 $M : \text{H}_2 = \frac{2.4}{x} : 0.05 = 2 : 1$ 에서 $x = 24$ 이다.

- 10** ㄱ. 부피비와 질량비는 관계 없다. 실험 (가)에서 반응 후 질량비가 $B : C = 10 : 11$ 이고, 반응 전 질량비 $A : B = 1 : 2$ 이므로 반응하는 질량비는 $A : B = 7 : 4$ 이다.

ㄴ. 반응하는 질량비는 $A : B : C = 7 : 4 : 11$ 이며 (나)에서 반응 후 질량비가 $A : C = 1 : 2$ 이므로 반응 전 질량비는 $A : B = 12.5 : 4 = 25 : 8$ 이다.

ㄷ. 질량 보존 법칙에 의해 반응 전후의 질량은 보존된다.

문제 속 자료 A, B, C의 질량비 구하기

실험	반응 전	반응 후
(가)	$A : B = 1 : 2$	$B : C = 10 : 11$
(나)	$A : B = x : y$	$A : C = 1 : 2$

실험 (가)에서 반응 후 질량비가 10 : 11이므로, 전체를 21로 생각하면 반응 전은 $A : B = 1 : 20$ 이므로 7 : 14로 볼 수 있다.

	2A	+	B	→	2C
반응 전 질량	7		14		
반응	-7		-4		+11
반응 후 질량	0		10		+11

따라서 반응 질량비는 $A : B : C = 7 : 4 : 11$ 이다.

실험 (나)에서 반응 후 질량비가 $A : C = 1 : 20$ 이므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

	2A	+	B	→	2C
반응 전 질량	12.5(x)		4(y)		
반응	-7		-4		+11
반응 후 질량	5.5		0		+11

반응 질량비는 같다.

따라서 반응 전 $A : B = 12.5 : 4 = 25 : 8$ 이다.

- 11 [모범 답안]** (1) $\text{C}_3\text{H}_8(g) + 5\text{O}_2(g) \longrightarrow 3\text{CO}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(g)$

(2) 프로페인의 분자량이 44이므로, 프로페인 22g은 $\frac{22}{44} = 0.5$ 몰

이다. 반응 몰비는 프로페인 : 수증기 = 1 : 4이므로 수증기는 2몰 생성된다. 따라서 $18 \times 2 = 36$ g이다.

해설 (1) 프로페인이 산소와 반응하여 연소하면 이산화 탄소와 물을 생성한다. 반응 전후의 원자의 종류와 수가 같으므로 화학 반응식은 $\text{C}_3\text{H}_8(g) + 5\text{O}_2(g) \longrightarrow 3\text{CO}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(g)$ 이다.

(2) 프로페인의 분자량이 44이므로 프로페인 22g은 0.5몰이다. 프로페인과 수증기의 부피비는 1 : 4이므로 수증기는 2몰이 생성된다. 따라서 생성되는 수증기의 질량은 $18 \times 2 = 36$ g이다.

	채점 기준	배점
(1)	화학 반응식을 옳게 쓴 경우	40 %
	수증기의 질량과 계산 과정을 모두 옳게 쓴 경우	60 %
(2)	수증기의 질량만 옳게 쓴 경우	30 %

- 12 [모범 답안]** (1) 분자식은 CO_2 이고, 분자량은 $\frac{M(w_1 + w_2 - w_3)}{w_1}$

이다.

(2) (가)에서 탄산 칼슘 가루의 질량 w_1 을 크게 측정하였을 때, (나)에서 삼각 플라스크의 질량 w_2 를 작게 측정하였을 때, (라)에서 반응 후 삼각 플라스크의 질량(w_3)을 크게 측정하였을 때, 분자량이 작게 측정된다.

해설 (1) 기체 X는 이산화 탄소(CO_2)이다. 탄산 칼슘의 양(mol)은 $\frac{w_1}{M}$ 이고, 이산화 탄소의 질량은 $(w_1 + w_2 - w_3)$ 이다. 따라서

이산화 탄소의 분자량을 x 라고 하면 $\frac{w_1}{M} = \frac{(w_1 + w_2 - w_3)}{x}$

이므로, $x = \frac{M(w_1 + w_2 - w_3)}{w_1}$ 이다.

(2) 분자량이 작게 측정되는 경우는 분모인 w_1 이 크게 측정되는 경우이다.

	채점 기준	배점
(1)	기체 X의 분자식과 분자량을 모두 옳게 쓴 경우	40 %
	기체 X의 분자식과 분자량 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20 %
	분자량이 작게 측정되는 경우를 세 가지 모두 옳게 서술한 경우	60 %
(2)	분자량이 작게 측정되는 경우를 두 가지만 서술한 경우	40 %
	분자량이 작게 측정되는 경우를 한 가지만 서술한 경우	20 %

03 | 용액의 농도



탐구 대표 문제

p. 56~57

01 ③ 02 2.925 g, 부피 플라스크

01 황산 구리(II)는 수화물의 형태로 존재하므로 황산 구리(II) 오수화물의 분자량을 사용하여야 한다. 용질의 질량을 정확하게 잰 후, 비커에 넣어 증류수로 녹인다. 증류수로 녹인 용액을 부피 플라스크에 넣고, 비커를 증류수로 씻어낸 용액도 부피 플라스크에 넣어야 정확한 농도의 용액을 만들 수 있다. 부피 플라스크의 표선 가까이에서는 스포이트를 사용한다.

오답 피하기

스포이트는 소량의 액을 흘려 내는 기구로, 용액을 정확하게 표선까지 채워지게 하려고 한 방울씩 떨어뜨린다.

02 0.1 M NaCl 수용액 0.5 L를 만드는 것으로 필요한 NaCl의 양(mol)(x)은 $0.1 \text{ M} = \frac{x \text{ mol}}{0.5 \text{ L}}$, $x = 0.05 \text{ mol}$ 이다. NaCl 0.05 mol의 질량(y)은 $0.05 \text{ mol} = \frac{y \text{ g}}{58.5 \text{ g/mol}}$, $y = 2.925 \text{ g}$ 이다. 표준 용액을 만들 때에는 부피 플라스크를 사용해야 한다.

문제 속 자료 0.1 M NaCl 수용액 500 mL 만들기

실험 준비물

500 mL 부피 플라스크, 전자저울, 약포지, 약순가락, 스포이트, 비커

필요한 용질 양

0.1 M NaCl 수용액 0.5 L를 만들기 위해서 용질은 0.05 mol 필요하므로 2.925 g를 필요하다.

실험 과정

- ① 전자저울 위에 약포지를 올리고 영점을 맞춘 후 NaCl 2.925 g을 측정한다.
- ② 측정된 NaCl을 비커에 넣고 증류수를 넣어 녹인다.
- ③ 비커의 용액을 500 mL 부피 플라스크에 넣고, 비커를 증류수로 씻은 용액도 넣는다.
- ④ 증류수를 표선 근처까지 부어주고 잘 섞어준 후, 스포이트를 이용하여 표선을 맞춘다.



기초 단답 문제

p. 58

01 ② 02 ① 03 ② 04 ② 05 ③ 06 ③

01 퍼센트 농도를 구하기 위해서는 용액의 질량이 필요하며, 용액의 질량을 구하기 위해서는 밀도가 필요하다.

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

$$\frac{160 \text{ g}}{500 \text{ mL} \times 1.5 \text{ g/mL}} \times 100 = 21.3 \% \text{이다.}$$

02 ① (가)와 (나)는 용액과 용질의 비율이 같으므로 퍼센트 농도가 같다.

오답 피하기

②, ③, ④, ⑤ 용액의 온도가 증가하면 용액의 부피가 증가하므로 몰 농도는 작아지고, 밀도도 작아진다.

03 염화 나트륨 수용액의 밀도가 1.1 g/mL이므로 퍼센트 농도는 다음과 같이 구한다.

$$\frac{9 \text{ g}}{100 \text{ mL} \times 1.1 \text{ g/mL}} \times 100 \approx 8.18 \%$$

염화 나트륨의 화학식량이 58.5이므로, 몰 농도는 다음과 같이 구한다.

$$\frac{9}{58.5} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \div 0.1 \text{ L} \approx 1.54 \text{ M}$$

04 처음 NaOH 수용액의 몰 농도는 $\frac{20 \text{ g}}{0.5 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{40 \text{ g/mol}} = 1 \text{ M}$ 이고, 이 중 200 mL만 취했으므로 $1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$ 의 NaOH를 포함한다. 이를 1 L로 묶었으므로, 몰 농도는 $\frac{0.2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다.

05 저울에 비커를 올려놓고 NaCl을 정확히 측정하여 넣는다. NaCl이 들어 있는 비커에 증류수를 넣어 유리 막대로 저으면서 녹인다. 갈때기를 사용하여 비커의 용액을 부피 플라스크에 넣고 증류수로 비커를 씻어 그 용액도 넣는다. 부피 플라스크의 표선이 넘지 않도록 증류수를 넣다가, 스포이트를 이용하여 정확히 500 mL까지 채워지도록 한다. 측정 → 녹이기 → 옮기기 → 표선 맞추기를 기억하도록 한다.

06 ③ 수산화 나트륨 10 g은 $\frac{10}{40} = 0.25$ 몰이고, 용액이 0.5 L이므로 몰 농도는 $\frac{0.25}{0.5} = 0.5 \text{ M}$ 이다.

오답 피하기

①, ② 용매의 부피를 맞추고 용질을 넣으면, 용질에 의해 용액 전체의 부피가 변한다. 따라서 물 500 mL에 수산화 나트륨 40 g을 넣으면 용액의 부피는 500 mL가 아니다. 같은 까닭으로 물 1 L에 수산화 나트륨 20 g을 녹여도 0.5 M이 될 수 없다.

④ 수산화 나트륨 40 g은 $\frac{40}{40} = 1$ 몰이고, 용액이 1 L이므로 몰 농도는 1 M이다.

⑤ 수산화 나트륨 0.5몰이 용액 500 mL에 녹아 있으므로 $\frac{0.5}{0.5} = 1 \text{ M}$ 이다.

내신 만점 문제

p. 59~61

- 01 ③ 02 ② 03 ① 04 ③ 05 ⑤ 06 ⑤
07 ③ 08 ⑤ 09 ② 10 ⑤ 11~12 해설 참조



- 01 ①, ②, ④, ⑤ (가)와 (나) 모두 용액 500 g에 용질의 양은 25 g이고, 물의 질량이 475 g으로 같으므로 물 분자 수도 같다. 설탕의 분자량이 더 크므로, 용질의 입자 수와 양(mol)은 모두 (나)가 더 크다.

오답 피하기

③ 두 용액의 밀도가 같아서 용액의 부피가 같으므로, 물 농도는 (나)가 더 크다.

- 02 나. (나)에서 녹아 있는 포도당의 질량을 x 라고 하면,

$1 \text{ M} = \frac{\frac{x}{180}}{0.5 \text{ L}}$ 이므로 $x = 90 \text{ g}$ 이다. 즉, 포도당은 90 g이 녹아 있다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 1 % 포도당 수용액이므로,

$1 \% = \frac{y}{1000 \text{ mL} \times 1.0 \text{ g/mL}} \times 100$ 이므로 $y = 10$ 으로 포도당이 10 g 녹아 있다. 따라서 (가)의 포도당의 양(mol)은 $\frac{1}{18}$ 몰이고, (나)의 포도당의 양(mol)은 0.5몰이므로 녹아 있는 포도당의 분자 수는 (가) < (나)이다.

ㄷ. (가)를 몰 농도로 환산하면 $\frac{\frac{1}{18} \text{ mol}}{1 \text{ L}} \approx 0.056 \text{ M}$ 이므로 (나)의 몰 농도보다 작다.

- 03 용질의 질량을 몰로, 용액의 밀도를 이용하여 용액의 부피를 질량으로 환산하여 용질의 질량을 구한다. HA 수용액 $V \text{ mL}$ 의 질량은 $V \text{ mL} \times d \text{ g/mL} = Vd \text{ g}$ 이고, 용질의 질량을 구하면 $100 : c = dV : x$, $x = \frac{cdV}{100}$ 이다.

용질의 질량을 몰로 환산하면 다음과 같다.

$$\text{용질의 양(mol)} = \frac{\text{용질의 질량}}{\text{용질의 화학식량}} = \frac{\frac{cdV}{100}}{a} = \frac{cdV}{100a}$$

용액의 부피를 500 mL로 만들었으므로 몰 농도는 다음과 같다.

$$\text{몰 농도} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피}} = \frac{\frac{cdV}{100a}}{0.5} = \frac{cdV}{50a}$$

- 04 ㄱ. $0.01 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.5 \text{ M} \times x \text{ L}$ 이므로 x 는 0.01 L이다. $0.01 \text{ L} = 10 \text{ mL}$ 이므로 A는 10이다. 따라서 0.5 M 염산 10 mL를 부피 플라스크에 넣고, 증류수를 넣어 500 mL 표선을 맞추어 준다.

ㄷ. 염산 0.01 M 0.5 L에는 $0.01 \times 0.5 = 0.005 \text{ mol}$ 의 염산이 포함되어 있다.

오답 피하기

나. 표준 용액을 만들 때는 부피 플라스크를 사용한다.

- 05 ㄱ. (가)에서 용질 40 g에 용액 200 g이므로 용액의 퍼센트 농도는 $\frac{40}{160+40} \times 100 = 20 \%$ 이다.

나. (가) 용액 100 g에는 용질 20 g이 포함되어 있으므로, 용액의 몰 농도는 $\frac{20}{50} \text{ mol} = 0.4 \text{ M}$ 이다.

ㄷ. (다)에서 (가) 용액 20 g에는 용질이 4 g, (나) 용액 0.5 L에는 용질이 10 g 녹아 있으므로 A는 $\frac{14}{50} \text{ mol} = 0.28 \text{ mol}$ 이 있다.

- 06 ㄱ, 나. 시약포지를 포함하지 않은 설탕의 질량을 측정해야 하고, 비커에 남은 설탕까지 부피 플라스크에 넣어야 설탕 34.2 g을 정확하게 넣을 수 있다.

ㄷ. 표선을 넘긴 용액 속에도 설탕 분자가 포함되어 있으므로 용액을 덜어내면 1 L 속의 설탕의 양이 감소하여 농도가 낮아진다.

- 07 (가)는 30 % 수용액이므로 그 속에 포함된 수산화 나트륨의 질량(x)은 $\frac{x}{120} \times 100 = 30 \%$, $x = 36 \text{ g}$ 이다.

(나)는 2.6 M 수용액이므로, 그 속에 포함된 수산화 나트륨 양(mol)을 y 라고 하면, $2.6 \text{ M} = \frac{y}{\frac{120 \text{ g}}{1.3 \text{ g/mL}} \div 1000}$

$y = 0.24 \text{ mol}$ 이다. 따라서 수산화 나트륨의 질량은 $0.24 \times 40 = 9.6 \text{ g}$ 이다.

(다)에서 물의 양이 6몰이므로, 물의 질량은 $18 \times 6 = 108 \text{ g}$ 이고, 수산화 나트륨의 질량은 $120 - 108 = 12 \text{ g}$ 이다.

따라서 수산화 나트륨의 질량은 (가) > (다) > (나)이다.

- 08 용질의 양(mol) = 몰 농도 \times 부피이므로 1 M A 수용액 50 mL에 포함된 용질의 양(mol)과 0.5 M A 수용액 100 mL에 포함된 용질의 양(mol)은 같다.

- 09 표준 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다. 황산의 밀도가 1.4 g/mL이므로 50 % 황산 7 mL에 포함된 황산의 질량은 $1.4 \text{ g/mL} \times 7 \text{ mL} \times \frac{50}{100} = 4.9 \text{ g}$ 이다. 따라서

$$\text{몰 농도} = \frac{4.9 \text{ g}}{\frac{98 \text{ g/mol}}{1 \text{ L}}} = 0.05 \text{ M}$$

- 10 물 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 으로 (가)는 $\frac{8}{100}$, (나)는 $\frac{4}{50}$, (다)는 $\frac{2}{25}$ 로 용액의 물 농도는 모두 같다.

11 [모범 답안] (1) $\frac{100 \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{0.5 \text{ L}}} = 5 \text{ M}$

(2) 5 M NaOH 수용액 0.5 L 속에는 $5 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 2.5 \text{ mol}$ 의 수산화 나트륨이 들어 있다. 따라서 2.5 M NaOH 수용액은 1 L까지 만들 수 있다.

(3) 처음 만든 NaOH 수용액을 모두 1 L 부피 플라스크에 넣는다. 용액이 담겨 있던 용기를 증류수로 씻어 부피 플라스크에 넣고, 1 L 부피 플라스크의 표선까지 증류수를 넣고, 잘 흔들어서 섞어 준다.

해설 용액의 물 농도를 구하면 $\frac{100 \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{0.5 \text{ L}}} = 5 \text{ M}$ 이므로 용액의 농도는 5 M이다. 묽힌 용액과 처음 용액에 포함된 수산화 나트륨의 양(mol)이 같다. 5 M 용액 0.5 L에는 수산화 나트륨이 $5 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 2.5 \text{ mol}$ 포함되어 있다. 2.5 M 용액은 $2.5 \text{ mol} = 2.5 \text{ M} \times x \text{ L}$ 이므로 $x = 1 \text{ L}$ 이다.

채점 기준		배점
(1)	올게 계산하고, 정답을 옳게 쓴 경우	20 %
	정답만 옳게 쓴 경우	10 %
(2)	올게 계산하고, 정답을 옳게 쓴 경우	20 %
	정답만 옳게 쓴 경우	10 %
(3)	실험 과정을 옳게 서술한 경우	60 %
	실험 과정에서 1 L 부피 플라스크를 사용하여 용액을 담는 것까지만 서술한 경우	30 %

- 12 [모범 답안] (1) 0.02 mol의 HCl과 0.06 mol의 HCl이 녹아 있는 용액 50 mL이므로 $\frac{(0.02+0.06)\text{mol}}{0.05 \text{ L}} = 1.6 \text{ M}$ 이다.
- (2) 0.08 mol의 HCl의 녹아 있는 용액 100 mL이므로 용액의 물 농도는 $\frac{0.08 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ L} \times x \text{ M}, = 0.8 \text{ M}$ 이다.
- (3) (나) 용액 100 mL를 부피 플라스크에 넣고 물을 넣어 500 mL까지 표선을 맞춘 후 잘 섞어 준다. 농도는 $0.8 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = y \text{ M} \times 0.5 \text{ L}, y = 0.16 \text{ M}$ 이다.
- 해설** (1) 1.0 M HCl(aq) 20 mL에는 0.02 mol의 HCl이, 2.0 M HCl(aq) 30 mL에는 0.06 mol의 HCl이 포함되어 있고, 전체 부피는 50 mL이므로, $\frac{(0.02+0.06)\text{mol}}{0.05 \text{ L}} = 1.6 \text{ M}$ 이다.
- (2) 이 용액을 희석하면 부피가 100 mL가 되고 용질의 양(mol)은 같으므로, $1.6 \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 0.1 \text{ L} \times x \text{ M}, x = 0.8 \text{ M}$ 이다.

(3) 이 용액을 500 mL로 묽히려면 500 mL 부피 플라스크가 필요하고, (나)의 용액을 모두 넣은 후, 증류수를 넣어 500 mL 부피 플라스크의 표선에 맞추고 잘 섞어 준다. 이 과정에서 용질의 양(mol)은 변하지 않으므로 $0.8 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = y \text{ M} \times 0.5 \text{ L}$ 이므로 $y = 0.16 \text{ M}$ 이다.

서술형 Tip

용액에 물을 넣어 희석하거나, 두 용액을 섞을 때 용액의 부피와 농도는 변하지만 용질이 반응하지 않는다면, 용질의 전체 양(mol)은 변하지 않고 일정하다.

채점 기준		배점
(1)	계산 과정이 정확하고 정답을 옳게 쓴 경우	20 %
	정답만 쓴 경우	10 %
(2)	계산 과정이 정확하고 정답을 옳게 쓴 경우	20 %
	정답만 쓴 경우	10 %
(3)	실험 과정을 옳게 서술하고 정답을 옳게 쓴 경우	60 %
	둘 중 하나만 쓴 경우	30 %

단원 마무리하기

p. 64~69



01 ③	02 ④	03 ③	04 ⑤	05 ①	06 ④
07 ④	08 ④	09 ④	10 ⑤	11 ③	12 ③
13 ②	14 ①	05 ③	16 ④	17 ①	18 ③
19 ④	20 ②	21 ①	22 ③	23 ③	24 ②

01 ㄱ. 나일론과 폴리에스터는 합성 섬유로 의류 문제 해결에 기여하였다.

ㄴ. 암모니아는 하버에 의해 대량으로 합성되었고, 화학 반응식은 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$ 이다.

오답 피하기

ㄷ. 철은 제련 기술 개발로 대량으로 생산되어 기계, 운송 수단, 건축물 등 다양한 분야의 기초 재료로 이용되고, 알루미늄은 가벼우면서도 단단한 성질을 이용하여 창틀이나 건물 외벽에 이용된다. 따라서 철과 알루미늄은 주거 문제 해결에 기여하였다.

02 ㄴ, ㄷ. 원유의 분별 증류는 탄화수소의 끓는점 차이에 따라 분리하는 방법이다. 석유 가스는 석유 분해에서 30 °C 이하에서 생기는 프로페인과 뷰테인을 주성분으로 하고 석유 분해 과정에서 프로펜과 뷰텐도 포함된다. 실온에서는 기체이지만 가압, 냉각으로 쉽게 액화되므로 LPG(Liquefied petroleum gas)라고도 한다. 증류는 석유 제품 중 가장 많이 유출되며 그 수율은 40 %에 이른다. 탄소 수 18~40인 탄

화수소들이다. 증류는 다시 가공하면 윤활유, 아스팔트, 석유, 코크스 등을 만들 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 원유의 분별 증류 탄화수소의 끓는점 차를 이용한 분리 방법이다. 탄소의 수가 작을수록 끓는점이 낮아 먼저 분리된다.

- 03** ㄱ. (가)는 에탄올, (나)는 아세트알데하이드, (다)는 아세트산이다. (가)가 산화되면 (나)가 되고, (나)가 산화되면 (다)가 된다. 산화 과정에서는 산소나 수소의 출입만이 있으므로 탄소의 개수는 같다.

ㄷ. (가)~(다) 분자 1 mol이 완전 연소할 때 생성되는 이산화탄소의 양(mol)은 같고, 생성되는 H_2O 의 양(mol)은 (가)가 3 mol, (나)가 2 mol, (다)가 2 mol이다. 따라서 생성되는 H_2O 의 양(mol)이 가장 큰 것은 (가)이다.

오답 피하기

ㄴ. 포알데하이드는 탄소가 1개이고 화학식은 $HCHO$ 이다.

- 04** ㄱ. 수소 기체 1 g은 0.5 mol이고, 부피가 2 V L라 하였으므로, $2V L = 11.2 L$, $V = 5.6 L$ 이다. 산소가 V L이므로 0.25 mol이 있다. 따라서 질량은 8 g이므로 w 는 8이다.

ㄴ. XO_3 는 11.2 L이고 0.5몰이 40 g이므로 분자량은 80이다. 따라서 X의 원자량은 32이다.

ㄷ. X_2 의 분자량은 $32 \times 2 = 64$ 이고, XO_2 의 분자량은 $32 + (16 \times 2) = 64$ 이다. 따라서 X_2 와 XO_2 의 분자량은 같다.

- 05** 수소 2 g은 1 mol로 ⑤ 6.02×10^{23} 개이고, 산소는 16 g으로 0.5 mol이고 ④ 11.2 L이다. 수소 1 mol과 산소 0.5 mol은 완전 연소하여 수증기 ② 1 mol을 생성하므로 질량은 ⑦ 18 g이다. 반응 전후의 질량이 변하지 않는 것은 질량 보존 법칙이다.

- 06** 화학 반응식을 세우면



이다. 반응 전후 없어지거나 새로 생성되는 물질이 없으므로 산소 원자의 개수를 계산하면 $5 \times 2 = (2 \times 2) + (2x + 2x)$ 이다. 따라서 x 는 $\frac{3}{2}$ 이며 m 은 2, n 은 6이다. 화학 반응식의 계수를 정수로 맞추면 $2C_2H_6 + 10O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 6H_2O + 3O_2$ 이다.

ㄱ. 탄화수소의 분자식이 C_2H_6 이므로 실험식은 CH_3 이다.

ㄷ. 계수비=부피비이므로 연소 전 부피는 $(2+10)=12 L$ 이고, 때 연소 후 부피는 $(4+6+3)=13 L$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. 반응 전후의 산소의 원자 개수를 계산하면 $5 \times 2 = (2 \times 2) + (2x + 2x)$ 이므로 $x = \frac{3}{2}$ 이다.

- 07** XZ_2 12 L를 기준으로 하여 1몰로 정하고, 나머지 XY_4 , Y_2Z 의 양(mol)은 $\frac{1}{4}$ 몰, $\frac{1}{3}$ 몰로 둔다.

ㄴ. X의 원자량을 x , Y의 원자량을 y , Z의 원자량을 z 라고 할 때 x, y, z 는 각각 6, $\frac{1}{2}$, 8이다. XY_4 의 분자량은 $6 + (4 \times \frac{1}{2}) = 8$ 이고, Z의 원자량이 8이므로 XY_4 의 분자량과 Z의 원자량은 같다.

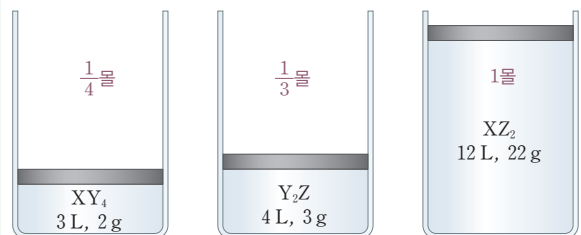
ㄷ. XY_2Z 의 분자량은 $6 + (2 \times \frac{1}{2}) + 8 = 15$ 이므로 15 g은 1몰이다. 1몰의 부피는 12 L이므로 12 L이다.

오답 피하기

ㄱ. X의 원자량을 x , Y의 원자량을 y , Z의 원자량을 z 라고 할 때 x, y, z 는 각각 6, $\frac{1}{2}$, 8이다. 따라서 X : Z의 원자량비는 3 : 4이다.

문제 속 자료

실린더 속 기체의 분자량 구하기



같은 온도와 압력에서 같은 부피에는 같은 수의 분자가 들어 있으므로, XZ_2 가 12 L일 때를 기준으로 하여 1몰로 계산하면, $XY_4 : Y_2Z : XZ_2$ 의 몰비는 $\frac{1}{4} : \frac{1}{3} : 1$ 이다. XZ_2 의 분자량은 22이고, XY_4 는 $\frac{1}{4}$ 몰이므로 분자량은 8, Y_2Z 는 $\frac{1}{3}$ 몰이므로 분자량이 9라고 할 수 있다. 따라서 X의 원자량을 x , Y의 원자량을 y , Z의 원자량을 z 라 하면,

$$\begin{aligned} x + 4y &= 8 \\ 2y + z &= 9 \\ x + 2z &= 22 \end{aligned}$$
 이므로 $x=6, y=\frac{1}{2}, z=8$ 이다. 따라서 X : Z의 원자량비는 $6 : 8 = 3 : 4$ 이다.

- 08** 1몰의 부피가 22.4 L이고, 11.2 L는 0.5몰이므로 탄화수소 A의 1몰 질량은 30 g, 탄화수소 B의 1몰 질량은 40 g이다.

ㄴ. B의 질량 백분율을 통한 C와 H의 몰비는

$$C : H = \frac{90}{12} : \frac{10}{1} = 3 : 4 \text{이다.}$$

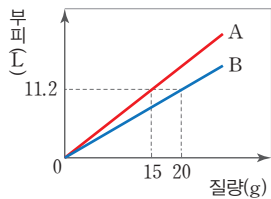
ㄷ. 1 g 속에 포함된 수소 원자의 수는 A가 B보다 많으므로, 생성되는 물의 양(mol)도 A가 더 많다.

오답 피하기

ㄱ. A의 질량 백분율을 통해 실험식을 구하면

$C : H = \frac{80}{12} : \frac{20}{1} = 1 : 3$ 이므로 실험식은 CH_3 이고, 분자량이 30이므로 A의 분자식은 C_2H_6 이다.

문제 속 자료 A와 B의 실험식과 분자식 구하기



구분	질량 백분율(%)	
	탄소	수소
탄화수소 A	80	20
탄화수소 B	90	10

탄화수소 A와 B 11.2 L (= 0.5 mol)의 질량이 각각 15 : 20이므로 A의 분자량은 30, B의 분자량은 40이다.

탄화수소 A의 질량 백분율을 통해 실험식을 구하면,

$C : H = \frac{80}{12} : \frac{20}{1} = 1 : 3$ 이므로, 실험식은 CH_3 이고, 분자량이 30이므로

A의 분자식은 C_2H_6 이다.

탄화수소 B의 질량 백분율을 통해 실험식을 구하면,

$C : H = \frac{90}{12} : \frac{10}{1} = 3 : 4$ 이므로, 실험식은 C_3H_4 이고, 분자량이 40이므로

B의 분자식은 C_3H_4 이다.

- 09 용기 내 전체 원자 수를 이용하여 a g의 X_2Y 의 분자 수를 a' , b g의 X_2Y_2 의 분자 수를 b' 라 하면

$$3a' + 8b' = 19N$$

$$6a' + 4b' = 14N$$

이고, $a' = N$, $b' = 2N$ 이므로, 분자 수는 다음과 같다.

분자 수	X_2Y	X_2Y_2
(가)	N	$4N$
(나)	$2N$	$2N$

ㄴ. X_2Y a g에는 N 개의 분자가, X_2Y_2 $2b$ g에는 $4N$ 개의 분자가 있다. 따라서 $\frac{(가)에서 X 원자 수}{(나)에서 X 원자 수} = \frac{2N + 8N}{4N + 4N} = \frac{5}{4}$ 이다.

ㄷ. (나)에서 용기 내 전체 분자 수는 X_2Y 가 $2N$ 개, X_2Y_2 가 $2N$ 개이므로 총 $4N$ 개이다.

오답 피하기

ㄱ. (나)에서 X_2Y 와 X_2Y_2 의 분자 수는 같고 (가)에서는 X_2Y_2 가 X_2Y 의 4배이다.

- 10 ㄱ. (가)는 $Mg + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2 \uparrow$ 이고, (나)는 $CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2 \uparrow$ 로 $a=2$, $b=1$, $c=2$ 이다.

ㄴ. X는 이산화 탄소이고, 분자량은 44이다.

ㄷ. Mg 24 g은 1 mol이므로, 충분한 양의 염산과 반응했을 때 수소 기체 1 mol이 생성된다. (나)에서 탄산 칼슘 100 g은 1 mol이므로 충분한 양의 염산과 반응했을 때 이산화 탄소 1 mol이 생성된다. 따라서 0 °C, 1 기압에서 발생하는 기체의 부피는 22.4 L로 같다.

- 11 ㄱ. (가)의 성분 원소의 질량비가 $C : H = 6 : 1$ 이므로 분자량에 맞추어 보았을 때 질량비는 $C : H = 48 : 8$ 이고, 분자식은 $C : H = \frac{48}{12} : \frac{8}{1} = 4 : 8$ 에서 C_4H_8 이므로 (가)를 구성하는 C와 H의 몰비는 1 : 2이다.

ㄷ. (나)의 분자량이 44이고 (가)와 수소의 개수가 같으려면, (가)의 분자식이 C_4H_8 이므로 (나)는 C_3H_8 이다. 따라서 $x : y = 36 : 8$ 이므로 9 : 2이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 분자식이 C_3H_8 이므로 C 원자 수는 3이다.

- 12 일정량의 A가 들어 있는 실린더에 B를 넣어가면서 반응시켰다. B가 0 g일 때 부피가 24 L인 것을 통해 A 1 mol이 실린더에 들어 있었음을 알 수 있다.

B를 16 g 넣은 (가)에서 A와 B가 모두 반응하여 C 24 L, 1 mol이 생성되었다는 것을 알 수 있다.

반응이 완결된 (가) 이후에 B 16 g을 더 넣었을 때 발생한 기체의 부피가 12 L인 것으로 보아 B 16 g이 12 L으로 B의 분자량이 32임을 알 수 있다.

따라서 (가)에서는 A 1 mol과 B 0.5 mol이 반응하여 C 1 mol이 생성되었으므로 화학 반응식은 $2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 이다.

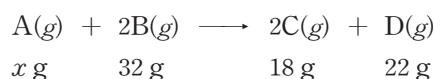
ㄷ. 화학 반응식은 $2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 이며 화학 반응에서 반응 전후의 원자의 종류와 개수가 같으므로 A가 X_2 , B가 Y_2 라고 했을 때, C는 X_2Y 이다.

오답 피하기

ㄱ. 화학 반응식이 $2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$ 이므로 부피비는 $A : B : C = 2 : 1 : 2$ 인 것을 알 수 있다. 하지만 질량비는 화학 반응식의 계수로 알 수 없다.

ㄴ. 넣어 준 B의 질량이 32 g일 때는 반응이 완결된 (가) 이후에 B 16 g을 더 넣은 것으로 부피가 12 L 증가한 것으로 보아 생성된 C와 반응하지 않은 B가 남아 있는 것을 알 수 있다.

- 13 ㄱ, ㄴ. (나)가 일정한 질량의 A와 넣어 준 B가 모두 반응한 지점으로, 이때 반응한 질량은 다음과 같다.



반응 전과 후의 질량은 일정하므로, $x + 32 = 18 + 22$, $x = 8$ 이다. 따라서 분자량의 비는

$A : B : C : D = 8 : 16 : 9 : 22$ 라고 할 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. (가)에서는 A가 8 g, B가 16 g 있으므로 B가 한계 반응물로 작용하여 다음과 같이 반응한다.

	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow 2C(g) + D(g)$			
반응 전(g)	8	16		
반응 (g)	-4	-16	+9	+11
반응 후(g)	4	0	9	11

따라서 A가 4 g 남는다. A, B, C, D의 분자량을 각각 8, 16, 9, 22라고 하면 A는 0.5몰이 남는다.

(나)에서는 3몰이 반응하고 3몰이 생성되었으므로 반응 후 전체 분자 수는 3몰이고, (가)에서는 남아 있는 A 0.5몰과 생성물 1.5몰이 있으므로 반응 후 전체 분자 수는 (나)가 (가)의 1.5배이다.

- 14 수소 원자의 전체 질량이 같다는 정보를 바탕으로 기체의 양, 물질의 양(mol), 부피를 구하면 다음과 같다.

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	H ₂	NH ₃	CH ₄
분자의 개수	N _A 개	$\frac{2}{3}N_A$	$\frac{1}{2}N_A$
물질의 양(mol)	1 mol	$\frac{2}{3}$ mol	$\frac{1}{2}$ mol
수소의 질량	2 g	2 g	2 g <small>수소 원자의 전체 질량은 같다.</small>
전체 질량	2 g	11.3 g	x g = 8 g
부피	$\frac{3}{2}V$ L	V L	$\frac{3}{4}V$ L

ㄱ. CH₄의 화학식량은 16이고, 물질의 양(mol)은 $\frac{1}{2}$ mol이므로 전체 질량은 $16 \times \frac{1}{2} = 8$ g이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)의 부피는 $\frac{3}{2}V$ L이다.

ㄷ. (다)에 있는 총 원자의 수는 $\frac{5}{2}N_A$ 이다.

- 15 ㄱ. 부피비=몰비이다. (가)에서 A와 B의 부피가 같으므로 A와 B의 양(mol)도 같다.

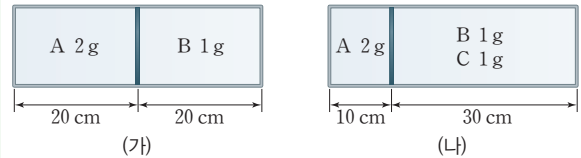
ㄷ. A, B, C 분자량을 각각 M_a , M_b , M_c 라고 할 때 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ 이므로 $M_a : M_b : M_c = \frac{2}{1} : \frac{1}{1} : \frac{1}{2} = 4 : 2 : 1$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)의 A와 B의 부피비가 1 : 1이고 (나)의 A : (B+C)의 부피비가 1 : 3이므로 A : B : C = 1 : 1 : 2이다. 따라서 (가)의 전체 분자의 양은 (1+1)이고, (나)의 전체 분자의 양은 (1+2)이므로 (가) : (나) = 2 : 3이다.

문제 속 자료

분리된 피스톤 속의 기체의 양



기체의 부피비는 몰비와 같고, 피스톤에서 너비와도 같다. 따라서 (가)에서 A와 B의 몰비는 A : B = 1 : 1이다.

(나)에서는 A : (B+C)의 부피비가 1 : 3이므로, 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이다.

A, B, C의 분자량을 각각 M_a , M_b , M_c 라고 할 때, 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$

이므로, $M_a : M_b : M_c = \frac{2}{1} : \frac{1}{1} : \frac{1}{2} = 4 : 2 : 1$ 이다.

- 16 ㄴ, ㄷ. 0 °C, 1 기압에서 22.4 L는 1몰이므로, 실험 I의 부피를 통해 기체의 양(mol)을 알아보면 다음과 같음을 알 수 있다. Y₂의 분자량을 MY₂라고 한다.

	$X_2(g) + 2Y_2(g) \longrightarrow aA(g)$		
반응 전 양(mol)	0.5	?	
반응 양(mol)	-0.5	-1	$\frac{a}{2}$
반응 후 양(mol)	0	$\frac{0.5}{M_{Y_2}}$	$\frac{a}{2}$

이때 $\frac{0.5}{M_{Y_2}} + \frac{a}{2} = \frac{16.8 \text{ L}}{22.4 \text{ L}} = \frac{3}{4}$ mol이다.

미지수 a는 1 이상인데 a가 2 이상이면 식이 성립되지 않으므로, a=1이다. 따라서 $M_{Y_2}=2$ 이고, 처음 Y₂는 1.25몰이므로 V₁=28 L이다.

실험 II에서는 반응비=계수비=몰비를 알고 있으므로, X₂의 분자량을 M_{X_2} 라고 하면,

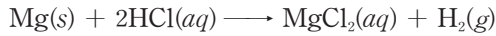
	$X_2(g) + 2Y_2(g) \longrightarrow A(g)$		
반응 전 양(mol)	?	0.5	
반응 양(mol)	-0.25	-0.5	+0.25
반응 후 양(mol)	$\frac{21}{M_{X_2}}$	0	$\frac{1}{4}$

다. 따라서 $\frac{21}{M_{X_2}} + \frac{1}{4} = \frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L}} = 1$ (전체 기체의 부피가 22.4 L이므로 1몰)이고 $M_{X_2}=28$ 이다. 처음 X₂는 1몰이므로 V₂=22.4 L이다.

오답 피하기

ㄱ. $X_2(g) + 2Y_2(g) \longrightarrow A(g)$ 이므로 A의 분자식은 X₂Y₄이다. 따라서 실험식은 XY₂이다.

- 17 그래프에서 Mg의 질량이 증가하여도 수소 기체의 부피는 72 mL로 일정한 부분이 염산이 모두 반응한 구간이다. H₂ 1몰의 부피가 24 L이므로, 72 mL는 0.003 mol이다.



화학 반응식에서 수소 기체가 0.003 mol이 생성되려면 HCl은 0.006 mol이 필요하고, 이때 염산은 0.2 L가 사용되었으므로, 염산의 몰 농도는 $\frac{0.006 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.03 \text{ M}$ 이다.

- 18 ㄱ. 0.1 M NaOH 수용액 300 mL에는 0.03 mol의 NaOH이 포함되어 있고, NaOH의 화학식량이 40이므로 질량으로 환산했을 때 1.2 g이다.

ㄴ. 8 g의 NaOH이 추가되면 총 9.2 g이 되므로, 용액의 농도는 $\frac{9.2 \text{ g}}{0.3 \text{ L}} \div \frac{40 \text{ g/mol}}{1} = 0.77 \text{ M}$ 이다.

오답 피하기

ㄷ. 용질이 늘어났는데 용액의 농도가 0.1 M이 되려면 물을 추가해야 한다. 이때 용액의 부피를 x 라고 하면 $\frac{9.2}{x} = 0.1 \text{ M}$ 이므로, $x = 2.3 \text{ L}$ 이고, 처음 용액이 300 mL였으므로 2 L의 물을 추가하여야 한다.

- 19 수산화 나트륨의 몰 농도는 $\frac{8 \text{ g}}{0.25 \text{ L}} \div \frac{40 \text{ g/mol}}{1} = 0.8 \text{ M}$ 이다. 중화 반응에서 H^+ 과 OH^- 은 1 : 1 몰비로 반응하므로 반응한 0.4 M HCl(aq)의 부피 x 는 $0.8 \text{ M} \times 250 \text{ mL} = 0.4 \text{ M} \times x \text{ mL}$, $x = 500 \text{ mL}$ 이다. 화학 반응식에서 생성물인 H_2O 나 NaCl의 몰비는 1 : 1이므로 물 0.2 mol이 생성될 때 염화 나트륨도 0.2 mol이 생성되며, 용액의 총 부피가 $250 + 500 = 750 \text{ mL}$ 이므로, 염화 나트륨 수용액의 몰 농도는 $\frac{0.2 \text{ mol}}{0.75 \text{ L}} \div \frac{40 \text{ g/mol}}{1} = 0.27 \text{ M}$ 이다.

- 20 ㄱ, ㄷ. 퍼센트 농도를 몰 농도로 환산하기 위해서는 용액의 부피를 알아야 하므로 용액의 밀도가 필요하고, 용질의 양(mol)이 필요하므로 황산의 화학식량이 필요하다.

오답 피하기

ㄴ, ㄷ. 용액의 화학식량과 밀도만 있으면 된다. 물의 분자량과 밀도는 필요하지 않다. 황산 용액의 온도도 필요하지 않다.

- 21 0.1 M 염화 나트륨 수용액 100 mL를 만들기 위해서는 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 의 염화 나트륨이 필요하므로 이 양을 저울로 측정하여 비커의 증류수에 넣고 녹인다. 100 mL 부피 플라스크에 비커의 용액을 넣고, 증류수로 비커를 세척하여 그 용액도 부피 플라스크에 넣고 표선까지 증류수를 채운다.

오답 피하기

① 0.1 M NaCl 수용액 100 mL를 만들기 위해서는 용질이

0.01 mol이 있어야 하므로 $0.01 \times (23 + 35.5) = 0.585 \text{ g}$ 이 필요하다.

- 22 ㄱ. 0.1 M NaOH 수용액 500 mL를 만들기 위해서는 $0.1 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 의 NaOH이 필요하다. 0.05 mol의 질량은 $\frac{\text{NaOH의 질량}}{40} = 0.05 \text{ mol}$ 이므로 NaOH 질량은 2 g인데, 순도가 99 %이므로 $\frac{200}{99} \text{ g}$ 이 필요하다.

ㄷ. 0.1 M NaOH 수용액의 퍼센트 농도를 구하기 위해서는 밀도를 이용하여 용액의 질량을 구한다.

$$\frac{2 \text{ g}}{500 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL}} \times 100 = 0.4 \% \text{이다.}$$

오답 피하기

ㄴ. 0.1 M 용액을 0.01 M로 묽히기 위해서는 용액의 $\frac{1}{10}$ 을 취해 10배로 묽히면 된다. 따라서 $y = 50 \text{ mL}$ 이다.

- 23 ㄷ. (가)와 (나)를 각각 200 mL씩 섞은 용액의 농도는 $\frac{(0.1 \times 0.2) \text{ mol} + (0.3 \times 0.2) \text{ mol}}{0.4 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 HCl은 $0.1 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이고, (나)에서 HCl은 $0.3 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.06 \text{ mol}$ 이므로 (가)보다 (나)가 용질의 양(mol)이 더 많다.

ㄴ. (가)와 (나)를 모두 섞으면 용질은 $0.05 \text{ mol} + 0.06 \text{ mol} = 0.11 \text{ mol}$ 이고 용액의 부피는 $500 \text{ mL} + 200 \text{ mL} = 700 \text{ mL}$ 이므로, 용액의 농도는 $\frac{0.11 \text{ mol}}{0.7 \text{ L}} \div \frac{40 \text{ g/mol}}{1} = 0.16 \text{ M}$ 이다.

- 24 ㄱ. 희석된 용액의 농도(x)는 $0.1 \times 0.3 = x \times 0.5$ 에서 $x = 0.06 \text{ M}$ 이다.

ㄴ. 용액이 희석되더라도 용질의 양(mol)은 같다.

오답 피하기

ㄷ. 용액의 농도가 다시 0.1 M이 되려면 NaOH을 추가로 넣어 주어야 한다. 다시 0.1 M로 만들었을 때 들어 있는 NaOH

의 질량을 x 라고 하면, $0.1 \text{ M} = \frac{x}{0.5 \text{ L}} \div \frac{40 \text{ g/mol}}{1}$ 이므로 $x = 2 \text{ g}$ 이고, 이미 0.03 mol, 즉 $40 \times 0.03 = 1.2 \text{ g}$ 의 NaOH이 포함되어 있으므로 0.8 g만 더 넣어 주면 된다.

II

원자의 세계

1. 원자의 구조

01 | 원자의 구성 입자



탐구 대표 문제

p. 75

01 ④

01 ④ 음극선 실험 결과 음극선은 (－)전하를 띠고 질량을 가진 입자의 흐름이라는 것이 밝혀졌다. 또한 음극선은 원자로부터 나왔기 때문에 원자 내부에 (－)전하를 띠고 질량을 가지는 입자, 즉 전자가 존재함을 알 수 있다.

오답 피하기

- ① 음극선 실험 이전에는 사람들이 원자가 쪼개질 수 없다는 돌턴의 원자설을 믿었다.
- ② 원자는 질량을 가진 입자이지만, 음극선 실험으로 알게 된 것은 아니다.
- ③ 음극선 실험 결과, 원자 내부에는 (－)전하를 띠는 전자가 존재함을 알 수 있었다.
- ⑤ 알파(α) 입자 산란 실험 이후 원자핵의 존재가 알려졌다.



기초 탄탄 문제

p. 82

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ⑤

01 ⑤ 음극선은 질량을 가지므로 음극선의 경로에 바람개비를 두면 바람개비를 회전시킬 수 있다.

오답 피하기

- ① 음극선은 (－)극에서 방출된다.
- ② 유리관 내부가 진공이어야 음극선을 관찰할 수 있다.
- ③, ④ 진공 유리관 내부에 높은 전압을 걸어 주면 (－)극에서 (+)극으로 흐르는 빛이 나타나는데, 이를 음극선이라고 한다. 음극선은 (－)전하를 띠며 질량을 가지는데, 이를 통해 원자 내 전자가 존재함을 알 수 있다.

02 (가)는 양성자와 중성자 발견 이후의 모형, (나)는 전자 발견 이후의 모형, (다)는 원자핵 발견 이후의 모형이므로, 시간 순서대로 배열하면 (나) → (다) → (가) 순서이다.

03 ①, ④ 원자는 양성자와 중성자로 이루어진 원자핵이 중심에 있고, 그 주위에 전자가 존재한다. 원자의 크기에 비해 원자핵과 전자는 매우 작으므로 원자의 대부분은 빈 공간이다.

③ 양성자와 중성자는 질량이 비슷하다.

⑤ 양성자는 (+)전하를 띠고 전자는 (－)전하를 띠지만 전하량의 크기는 같으며, 중성자는 전하를 띠지 않는다.

오답 피하기

② 전자는 양성자와 중성자에 비해 질량이 매우 작다.

04 ① X와 Y는 양성자수가 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소 관계이다.

② 질량수는 양성자수와 중성자수의 합과 같으므로 X는 12, Y는 13, Z는 14로 $X < Y < Z$ 이다.

③ 원자 번호는 양성자수와 같으므로 X와 Y는 6, Z는 7로 Z가 가장 크다.

⑤ 원자를 표시할 때 원자 번호(양성자수)는 원소 기호 왼쪽 아래에, 질량수는 원소 기호 왼쪽 위에 작은 글씨로 나타낸다. 따라서 Y를 원자의 표시법으로 나타내면 $^{13}_{6}\text{Y}$ 이다.

오답 피하기

④ 동위 원소는 양성자수가 같고 중성자수가 다른 원소로, 화학적 성질이 같다. Y와 Z는 양성자수가 달라 서로 다른 원소이므로 화학적 성질이 다르다.

05 원소 X의 평균 원자량은 $35 \times \frac{x}{100} + 37 \times \frac{y}{100} = 35.5$ 이고 $x + y = 100$ 이므로, $x = 75$, $y = 25$ 이다.

내신 만점 문제

p. 83~85

01 ⑤ 02 ① 03 ③ 04 ④ 05 ② 06 ①
07 ④ 08 ⑤ 09 ④ 10 ② 11~12 해설 참조



01 ㄱ. 실험에서 나온 빛을 내는 선이 바람개비를 회전시키므로 이 선은 질량을 가진 입자의 흐름임을 알 수 있다.

ㄴ. 실험에서 나온 빛을 내는 선이 전기장에서 (+)극 쪽으로 휘어지므로 음극선은 (－)전하를 띠는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 이 실험을 통해 전자가 발견되었으며, (+)전하를 띤 공에 전자가 박혀 있는 푸딩 모형이 제안되었다.

문제 속 자료

토슨의 음극선 실험

실험	결과 해석
유리관 내부에 물체를 놓아두면 (－)극의 반대쪽에 그림자가 생긴다.	음극선은 직진한다.
음극선의 진행 경로에 전기장을 걸어 주면 음극선이 (+)극 쪽으로 휘어진다.	음극선은 (－)전하를 띤 입자의 흐름이다.
음극선의 진행 경로에 바람개비를 놓아두면 바람개비가 돌아간다.	음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이다.

- 02 ㄱ. (가)는 톰슨이 음극선 실험 결과 제시한 푸딩 모형으로, (+)전하를 띤 공에 전자가 박혀 있는 모형이다. 푸딩 모형에서는 질량을 가지는 입자가 전자밖에 없으므로, 상대적으로 질량이 큰 알파(α) 입자의 운동에 영향을 줄 수 없다. 따라서 모든 α 입자가 거의 휘어지거나 튕겨 나가지 않고 그대로 직진하게 된다. 추후 α 입자 산란 실험을 통해 푸딩 모형에서 존재하지 않는 원자핵의 존재가 밝혀지게 되었다.

오답 피하기

- ㄴ. 수소 원자의 선 스펙트럼은 보어 원자 모형으로 설명할 수 있다.
 ㄷ. 전자의 존재를 확률 분포로 설명하는 모형은 오비탈 모형이다.

- 03 ㄱ. 알파(α) 입자 산란 실험에서 대부분의 α 입자는 휘어지지 않고 금박을 통과했으므로 원자는 대부분 빈 공간임을 알 수 있다.
 ㄴ. 실험 결과 크게 휘어지거나 튕겨 나온 α 입자가 있으므로 원자 내부에 (+)전하를 띤고 질량이 큰 입자가 존재함을 알 수 있는데, 이 입자가 원자핵이다.

오답 피하기 ㄷ. 이 실험을 통해 발견된 입자는 원자핵이므로 모든 원자에 1개 존재한다. 원자 번호와 같은 것은 양성자수이다.

- 04 ${}^3_1\text{H}^+$ 의 양성자수는 1, 중성자수는 2이므로 모형에서 ●이 중성자, ○이 양성자임을 알 수 있다.
 ㄱ, ㄷ. X의 양성자수는 3, 전자 수는 2이므로 X는 +1가 양이온이고, Y의 양성자수는 4, 전자 수는 3이므로 Y도 +1가 양이온이다. 또한 X와 Y는 양성자수와 중성자수의 합이 모두 7이므로 질량수가 같다.

오답 피하기

- ㄴ. 원자 번호는 양성자수와 같다. X의 원자 번호는 3, Y의 원자 번호는 4로 X는 Y보다 원자 번호가 작다.

- 05 ㄷ. 중성자수 = 질량수 - 양성자수이므로 Ar의 중성자수는 22, K의 중성자수는 21이다.

오답 피하기

- ㄱ, ㄴ. 질량수는 Ar과 K 모두 40이고, 전자 수와 양성자수는 Ar이 18, K이 19이다.

- 06 ㄱ. A는 원자이므로 양성자수와 전자 수가 같다. 따라서 (가)와 (나)는 각각 양성자와 전자 중 하나이며, (다)는 중성자이다. B와 C는 양이온이므로 양성자수가 전자 수보다 많다. 따라서 (가)가 양성자, (나)가 전자이다.

오답 피하기

- ㄴ. 동위 원소는 양성자수가 같고 중성자수가 다른 원소이다. 따라서 B와 C는 양성자수가 다르므로 동위 원소가 아니며, 서로 다른 원소이다.
 ㄷ. 질량수 = 양성자수 + 중성자수이므로 A가 13, C가 24로 C가 A의 2배가 아니다.

- 07 (가)는 양전하를 띠므로 양성자이고, (나)는 전하를 띠지 않으므로 중성자이며, (다)는 양성자에 비해 질량이 매우 작으므로 전자이다.

- ㄴ. 전자의 전하량인 y 는 양성자의 전하량과 크기가 같고 부호는 다르므로 -1.60×10^{-19} 이다.
 ㄷ. 수소의 양성자수는 1이므로 질량수가 1인 수소(${}^1_1\text{H}$)에는 중성자가 존재하지 않는다.

오답 피하기

- ㄱ. 중성자의 질량인 x 는 양성자의 질량인 1.67×10^{-24} 와 비슷한 값이다.

문제 속 자료 원자를 구성하는 입자

입자		상대적 질량	상대적 전하량
원자핵	양성자	1	+1
	중성자	1	0
전자		$\frac{1}{1837}$	-1

- 08 세 가지 이온을 구성하고 있는 입자 수를 표로 나타내면 다음과 같다.

구분	${}^{15}_{8}\text{X}^{2-}$	${}^{19}_{9}\text{Y}^{-}$	${}^{26}_{13}\text{Z}^{3+}$
양성자수	8	9	13
중성자수	$15 - 8 = 7$	$19 - 9 = 10$	$26 - 13 = 13$
전자 수	$8 + 2 = 10$	$9 + 1 = 10$	$13 - 3 = 10$

- ㄱ, ㄴ. 세 이온은 전자 수가 모두 같으며, 중성자수는 $X < Y < Z$ 이다.

- ㄷ. $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$ 는 X가 $\frac{7}{8}$, Y가 $\frac{10}{9}$, Z가 1이므로 $X < Z < Y$ 이다.

- 09 ㄴ. X_2 의 분자량이 158($79 + 79$), 160($79 + 81$), 162($81 + 81$) 3가지가 가능하므로 X의 동위 원소는 2가지이고, 원자량은 각각 79, 81이다.

- ㄷ. 평균 분자량은 평균 원자량을 구할 때와 마찬가지로 분자량과 존재 비율을 곱한 후 더하면 구할 수 있다.

$$158 \times \frac{25}{100} + 160 \times \frac{50}{100} + 162 \times \frac{25}{100} = 160$$

오답 피하기

- ㄱ. X_2 의 분자량이 3가지이므로 X의 동위 원소는 2가지이다.

- 10 나, 다. 원소의 평균 원자량을 구하기 위해서는 각 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 알아야 한다. 예를 들어, 질소의 두 가지 동위 원소의 원자량과 존재 비율이 주어진다면, 평균 원자량을 다음과 같이 계산할 수 있다.

동위 원소	원자량	존재 비율(%)
질소- a	a	x
질소- b	b	y

$$\text{평균 원자량} = a \times \frac{x}{100} + b \times \frac{y}{100}$$

오답 피하기

ㄱ. 질량수와 원자량은 비슷한 값을 가지지만, 약간의 차이가 있다. 따라서 평균 원자량을 구할 때에는 질량수가 아닌 원자량을 사용해야 한다.

ㄴ. 양성자수는 평균 원자량과 관계 없으며, 동위 원소끼리는 양성자수가 동일하다.

- 11 [모범 답안] (1) 전자가 전하를 띤다.

(2) 전자가 전하를 띠기 때문에 자기장에서 힘을 받아 경로가 휘어지며, 이에 따라 자석 주위의 화면이 휘어진다.

해설 브라운관 TV에서는 음극선 실험에서와 같이 전자가 나오므로 전자의 성질에 따른 현상이 나타난다. 자석을 갖다 대었을 때 전자가 영향을 받는 것은 전자가 전하를 띠기 때문이다. 전하를 띠는 입자는 전기장 또는 자기장에서 힘을 받아 경로가 휘어진다.

서술형 Tip

음극선 실험에서 발견된 전자의 성질과 관련하여 서술한다.

채점 기준	배점
(1) 전자가 전하를 띤다는 내용을 서술한 경우	20 %
(2) 전자가 전하를 띠기 때문에 자석이 만드는 자기장에서 힘을 받아 경로가 휘어진다는 내용을 포함한 경우	80 %
전자가 자석에 의해 휘어진다는 내용은 포함하지만, 전자가 전하를 가진다는 내용이 포함되지 않은 경우	40 %

- 12 [모범 답안] (1) $x \times \frac{4}{5} + y \times \frac{1}{5} = x + 0.4$, $y - x = 2$

(2) 원소 A의 동위 원소 원자량은 각각 x , $x+2$ 이므로, 분자 A_2 의 분자량은 $2x$, $2x+2$, $2x+4$ 이다. 각 분자량에 따른 존재 비율은 구성하는 동위 원소의 존재 비율을 곱하여 계산할 수 있다.

분자량	구성 동위 원소의 원자량	존재 비율
$2x$	x, x	$\frac{80}{100} \times \frac{80}{100} = \frac{64}{100}$
$2x+2$	$x, x+2$	$2 \times \frac{80}{100} \times \frac{20}{100} = \frac{32}{100}$
$2x+4$	$x+2, x+2$	$\frac{20}{100} \times \frac{20}{100} = \frac{4}{100}$

따라서 분자량에 따른 존재 비율은

$$2x : (2x+2) : (2x+4) = 16 : 8 : 1 \text{이다.}$$

해설 분자량에 따른 존재 비율은 구성하는 동위 원소의 존재 비율 곱과 같음을 이용한다.

서술형 Tip

평균 원자량 구하는 식을 이용해서 방정식을 세울 수 있다.

채점 기준	배점
(1) 평균 원자량 구하는 식을 이용하여 방정식을 세우고, $y-x$ 의 값을 옮겨 계산한 경우	40 %
평균 원자량 구하는 식을 이용하여 방정식을 세웠으나 $y-x$ 의 값을 구하지 못한 경우	20 %
(2) 가능한 분자량을 모두 x 를 이용하여 나타내고, 동위 원소의 존재 비율을 이용하여 분자량에 따른 존재비를 옮겨 계산한 경우	60 %
가능한 분자량을 모두 x 를 이용하여 나타냈으나, 분자량에 따른 존재비를 계산하지 못한 경우	30 %

02 | 현대 원자 모형과 전자 배치

기초 탄탄 문제

p. 96

01 ⑤ 02 ② 03 ⑤ 04 ④ 05 ③

- 01 ⑤ 선 스펙트럼을 설명하기 위해서는 전자가 불연속적인 에너지 준위를 가지는 전자 껍질 모형이 필요하다.

오답 피하기

- ①은 돌턴의 원자 모형이며, 원자는 더 이상 쪼갤 수 없는 입자임을 나타낸다.
 ②는 톰슨의 푸딩 모형이며, (+)전하를 띤 공에 전자가 박혀 있는 것을 나타낸다.
 ③은 러더퍼드의 행성 모형이며, 원자핵 주위에 전자가 운동함을 나타낸다.
 ④는 원자핵이 양성자와 중성자로 이루어졌다는 것이 밝혀진 이후의 원자 모형이다.

- 02 C: 모든 원자에서 선 스펙트럼을 관찰할 수 있으며, 이를 통해 전자의 에너지 준위가 불연속적이라는 것을 알 수 있다.

오답 피하기

A: 수소 원자뿐 아니라 다전자 원자에서도 선 스펙트럼이 관찰된다. 단, 다전자 원자에서는 전자 간 반발 등으로 인하여 수소 원자보다 더 많은 수의 선이 관찰된다.
 B: 전자가 에너지 준위가 더 높은 전자 껍질로 이동할 때에는 그 차이만큼 에너지를 흡수하고, 에너지 준위가 더 낮은 전자 껍질로 이동할 때에는 그 차이만큼 에너지를 방출한다.

- 03 ⑤ 다전자 원자에서 주 양자수가 클수록 에너지 준위가 높으므로 에너지 준위는 (가)가 (나)보다 낮다.

오답 피하기

- ① 방위 양자수는 (가)가 0, (나)가 1이다.
- ② 모든 오비탈에는 전자가 최대 2개까지 채워질 수 있다.
- ③ (나)에서는 원자핵으로부터의 방향에 따라서도 전자의 발견 확률이 다르다.
- ④ 수소 원자에서 주 양자수가 클수록 에너지 준위가 높으므로 에너지 준위는 (가)가 (나)보다 낮다.

- 04 주 양자수가 n 일 때 방위 양자수는 0부터 $n-1$ 까지의 정수가 가능하고, 방위 양자수가 l 일 때 자기 양자수는 $-l$ 부터 $+l$ 까지의 정수가 가능하다. 스핀 자기 양자수는 $+\frac{1}{2}$ 과 $-\frac{1}{2}$ 만 가능하다. 이를 만족하는 것은 ④뿐이다.

오답 피하기

- ① 주 양자수가 1일 때 방위 양자수가 1(p 오비탈)일 수 없다.
- ② 방위 양자수가 0(s 오비탈)일 때 자기 양자수는 0만 가능하다.
- ③ 스핀 자기 양자수가 0일 수 없다.
- ⑤ 방위 양자수가 1(p 오비탈)일 때 자기 양자수는 $-1, 0, +1$ 만 가능하다.

- 05 바닥상태 전자 배치는 쌍을 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족해야 한다. 질소의 경우 $1s, 2s$ 오비탈을 모두 채우고 $2p$ 오비탈을 채워야 하며, 각 오비탈에는 최대 2개의 전자가 스핀 방향이 다르게 들어가야 한다. 또한 훈트 규칙에 따라 홀전자 수가 최대가 되도록 채워야 한다. 이를 모두 만족하는 전자 배치는 ③이다.

오답 피하기

- ① $2p$ 오비탈 1개에 전자가 쌍으로 들어가 있고 1개는 비어 있으므로 훈트 규칙을 만족하지 않는다.
- ② $1s$ 와 $2s$ 오비탈이 채워지지 않았으므로 쌍을 원리를 만족하지 않는다.
- ④ $1s$ 와 $2s$ 오비탈이 채워지지 않았으므로 쌍을 원리를 만족하지 않으며, 한 오비탈에 들어 있는 전자의 스핀 방향이 같으므로 파울리 배타 원리를 만족하지 않는다.
- ⑤ 한 오비탈에 들어 있는 전자의 스핀 방향이 같으므로 파울리 배타 원리를 만족하지 않는다.

내신 만점 문제

p. 97~99

- 01 ④ 02 ④ 03 ① 04 ③ 05 ⑤ 06 ①
07 ③ 08 ③ 09 ① 10 ④ 11~12 해설 참조



- 01 ㄱ. 수소 원자는 전자가 1개이며, 이 전자가 가장 에너지 준위가 낮은 $n=1$ 인 전자 껍질에 배치되어 있으므로 가장 안정한 바닥상태의 전자 배치이다.

ㄷ. K 전자 껍질의 전자가 M 전자 껍질로 전이할 때가 L 전자 껍질로 전이할 때보다 더 큰 에너지를 흡수하므로 에너지의 파장은 더 짧다.

오답 피하기

ㄴ. K 전자 껍질의 전자가 L 전자 껍질로 전이할 때 흡수하는 빛은 L 전자 껍질에서 K 전자 껍질로 전이할 때 방출하는 빛과 동일하므로, 이때 자외선을 흡수한다.

- 02 ㄴ. 가시광선 영역은 높은 에너지 준위에서 $n=2$ 로 전자 전이할 때 방출하는 빛이다. 따라서 $a \sim c$ 모두 $n \geq 3 \rightarrow n=2$ 로 전자가 전이할 때 방출되는 선이다.

ㄷ. a는 $n=5 \rightarrow n=2$ 전자 전이이므로 $\frac{21}{100}k$ 의 에너지를 방출하고, b는 $n=4 \rightarrow n=2$ 전자 전이이므로 $\frac{3}{16}k$ 의 에너지를 방출한다. 따라서 a의 에너지는 b의 에너지의 1.12배이다. 파장과 에너지는 반비례하므로 b의 파장은 a의 파장의 1.12배이다.

오답 피하기

ㄱ. 파장과 에너지는 반비례하므로 파장이 짧을수록 에너지가 크다. 따라서 c의 에너지 크기가 가장 작다.

문제 속 자료 수소 원자의 가시광선 영역 방출 스펙트럼



- 가시광선 영역은 발머 계열에 해당하며, 에너지 준위가 더 높은 전자 껍질에서 $n=2$ 인 전자 껍질로 전이가 일어날 때 방출된다.
- 파장과 에너지는 반비례하므로 파장이 길수록 더 작은 에너지를 방출한다. 따라서 가장 긴 파장인 656 nm(c)에 해당하는 것은 $n=3$ 에서 $n=2$ 로의 전자 전이이다.
- 파장이 짧을수록 에너지가 커지므로, a~c의 전자 전이는 다음과 같다.
a: $n=5 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이
b: $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이
c: $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이

- 03 ㄱ. 전자가 에너지 준위가 더 높은 전자 껍질로 전이할 때 빛을 흡수하며, 더 낮은 전자 껍질로 전이할 때 빛을 방출한다. 따라서 빛을 흡수하는 전자 전이는 a 1가지이다.

오답 피하기

ㄴ. a는 라이먼 계열이고, b와 c는 발머 계열이므로 적외선을 흡수하거나 방출하는 전자 전이는 없다.

ㄷ. 각 전자 전이에 해당하는 에너지의 크기는 a가 k , b가 $\frac{k}{4}$, c가 $\frac{5}{36}k$ 이다. b와 c에 해당하는 에너지 합은 $\frac{14}{36}k$ 로 a에 해당하는 에너지인 k 보다 작다.

04 ㄱ. (가)는 $n=3$ 의 전자 껍질에 전자가 들어 있는 것을 나타내고, (나)는 $2p$ 오비탈을 나타낸다. 수소 원자에서 에너지 준위는 n 이 클수록 높으므로 (가)에서 전자가 들어 있는 오비탈은 (나)보다 에너지 준위가 높다.

ㄴ. 수소 원자는 쌍음 원리에 따라 $n=1$ 일 때 바닥상태이므로 (가)와 (나) 모두 들뜬상태에 해당한다.

오답 피하기

ㄷ. $n=3$ 일 때 전자는 s, p, d 오비탈이 가능하므로 (가)의 전자가 항상 구형의 오비탈에 존재하는 것은 아니다.

05 ㄱ. Ⅱ와 Ⅲ은 모두 전이 후 주 양자수가 $n=1$ 이고 $E_{\text{Ⅱ}} < E_{\text{Ⅲ}}$ 이므로 x 는 2이다.

ㄴ. Ⅰ은 발머 계열로 가시광선 영역에 해당하고, Ⅱ와 Ⅲ은 라이먼 계열로 자외선 영역에 해당한다.

ㄷ. $E_{\text{Ⅰ}}$ 은 $n=4$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때, $E_{\text{Ⅱ}}$ 는 $n=2$ 에서 $n=1$ 로 전이할 때 방출되는 에너지이므로 두 에너지의 합은 $n=4$ 에서 $n=1$ 로의 전이 시 방출되는 에너지와 같다. 따라서 $n=3$ 에서 $n=1$ 로 전이할 때 방출되는 $E_{\text{Ⅲ}}$ 보다 크다.

06 ㄴ. (가)보다 (나)의 주 양자수가 더 크므로 (나)의 주 양자수는 2 이상이다. 수소 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s$ 오비탈에 전자가 채워지는 것이므로 (나)에 전자가 존재할 때는 들뜬상태이다.

오답 피하기

ㄱ. 오비탈의 크기가 클수록 핵으로부터 더 먼 곳에서 전자가 존재할 확률이 높으므로 주 양자수가 크다. 따라서 (가)보다 (나)의 주 양자수가 더 크고, 에너지 준위가 더 높다.

ㄷ. 파울리 배타 원리에 따르면 양자수에 관계 없이 한 오비탈에 들어갈 수 있는 최대 전자 수는 2이다.

07 ㄱ. 방위 양자수(l)는 오비탈의 모양을 나타낸다. ㉠은 s 오비탈이므로 방위 양자수가 0, ㉡은 p 오비탈이므로 방위 양자수가 1로 ㉠이 ㉡보다 작다.

ㄷ. 주어진 탄소 원자의 전자 배치는 쌍음 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족하므로 바닥상태이다.

오답 피하기

ㄴ. 자기 양자수(m_l)는 오비탈의 방향을 나타낸다. ㉠과 ㉡은 p 오비탈로 서로 다른 방향이므로 자기 양자수가 다르다.

08 ㄱ. 다전자 원자의 경우 같은 전자 껍질에서는 $s < p < d < f$ 순서로 에너지 준위가 높다. 따라서 주 양자수가 같을 때 방위

양자수가 클수록 에너지 준위가 높다.

ㄴ. 오비탈의 모양이 같을 때에는 전자 껍질의 주 양자수가 클수록 에너지 준위가 높다. 따라서 방위 양자수가 같을 때 주 양자수가 클수록 에너지 준위가 높다.

오답 피하기

ㄷ. 자기 양자수는 오비탈의 방향을 나타내므로 에너지 준위에 영향을 주지 않는다.

09 ㄱ. X는 $2p$ 오비탈을 채우지 않고 $3s$ 오비탈에 전자가 들어 있으므로 쌍음 원리를 만족하지 않는 들뜬상태이다.

오답 피하기

ㄴ. Y는 에너지 준위가 낮은 $2p$ 오비탈에 전자를 3개만 채운 후 $3s$ 오비탈에 전자가 들어 있으므로 쌍음 원리를 만족하지 않는다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 바닥상태의 전자 배치를 기준으로 판단해야 한다. X는 전자 수가 6이므로 원자 번호가 6인 14족 원소, Y는 전자 수가 9이므로 원자 번호가 9인 17족 원소, Z는 전자 수가 12이므로 원자 번호가 12인 2족 원소이다. 따라서 X, Y, Z는 모두 다른 족 원소이다.

10 X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$, Y의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$, Z의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 이다.

ㄴ, ㄷ. X는 2주기 14족, Y는 2주기 17족, Z는 3주기 14족 원소이다. 즉, X와 Y는 같은 주기 원소이고, X와 Z는 같은 족 원소이다.

오답 피하기

ㄱ. 원자가 전자 수는 X가 4, Y가 7, Z가 4로 Y가 가장 크다.

11 [모범 답안] (1) $E_n = -\frac{E}{n^2}$ (kJ/mol)

$$(2) E_a = \left(-\frac{E}{9}\right) - \left(-\frac{E}{4}\right) = \frac{5}{36}E,$$

$$E_b = \left(-\frac{E}{4}\right) - \left(-\frac{E}{1}\right) = \frac{3}{4}E$$

따라서 $E_a : E_b = 5 : 27$ 이다.

해설 그림으로부터 주 양자수가 n 일 때 에너지 준위(E_n)는 $-\frac{E}{n^2}$ 라는 규칙성을 알 수 있다. 또한 전자가 전이할 때 흡수 또는 방출하는 에너지의 크기는 각 에너지 준위의 차이와 같으므로 $E_a = E_3 - E_2$, $E_b = E_2 - E_1$ 이다.

	채점 기준	배점
(1)	주 양자수에 따른 에너지 준위 관계식인 $-\frac{E}{n^2}$ 를 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	E_a 와 E_b 를 구하는 식을 옳게 쓰고, $E_a : E_b$ 의 비를 정확히 구한 경우	80 %
	E_a 와 E_b 를 구하는 식을 옳게 썼으나, $E_a : E_b$ 의 비를 구하지 못한 경우	40 %

12 [모범 답안] I: $2p$ 오비탈이 채워질 때 홀전자 수가 최대가 되지 않았으므로 훈트 규칙을 만족하지 않는다.

III: $1s$ 와 $2s$ 오비탈을 모두 채우지 않고 $2p$ 오비탈을 채웠으므로 쌍음 원리를 만족하지 않는다.

해설 바닥상태는 쌍음 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족해야 하며, 쌍음 원리나 훈트 규칙을 만족하지 않으면 불안정한 들뜬상태가 된다.

서술형 Tip

세 가지 전자 배치 규칙을 정확히 알고, 각 전자 배치가 각 규칙에 만족하는지 위배되는지를 서술할 수 있어야 한다.

채점 기준	배점
두 가지 들뜬상태의 전자 배치와 불안정한 까닭을 각각 옳게 서술한 경우	100 %
두 가지 들뜬상태의 전자 배치 중 한 가지에 대해서만 불안정한 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %

2. 원소의 주기적 성질

01 | 원소의 분류와 주기율



탐구 대표 문제

p. 105

01 $y = \frac{x+z}{2}$

02 금속 원소: 8가지, 준금속 원소: 4가지, 비금속 원소: 14가지

01 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba)의 쌍은 화학적 성질이 비슷한 세 쌍 원소이다. 따라서 가운데 원소인 스트론튬의 원자량은 칼슘과 바륨의 원자량의 평균값을 가지므로 스트론튬의 원자량 $y = \frac{x+z}{2}$ 이다.

02 금속 원소는 Li, Be, Na, Mg, Al, K, Ca, Ga 8가지이고, 준금속 원소는 B, Si, Ge, As 4가지이며, 비금속 원소는 H, He, C, N, O, F, Ne, P, S, Cl, Ar, Se, Br, Kr 14가지이다.



기초 탄탄 문제

p. 106

01 ⑤ **02** ④ **03** ③ **04** ② **05** ①

01 ① 주기율은 원소를 나열할 때 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타나는 현상을 말한다.

② 뉴랜즈는 원소들을 원자량 순서로 나열하면 화학적 성질이 비슷한 원소가 8번째마다 나타나는 규칙성을 발견하여 이를 옥타브설이라 하였다.

③ 멘델레예프는 원소들을 원자량 순서로 배열하여 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타나는 것을 발견하였으며, 새로운 원소의 발견을 예측하였다.

④ 라부아지에는 당시에 원소로 알려진 33종의 물질을 성질에 따라 네 그룹으로 분리하였다.

오답 피하기

⑤ 모즐리는 원소들을 양성자수, 즉 원자 번호 순서로 나열하여 현재 사용하고 있는 것과 비슷한 주기율표를 완성하였다.

02 ① (가)에서 Li, Na, K은 알칼리 금속으로 화학적 성질이 비슷하고, (나)에서 Ca, Sr, Ba은 알칼리 토금속으로 화학적 성질이 비슷하다.

② 중간 원소인 Na의 원자량 $= \frac{7+39}{2} = 23$ 이고, Sr의 원자량 $= \frac{40+137}{2} = 88.5$ 이다.

③ 세 쌍 원소는 원자량이 커짐에 따라 녹는점, 끓는점, 밀도 등의 물리적 성질이 규칙적으로 변한다.

⑤ Cl—Br—I도 화학적 성질이 비슷하고 물리적 성질이 규칙적으로 변하는 세 쌍 원소에 속한다.

오답 피하기

④ 세 쌍 원소는 화학적 성질이 비슷한 원소의 쌍으로, 현대 주기율표에서 같은 족 원소에 해당한다.

03 ③ 주기율표에서 같은 족에 속하는 원소는 원자가 전자 수가 같아서 화학적 성질이 비슷하다.

오답 피하기

① 양성자수는 원자마다 다르다.

② 18족 비활성 기체에서 He의 최외각 전자 수는 2이고, 나머지는 8이다.

④, ⑤ 주기율표에서 같은 주기에 속하는 원소들은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수 또는 원자가 전자의 주 양자수가 같다.

04 (가)는 1족 원소 중 유일한 비금속 원소인 수소, (나)는 금속 원소, (다)는 준금속 원소, (라)는 비금속 원소, (마)는 비금속 원소 중 비활성 기체이다.

② (나)는 금속 원소로 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

오답 피하기

① (가)는 1족 원소이지만 알칼리 금속은 아니다.

③ (다)는 준금속 원소로, 금속과 비금속의 중간 성질을 나타낸다. 반응성이 거의 없는 원소는 (마) 비활성 기체이다.

④ (라)는 비금속 원소로, 대부분 전기 전도성이 없다. 대부분 전기 전도성이 있는 것은 (나) 금속 원소이다.

⑤ (마)는 비활성 기체로, 헬륨을 제외하면 최외각 전자 수가 모두 8이지만 헬륨은 2이다.

문제 속 자료 원소의 분류

구분	금속 원소	비금속 원소	준금속 원소
주기율표에서의 위치	주로 왼쪽	주로 오른쪽	금속과 비금속의 경계
이온화	양이온이 되기 쉽다.	음이온이 되기 쉽다.	
전기 전도성	좋다.	대부분 없다.	금속과 비금속의 중간적 성질

05 ① X는 3주기 15족 원소인 인(P)이다.

오답 피하기

- ② 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자 수가 5이므로 15족 원소이다.
 ③ X는 (라)에 속한다.
 ④ 원자가 전자는 $3s^2 3p^3$ 의 전자이므로 원자가 전자 수는 5이다.
 ⑤ X는 비금속 원소이므로 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

내신 만점 문제

p. 107~109

01 ③ 02 ① 03 ④ 04 ② 05 ③ 06 ①
 07 ⑤ 08 ② 09 ② 10 ② 11 ②

12~13 해설 참조



01 라부아지에의 당시에 원소로 알려진 33종의 물질을 성질에 따라 4가지 그룹으로 분류하였으나, 이 방법에는 한계점이 있었다.
 ㄱ. 동식물 및 광물계에 포함된 원소 중 빛과 열은 원소가 아니다.
 ㄴ. 생석회(CaO)는 원소가 아니고 화합물이다.

오답 피하기

ㄷ. 코발트(Co), 구리(Cu), 주석(Sn)은 금속 원소이다.

02 멘델레예프는 원소들을 원자량 순서대로 배열하였기 때문에 몇몇 원소들이 주기성에 맞지 않았다. 그러나 모즐리는 X선 연구를 통해 원소의 성질이 주기적으로 나타나는 것은 원자량이 아니라 양성자수와 관련이 있다는 것을 발견하고, 원소들을 양성자수(원자 번호)에 따라 배열하여 현재 사용하고 있는 것과 비슷한 주기율표를 완성하였다.

03 (가)는 멘델레예프의 주기율표(1869년), (나)는 뢰비라이너의 세 쌍 원소설(1828년), (다)는 뉴랜즈의 옥타브설(1864년), (라)는 모즐리의 주기율표(1913년)에 대한 설명이다. 이를 시대 순으로 배열하면 (나) → (다) → (가) → (라)이다.

04 A는 수소(H), B는 플루오린(F), C는 나트륨(Na), D는 염소(Cl), E는 아르곤(Ar)이다.

ㄴ. 주기율표에서 오른쪽 위로 갈수록 비금속성이 커지므로 (18족 제외) 비금속성은 B가 가장 크다.

오답 피하기

ㄱ. C는 알칼리 금속이지만, A는 비금속 원소이다.

ㄷ. 음이온이 되기 쉬운 원소는 B와 D 2가지이다. E는 비활성 기체이므로 이온이 되기 어렵다.

05 (가)는 알칼리 금속, (나)는 3주기 원소, (다)는 비활성 기체이다.

ㄱ. 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 금속성이 커지므로 (가)에서 원자 번호가 커질수록 금속성이 커진다.

ㄴ. 같은 주기에서 18족을 제외하고, 원자 번호가 커질수록 원자가 전자 수는 증가한다. 따라서 (나)에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자 수는 증가한다.

오답 피하기

ㄷ. (다)에서 최외각 전자 수는 1주기 원소인 He은 2이고, 2, 3주기 원소는 8이다.

06 A는 전자 수가 5이므로 원자 번호 5인 붕소(B)이다. A는 2주기 13족 원소이므로 B는 3주기 13족 원소인 알루미늄(Al)이다. C는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 A와 같은 2이고, 홀전자 수가 3이므로 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$ 이다. 따라서 C는 원자 번호 7인 질소(N)이다.

ㄱ. A는 붕소이므로 준금속 원소이다.

오답 피하기

ㄴ. C가 -3가의 음이온이 되면 전자 수가 10이 되므로 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 갖는다.

ㄷ. 원자 번호는 B가 13, C가 7이므로 원자 번호는 B가 C보다 크다.

07 A는 전자 수가 7이므로 원자 번호 7인 질소(N)이고, B는 전자 수가 11이므로 원자 번호 11인 나트륨(Na)이다.

① A는 전자 껍질 수가 2이므로 2주기 원소이다.

② B는 3주기 1족 원소이므로 알칼리 금속이다.

③ 원자가 전자 수는 A가 5, B가 1로 A가 B보다 크다.

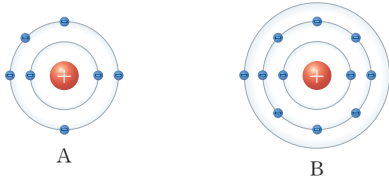
④ B는 전자 1개를 잃으면 옥텟 규칙을 만족하므로 +1가의 양이온이 되기 쉽다.

오답 피하기

⑤ A의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이므로 홀전자 수가 3이다. B의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이므로 홀전자 수가 1이다. 따라서 홀전자 수는 A가 B보다 2만큼 크다.

문제 속 자료

보어 모형에 의한 원자의 바닥상태 전자 배치



- 보어 모형에 의한 원자의 바닥상태 전자 배치를 통해 주기율표에서 원자의 주기와 족을 알 수 있다.
- 보어 원자 모형에 의한 A와 B의 전자 배치는 다음과 같다.
A: K(2) L(5), B: K(2) L(8) M(1)
⇒ A는 2주기 15족 원소, B는 3주기 1족 원소이다.

08 A는 리튬(Li), B는 플루오린(F), C는 네온(Ne), D는 나트륨(Na), E는 염소(Cl)이다.

② -1가 음이온의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 배치가 $2s^2 2p^6$ 이면, 음이온의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이고, 음이온의 전자 수는 10이다. 따라서 이 원자는 전자 수가 9이고, 원자 번호가 9인 B(F)이다.

09 A는 전자 수가 7이므로 원자 번호 7인 질소(N)이고, B는 전자 수가 15이므로 원자 번호 15인 인(P)이다.

ㄴ. A의 원자가 전자 수는 5이고, B의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이므로 B의 원자가 전자 수도 5이다. A와 B는 원자가 전자 수가 같으므로 같은 족의 원소이다.

오답 피하기

ㄱ. B의 전자 배치에서 3s 오비탈에 전자가 1개 들어 있고 3p 오비탈에 전자가 들어 있으므로 B는 들뜬상태이다.

ㄷ. A의 전자 배치에서 원자가 전자가 들어 있는 전자 껍질의 주 양자수가 2이므로 A는 2주기 원소이다. B의 전자 배치에서 원자가 전자가 들어 있는 전자 껍질의 주 양자수가 3이므로 B는 3주기 원소이다.

10 바닥상태 전자 배치에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 (나)가 (가)보다 크므로 (가)는 2주기 원소, (나)는 3주기 원소이다. 원자가 전자 수는 (가)가 (나)의 2배이므로 (가)는 14족 원소, (나)는 2족 원소이다. 따라서 (가)는 B, (나)는 D이다.

오답 피하기

④ 18족 원소인 C의 원자가 전자 수는 0이므로 (가)는 C, (나)는 E가 될 수 없다.

문제 속 자료

족에 따른 원자가 전자 수

족	1	2	13	14	15	16	17	18
원자가 전자 수	1	2	3	4	5	6	7	0

11 보어 원자 모형에 의한 원자 A~D의 전자 배치는 다음과 같다.

A: K(1)

B: K(2) L(6)

C: K(2) L(2)

D: K(2) L(8) M(8) N(2)

따라서 A는 수소(H), B는 산소(O), C는 베릴륨(Be), D는 칼슘(Ca)이다.

ㄴ. 금속 원소는 2족 원소인 C와 D 2가지이다.

오답 피하기

ㄱ. B는 16족 원소, C는 2족 원소로 동족 원소가 아니므로 화학적 성질이 다르다.

ㄷ. A~D의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

A: $1s^1$

B: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$

C: $1s^2 2s^2$

D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

따라서 홀전자 수는 A가 1, B가 2, C가 0, D가 0으로 B가 가장 크다.

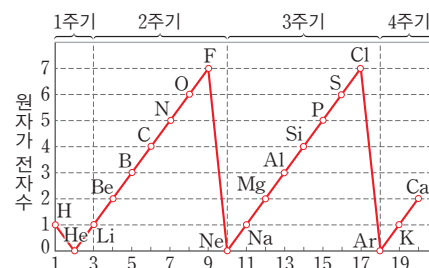
12 [모범 답안] (1) F

(2) F, Cl이다. 그 까닭은 F, Cl, Br은 원소의 화학적 성질을 결정하는 원자가 전자 수가 같기 때문이다.

해설 주기율표의 왼쪽에는 주로 금속 원소가, 오른쪽에는 비금속 원소가 위치한다. 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 금속성이 커지며, 오른쪽 위로 갈수록 비금속성이 커진다(18족 제외).

채점 기준		배점
(1)	F를 쓴 경우	20 %
(2)	Br과 화학적 성질이 비슷한 원소를 모두 고르고, 화학적 성질이 비슷한 까닭을 원자가 전자를 이용하여 서술한 경우	80 %
	Br과 화학적 성질이 비슷한 원소를 모두 골랐지만, 화학적 성질이 비슷한 까닭을 원자가 전자를 이용하여 서술하지 못한 경우	40 %

13 [모범 답안] (1)



(2) 원소의 화학적 성질을 결정하는 원자가 전자 수가 원자 번호에 따라 주기적으로 변하기 때문이다.

해설 원자가 전자는 1족에서 1개이며, 같은 주기에서 원자 번

호가 1 증가할수록 1개씩 증가하여 17족에서 7개로 가장 크다. 비활성 기체인 18족 원소는 화학 결합을 하지 않으므로 원자가 전자 수가 0이다. 원자가 전자 수가 원자 번호에 따라 주기적으로 변하므로 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타난다.

채점 기준		배점
(1)	원자 번호에 따른 원자가 전자 수를 18족을 포함하여 그래프로 정확히 나타낸 경우	50 %
	원자 번호에 따른 원자가 전자 수를 그래프로 나타냈지만, 일부가 틀린 경우	25 %
(2)	원소의 주기적 성질을 원자가 전자 수의 변화와 관련지어 올바르게 서술한 경우	50 %

02 | 원소의 주기적 성질



탐구 대표 문제

p. 114

01 ⑤

01 ① 같은 주기에서 유효 핵전하는 원자 번호가 커짐에 따라 증가한다.

② Na의 핵전하가 Li의 핵전하보다 크므로 유효 핵전하는 Na이 Li보다 크다.

③, ④ 원자 반지름은 같은 주기에서는 원자 번호가 커짐에 따라 감소하고, 같은 족에서는 원자 번호가 커짐에 따라 증가한다.

오답 피하기

⑤ 2주기 원소인 네온에서 3주기 원소인 나트륨으로 원자 번호가 커질 때 가려막기 효과가 크게 증가하여 유효 핵전하는 크게 감소한다.



탐구 대표 문제

p. 118

01 ③

01 ①, ② 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 커짐에 따라 대체로 증가하고, 같은 족에서 원자 번호가 커짐에 따라 감소한다.

④, ⑤ 같은 주기에서 원자 번호가 커짐에 따라 이온화 에너지가 대체로 증가하지만, 예외적으로 2족 원소가 13족 원소보다 크고, 15족 원소가 16족 원소보다 크다.

오답 피하기

③ 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지는 대체로 증가하므로 이온화 에너지는 18족 원소가 가장 크다.

기초 탐구 문제

p. 120

01 (1) $B < F < Ne$ (2) $Al < P < S$ 02 (1) $N < C < Na$
 (2) $Be < Mg < Ca$ (3) $Mg^{2+} < Na^+ < O^{2-}$ 03 (가) 3주기
 (나) 2주기 04 (1) 3 (2) 6890 kJ/mol 05 (가) 2주기
 (나) 3주기 06 ④ 07 (1) K (2) He

01 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 전자에 작용하는 유효 핵전하가 증가한다. B, F, Ne은 같은 주기 원소이고, Al, P, S도 같은 주기 원소이므로 유효 핵전하는 $B < F < Ne$, $Al < P < S$ 이다.

02 (1) 주기율표의 왼쪽 아래로 갈수록 원자 반지름이 증가한다. C, N, Na 중 3주기 원소인 Na의 원자 반지름이 가장 크고, 2주기 원소인 C와 N 중에서는 원자 번호가 작은 C의 반지름이 N보다 크다. 따라서 원자 반지름의 크기는 $N < C < Na$ 이다.

(2) 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 증가한다. 따라서 원자 반지름의 크기는 $Be < Mg < Ca$ 이다.

(3) 전자 수가 같은 등전자 이온의 경우에는 양성자수에 의한 핵전하가 클수록 유효 핵전하가 크므로 원자 번호가 커질수록 이온 반지름이 감소한다. 따라서 이온 반지름의 크기는 $Mg^{2+} < Na^+ < O^{2-}$ 이다.

03 같은 족에서는 원자 번호가 클수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 증가한다. 따라서 (가)는 3주기 원소, (나)는 2주기 원소이다.

04 (1) X의 순차 이온화 에너지가 $E_1 < E_2 < E_3 \ll E_4$ 이므로 원자가 전자 수는 3이다.

(2) X의 원자가 전자 수가 3이므로 X가 안정한 양이온이 되는 데 필요한 최소 에너지는 $E_1 + E_2 + E_3 = 800 + 2430 + 3660 = 6890$ (kJ/mol)이다.

05 같은 족에서는 원자 번호가 클수록 전자 껍질 수가 커져 원자 핵과 전자 사이의 인력이 작아지므로 이온화 에너지는 감소한다. 따라서 (가)는 2주기 원소, (나)는 3주기 원소이다.

06 ④ 2주기 원소인 네온(Ne)에서 3주기 원소인 나트륨(Na)으로 원자 번호가 커질 때 가려막기 효과가 크게 증가하여 유효 핵전하는 크게 감소한다.

오답 피하기

① 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름은 증가한다.

② 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지는 대체로 증가한다.

- ③ 할로젠 원자가 전자를 얻어 안정한 음이온이 되면 전자 사이의 반발력이 커져서 유효 핵전하가 감소하므로 원자 반지름이 증가한다.
- ⑤ 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하는 증가한다.

- 07** (1) 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 원자 반지름이 증가하므로 원자 반지름이 가장 큰 원소는 칼륨(K)이다.
- (2) 같은 족에서는 원자 번호가 작을수록, 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 이온화 에너지가 증가하므로 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 헬륨(He)이다.

내신 만점 문제

p. 121~123

- 01** ④ **02** ③ **03** ② **04** ③ **05** ④ **06** ①
07 ① **08** ⑤ **09** ② **10** ⑤ **11~12** 해설 참조

- 01** A는 플루오린(F), B는 네온(Ne), C는 나트륨(Na), D는 염소(Cl)이다.

ㄴ. A는 전자 1개를 얻어 안정한 이온인 $A^-(F^-)$ 이 된다. 따라서 A의 안정한 이온은 B(Ne)와 전자 배치가 같다.

ㄷ. C의 안정한 이온인 $C^+(Na^+)$ 과 A의 안정한 이온인 $A^-(F^-)$ 은 전자 수가 같은 등전자 이온이다. 전자 수가 같을 때에는 양성자수가 작을수록 이온 반지름이 증가하므로 이온 반지름은 $A^-(F^-)$ 이 $C^+(Na^+)$ 보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 원자 반지름이 증가하므로 원자 반지름이 가장 큰 원소는 C이다.

- 02** X^+ 의 전자 배치는 K(2) L(8)이므로 X의 전자 배치는 K(2) L(8) M(1)이다.

ㄱ. X의 전자 껍질 수가 3이므로 X는 3주기 원소이다.

ㄷ. X가 X^+ 이 될 때 전자 껍질 수가 감소하므로 원자 X의 반지름이 이온 X^+ 의 반지름보다 크다.

오답 피하기

ㄴ. X의 원자가 전자 수는 1이므로 X는 1족 원소이다.

- 03** 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 양성자수가 증가하므로 유효 핵전하가 증가한다. 따라서 (가)는 3주기 원소, (나)는 2주기 원소이고, A는 질소(N), B는 황(S), C는 산소(O)이다.

ㄴ. 같은 주기에서 유효 핵전하가 클수록 원자 반지름이 작다. 따라서 원자 반지름은 A가 C보다 크다.

오답 피하기

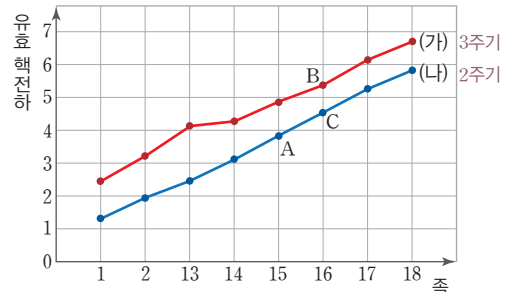
ㄱ. 같은 족에서 유효 핵전하가 큰 (가)는 3주기 원소, 유효 핵

전하가 작은 (나)는 2주기 원소이다.

ㄷ. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 전자 껍질 수가 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 작아지므로 이온화 에너지가 감소한다. 따라서 이온화 에너지는 B가 C보다 작다.

문제 속 자료

유효 핵전하와 이온화 에너지



B와 C를 비교하면 유효 핵전하는 B가 C보다 크므로 이온화 에너지는 B가 C보다 클 것이라고 생각할 수 있다. 그러나 이온화 에너지는 원자핵이 전자를 잡아당기는 힘(인력)에 의해 영향을 받으므로 핵전하뿐만 아니라 원자핵과 전자 사이의 거리도 고려해야 한다. 즉, 전자 껍질 수가 큰 B에서 원자핵과 전자 사이의 거리가 멀어지므로 이온화 에너지는 B가 C보다 작다.

- 04** A는 질소(N), B는 산소(O), C는 플루오린(F), D는 나트륨(Na)이다.

ㄱ. 원자 반지름은 주기율표의 왼쪽 아래로 갈수록 증가하므로 3주기 1족 원소인 D가 가장 크다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 유효 핵전하가 증가하므로 A~C 중 유효 핵전하는 C가 가장 크다.

오답 피하기

ㄴ. 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 증가하지만, 예외가 있다. A와 B는 같은 주기의 원소로, A의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이고, B의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이다. 그런데 B는 $2p_x$ 오비탈의 전자가 쌍을 이루고 있어 전자 사이의 반발력 때문에 A보다 전자를 떼어 내기 쉽다. 따라서 이온화 에너지는 원자 번호가 더 큰 B가 A보다 작다.

- 05** 금속 원소는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크고, 비금속 원소는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다. 따라서 B는 금속 원소이고, C와 D는 비금속 원소이다. 그런데 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소하므로 B보다 원자 반지름이 더 큰 A는 B보다 원자 번호가 더 작은 금속 원소임을 알 수 있다.

ㄴ. A와 B의 이온은 전자 수가 같은 등전자 이온이다. 양성자수는 A가 B보다 작으므로 이온 반지름은 A가 B보다 크고, 따라서 x 는 72보다 크다.

ㄷ. A와 B는 금속 원소이고, C와 D는 비금속 원소이다.

오답 피하기

ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소하므로 원자 반지름이 가장 큰 A의 원자 번호가 가장 작다.

- 06 A는 E_2 가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 1인 나트륨(Na), B는 E_4 가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 3인 알루미늄(Al), C는 E_3 가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 2인 마그네슘(Mg)이다.

ㄱ. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 클수록 감소하므로 원자 반지름은 1족 원소인 A가 가장 크다.

오답 피하기

ㄴ. B의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이고, C의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다. $3p$ 오비탈의 에너지가 $3s$ 오비탈의 에너지보다 높으므로 $3s$ 오비탈보다 $3p$ 오비탈에서 전자를 떼어 내기가 더 쉽다. 따라서 이온화 에너지는 B가 C보다 작고, x 는 738보다 작다.

ㄷ. C의 원자가 전자 수가 2이므로 C가 안정한 이온이 되는 데 필요한 최소 에너지는 $E_1 + E_2 = 738 + 1451 = 2189(\text{kJ/mol})$ 이다.

- 07 X와 Y는 모두 제5 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 각각 4인 14족 원소이다. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지는 감소하므로 X는 2주기 14족 원소인 탄소(C), Y는 3주기 14족 원소인 규소(Si)이다.

ㄱ. X와 Y는 원자가 전자 수가 각각 4이므로 둘 다 14족 원소이다.

오답 피하기

ㄴ. 이온화 차수가 같을 때 이온화 에너지는 X가 Y보다 크므로 원자핵과 전자 사이의 인력은 X가 Y보다 크다. 따라서 X는 2주기 원소, Y는 3주기 원소이며, 원자 반지름은 Y가 X보다 크다.

ㄷ. X는 2주기 원소, Y는 3주기 원소이므로 유효 핵전하는 Y가 X보다 크다.

- 08 A~D가 네온과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 되면 전자 수가 같은 등전자 이온이 된다. 등전자 이온은 원자 번호(양성자 수)가 클수록 이온 반지름이 작으므로 A는 나트륨(Na), B는 마그네슘(Mg), C는 산소(O), D는 플루오린(F)이다.

ㄱ. 등전자 이온에서 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작으므로 원자 번호는 B가 가장 크다.

ㄴ. 원자 반지름은 3주기 원소가 2주기 원소보다 크고, 같은 주기에서는 원자 번호가 작을수록 크므로 원자 반지름은 A가 가장 크다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 크므로 유효 핵전하는 D가 C보다 크다.

- 09 원자 번호가 연속이므로 이온화 에너지가 가장 큰 D는 18족 원소인 네온(Ne)이고, 가장 작은 E는 3주기 1족 원소인 나트륨(Na)이다. 따라서 A는 붕소(B), B는 질소(N), C는 산소(O)이다.

ㄷ. B와 C가 D와 같은 전자 배치를 갖는 이온이 되면 등전자 이온이 된다. 등전자 이온은 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작으므로 이온 반지름은 B 이온이 C 이온보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. A(B)는 13족 원소, E(Na)는 1족 원소로 서로 다른 족 원소이다.

ㄴ. B(N)의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이고, C(O)의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이므로 B의 홀전자 수는 3, C의 홀전자 수는 2이다.

- 10 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가하고, 2주기 원소 네온(Ne)에서 3주기 원소 나트륨(Na)으로 주기가 바뀔 때에는 가려막기 효과 때문에 유효 핵전하가 크게 감소한다. 따라서 A는 플루오린(F), B는 네온(Ne), C는 나트륨(Na), D는 마그네슘(Mg)이다.

ㄱ. 금속 원소는 3주기 원소인 C와 D 2가지이다.

ㄴ. 원자 반지름은 3주기 원소가 2주기 원소보다 크고, 같은 주기에서는 원자 번호가 작을수록 크므로 원자 반지름은 C가 가장 크다.

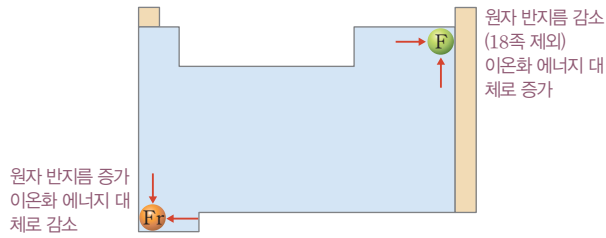
ㄷ. 이온화 에너지는 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 대체로 증가하고, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 감소한다. 따라서 이온화 에너지는 2주기 18족 원소인 B가 가장 크다.

- 11 [모범 답안] (1) Ar, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 양성자 수가 증가하여 유효 핵전하가 증가하므로 3주기 원소 중에서는 18족 원소의 유효 핵전하가 가장 크다.

(2) K, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 증가하여 원자 반지름이 증가하며, 같은 주기에서는 원자 번호가 작을수록 유효 핵전하가 작아 원자 반지름이 증가한다. 따라서 원자 반지름은 4주기 1족 원소인 K가 가장 크다.

(3) He, 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가하므로 이온화 에너지가 대체로 증가하고, 같은 족에서는 원자 번호가 작을수록 전자 껍질 수가 감소하므로 이온화 에너지가 증가한다. 따라서 이온화 에너지는 1주기 18족 원소인 He가 가장 크다.

해설 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 증가하고, 원자 반지름은 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 증가하며, 이온화 에너지는 주기율표에서 오른쪽 위로 갈수록 대체로 증가한다. 원자 반지름과 이온화 에너지의 주기성은 다음과 같다.

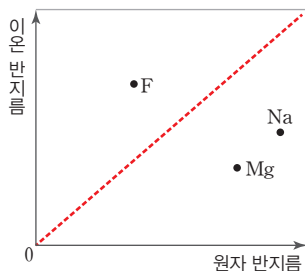


서술형 Tip

주기율표에서 유효 핵전하, 원자 반지름, 이온화 에너지의 주기성을 설명할 수 있어야 한다.

채점 기준		배점
(1)	유효 핵전하가 가장 큰 원소를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	30 %
	유효 핵전하가 가장 큰 원소를 썼지만, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	15 %
(2)	원자 반지름이 가장 큰 원소를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	40 %
	원자 반지름이 가장 큰 원소를 썼지만, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	20 %
(3)	이온화 에너지가 가장 큰 원소를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	30 %
	이온화 에너지가 가장 큰 원소를 썼지만, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	15 %

12 [모범 답안]



해설 원자 반지름은 3주기 원소가 2주기 원소보다 크고, 같은 주기에서는 원자 번호가 작을수록 원자 반지름이 크므로 원자 반지름의 크기는 $\text{Na} > \text{Mg} > \text{F}$ 이다.

F, Na, Mg이 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 되면 등전자 이온이 된다. 등전자 이온은 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작으므로 이온 반지름은 $\text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ 이다.

또한 F는 비금속 원소이므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 크고, Na와 Mg은 금속 원소이므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 작다.

이 모든 것을 종합하면 F는 점선보다 위쪽에, Na와 Mg은 점선 아래쪽에 나타내야 한다.

채점 기준	배점
원자 반지름과 이온 반지름의 크기, 점선을 고려하여 그래프에 옳게 나타낸 경우	100 %

단원 마무리하기

p. 126~131

01 ①	02 ⑤	03 ②	04 ④	05 ④	06 ①
07 ②	08 ②	09 ②	10 ⑤	11 ①	12 ②
13 ②	14 ④	15 ③	16 ①	17 ④	18 ①
19 ⑤	20 ①	21 ④	22 ⑤	23 ②	24 ③

01 (가)의 알파(α) 입자 산란 실험으로 원자핵이 발견되었고, (나)의 음극선 실험으로 전자가 발견되었다.

ㄱ. (가)에서 발견된 원자핵은 (+)전하를 띤다.

오답 피하기

ㄴ. 원자 질량의 대부분은 원자핵이 차지한다. 전자의 질량은 양성자와 중성자의 질량에 비해 매우 작다.

ㄷ. 모든 원자에는 원자핵이 1개 존재한다. 중성 원자에서는 전자 수와 원자핵을 구성하는 양성자수가 같다.

02 ㄱ. (가)는 알파(α) 입자 산란 실험 결과 제시된 행성 모형, (나)는 보어의 원자 모형, (다)는 음극선 실험 결과 제시된 푸딩 모형이다. 원자 모형이 제시된 시대적 순서는 (다) → (가) → (나) 순서이다.

ㄴ. (가) 모형에는 원자핵이 있으므로 α 입자 산란 실험에서 α 입자 경로의 휘어짐을 설명할 수 있다.

ㄷ. (나) 모형은 전자가 전자 껍질에만 존재할 수 있으므로 에너지 준위가 불연속적임을 설명할 수 있다.

03 이온의 전하를 통해 양성자수와 전자 수의 차이를 알 수 있으며, (가)는 전자, (나)는 중성자, (다)는 양성자임을 알 수 있다. 따라서 각 이온의 입자 수는 다음과 같다.

이온	A^+	B^{2-}	C^{2+}
(가)(전자)의 수	10	10	10
(나)(중성자)의 수	12	9	12
(다)(양성자)의 수	11	8	12

ㄷ. 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이므로 A는 23, B는 17, C는 24로 C가 가장 크다.

오답 피하기

ㄱ. 입자 (나)는 중성자이다.

ㄴ. 원자 번호는 양성자수와 같으므로 $\text{B} < \text{A} < \text{C}$ 이다.

04 ㄴ. 동위 원소의 존재 비율을 고려하여 평균 원자량을 계산하면, Y의 평균 원자량은 $79 \times \frac{a}{100} + 81 \times \frac{b}{100} = 79.9$ 이고, $a + b = 100$ 이므로 $a = 55$, $b = 45$ 이다.

ㄷ. 분자 XY의 분자량에 따른 존재 비율은 다음과 같이 구할 수 있다.

분자량	구성 동위 원소	존재 비율(%)
114	$^{35}\text{X}, ^{79}\text{Y}$	$\frac{75}{100} \times \frac{55}{100}$
116	$^{35}\text{X}, ^{81}\text{Y}$	$\frac{75}{100} \times \frac{45}{100}$
	$^{37}\text{X}, ^{79}\text{Y}$	$\frac{25}{100} \times \frac{55}{100}$
118	$^{37}\text{X}, ^{81}\text{Y}$	$\frac{25}{100} \times \frac{45}{100}$

따라서 분자 XY의 분자량에 따른 존재비는 114 : 116 : 118 = 33 : 38 : 9이다.

오답 피하기

ㄱ. X의 평균 원자량은 $35 \times \frac{75}{100} + 37 \times \frac{25}{100} = 35.5$ 이다.

- 05** (나)에서 파장이 짧을수록 에너지가 크므로 파장이 짧은 영역이 자외선, 파장이 긴 영역이 가시광선이다. 따라서 λ_1 은 에너지 준위가 더 높은 전자 껍질에서 $n=1$ 로 전이할 때 방출되는 빛이며, 그 중 가장 에너지가 작으므로 $n=2$ 에서 $n=1$ 로 전이할 때 방출된다. λ_2, λ_3 는 에너지 준위가 더 높은 전자 껍질에서 $n=2$ 로 전이할 때 방출되는 빛이며, 그 중 λ_3 는 가장 에너지가 작으므로 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때, λ_2 는 그 다음으로 에너지가 작으므로 $n=4$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때 방출된다.

ㄱ. 가시광선 영역의 빛은 $n \geq 3$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때 방출되므로 λ_2, λ_3 는 가시광선 영역의 빛이다.

ㄷ. B는 $n=2$ 에서 $n=1$ 로의 전자 전이이므로 이때 방출되는 빛은 λ_1 이다.

오답 피하기

ㄴ. A는 $n=3$ 에서 $n=2$ 로의 전자 전이이므로 이때 방출되는 빛은 λ_3 이다.

- 06** ㄱ. 전자 a는 주 양자수가 1인 K 전자 껍질의 전자이므로 1s 오비탈을 점유한다.
 ㄴ. 전자 b는 주 양자수가 2인 L 전자 껍질의 전자이며, L 전자 껍질에는 최대 8개의 전자가 채워질 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 오비탈 모형은 전자의 파동성에 기반한 모형으로, 불확정성 원리에 따르면 전자의 위치와 운동을 정확히 알 수 없다. 따라서 전자가 원운동한다고 말할 수 없으며, 2s 오비탈은 구형이지만 전자의 위치는 확실히 알 수 없다.

ㄹ. 원자 번호가 9인 원자는 다전자 원자이므로 2p 오비탈이 2s 오비탈보다 에너지 준위가 높다.

- 07** (가)에서 a는 라이먼 계열, b와 c는 발머 계열, d는 파셴 계열이다.

ㄷ. (가)의 전자 전이에서 발머 계열에 해당하는 빛은 전자가 $n \geq 3$ 에서 $n=2$ 인 L 전자 껍질로 전이될 때이며, b와 c 2가지이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)의 c는 전자가 $n=\infty$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때 방출하는 빛으로 발머 계열 중 에너지가 가장 크다. I은 발머 계열 중 에너지가 가장 작은 빛이므로 (가)의 c가 아니다.

ㄴ. (가)의 d는 전자가 $n=\infty$ 에서 $n=3$ 로 전이할 때 방출하는 적외선 영역의 빛으로 파셴 계열이다.

- 08** (나)의 그래프를 정리하면 a~e의 전자 전이는 다음과 같다.

a: $n=1 \rightarrow n=4$

b: $n=2 \rightarrow n=3$

c: $n=2 \rightarrow n=1$

d: $n=3 \rightarrow n=2$

e: $n=4 \rightarrow n=2$

ㄴ. 656 nm의 빛은 가시광선 영역의 선 스펙트럼 중 파장이 가장 길고 에너지는 가장 작으며, 다음으로 긴 파장은 486 nm이다. 656 nm의 전자 전이는 $n=3 \rightarrow n=2$ 이고, 486 nm의 전자 전이는 $n=4 \rightarrow n=2$ 이다. 따라서 486 nm의 선은 (나)의 e에 해당한다.

오답 피하기

ㄱ. 수소의 이온화 에너지는 전자를 흡수하는 에너지에 해당하며 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 로의 전자 전이이다. a는 $n=1 \rightarrow n=4$ 로의 전자 전이이다.

ㄷ. c는 $n=2 \rightarrow n=1$ 로의 전자 전이로, 방출되는 에너지는 $\Delta E \propto \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} = \frac{3}{4}$ 에 비례한다. d는 $n=3 \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이로, 방출되는 에너지는 $\Delta E \propto \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_3^2} = \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} = \frac{5}{36}$ 에 비례한다. 빛의 파장은 방출되는 에너지에 반비례하므로 방출되는 에너지가 작은 d에서 방출되는 빛의 에너지가 큰 c에서보다 길다.

- 09** a는 자외선 영역의 빛을 방출하고, b는 가시광선 영역의 빛을 방출한다. d는 적외선 영역의 빛을 방출하므로 눈으로 볼 수 없다.

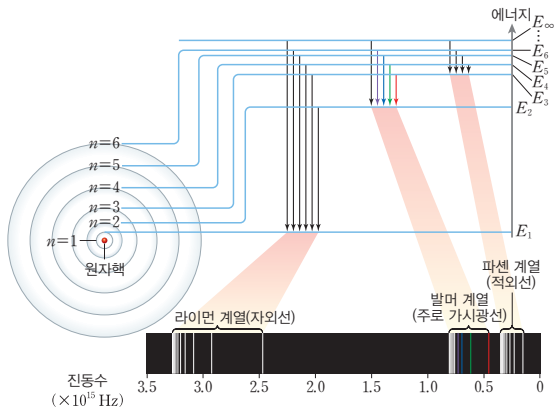
ㄴ. 파장과 에너지는 반비례하므로 파장이 길수록 에너지는 작아진다. a에서 방출되는 에너지가 b에서 방출되는 에너지보다 더 크므로 b는 a보다 더 긴 파장의 빛을 방출한다.

오답 피하기

ㄱ. a는 자외선 영역의 빛을 방출하므로 빛의 파장이 가장 짧다.
 ㄷ. c에서 흡수하는 에너지와 d에서 방출하는 에너지의 크기는 서로 다르다.

문제 속 자료

보어의 수소 원자 모형과 수소 원자의 선 스펙트럼



수소 원자 내 전자의 에너지 준위는 불연속적이므로 수소 원자에서 방출되는 빛의 파장은 위의 그림과 같이 불연속적으로 나타난다. 빛의 파장의 크기에 따라 자외선 영역, 가시광선 영역, 적외선 영역으로 나눌 수 있으며, 발견자의 이름을 따서 각각 라이먼 계열, 발머 계열, 파센 계열이라고 한다.

- 라이먼 계열(자외선 영역): 들뜬상태의 전자($n \geq 2$ 전자 껍질) \rightarrow K($n=1$) 전자 껍질
- 발머 계열(가시광선 영역): 들뜬상태의 전자($n \geq 3$ 전자 껍질) \rightarrow L($n=2$) 전자 껍질
- 파센 계열(적외선 영역): 들뜬상태의 전자($n \geq 4$ 전자 껍질) \rightarrow M($n=3$) 전자 껍질

10 ㄱ. 원자 A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ 이므로 3주기 17족 원소이다.

ㄴ. (가)는 $3s$, (나)는 $3p$, (다)는 $3d$ 오비탈이므로 주 양자수는 같다.

ㄷ. (나)와 (다)는 각각 $3p$ 와 $3d$ 오비탈로 같은 전자 껍질에 있으므로 (나)와 (다) 사이의 전자 이동으로 최외각 전자 껍질의 전자 수는 변하지 않는다.

11 (가)~(다)의 오비탈 전자 배치는 다음과 같다.

(가) $1s^2 2s^2 2p^4(2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1)$

(나) $1s^2 2s^2 2p^6(2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2)$

(다) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5(3p_x^2 3p_y^2 3p_z^1)$

ㄱ. (가)에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 $1s$ 1, $2s$ 1, $2p$ 3이므로 총 5이다. (나)에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 $1s$ 1, $2s$ 1, $2p$ 3이므로 총 5이다. 따라서 (가)와 (나)는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 같다.

오답 피하기

ㄴ. 홀전자 수는 (가)가 2, (나)가 0이다. 따라서 홀전자 수는 (가)가 (나)보다 크다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 (가)가 6, (다)가 7이다. 따라서 원자가 전자 수는 (다)가 (가)보다 크다.

12 p 오비탈의 전자 수와 s 오비탈의 전자 수가 같은 2, 3주기 원소는 O와 Mg이다. O의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$

이므로 s 오비탈의 전자 수와 p 오비탈의 전자 수가 각각 4로 같다. Mg의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 s 오비탈의 전자 수와 p 오비탈의 전자 수가 각각 6으로 같다. C에는 홀전자가 존재한다고 하였으므로 C는 O이다. A : B의 양성자 수 비가 4 : 1인 원자는 ${}^3\text{Li}$ 과 ${}^{12}\text{Mg}$, ${}^4\text{Be}$ 과 ${}^{16}\text{S}$ 이다. A~C에서 같은 족에 속하는 원자가 2개이므로 C(O)와 같은 족인 ${}^{16}\text{S}$ 은 A이고, ${}^4\text{Be}$ 은 B이다.

ㄴ. 같은 족에서는 주기가 커질수록 원자 반지름이 증가하고, 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 감소한다. B와 C는 같은 주기 원소이고 C의 원자 번호가 더 크므로 C가 B보다 원자 반지름이 더 작다. 같은 족인 A와 C 중에서 C의 원자 번호가 작기 때문에 C의 원자 반지름이 더 작으므로, A~C 중 원자 반지름은 C가 가장 작다.

오답 피하기

ㄱ. 2주기 원자는 B(Be)와 C(O)이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 커지고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 작아진다. 같은 주기인 B와 C 중에서 C의 원자 번호가 크므로 C의 전기 음성도가 더 크고, 같은 족인 A와 C 중에서 C의 원자 번호가 작으므로 C의 전기 음성도가 더 크다. 따라서 A~C 중 전기 음성도가 가장 큰 원자는 C이다.

13 ㄷ. 파울리 배타 원리에 따르면 하나의 오비탈에는 최대 2개의 전자가 채워질 수 있으며, 두 전자의 스핀 방향이 서로 달라야 한다. 세 전자 배치 모두 이를 만족한다.

오답 피하기

ㄱ. A는 2주기 원소로 원자가 전자 수는 두 번째 전자 껍질에 있는 전자 수이다. 따라서 원자가 전자 수는 6이다.

ㄴ. B^+ 의 전자 수가 10이므로 원자 B는 전자 수가 11인 3주기 원소이고, C^- 의 전자 수가 10이므로 원자 C는 전자 수가 9인 2주기 원소이다. 따라서 B와 C의 주기가 다르다.

14 ㄱ. 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 가장 안정한 전자 배치를 하는 18족 원소이다. 따라서 G는 18족 원소이다. 3주기에서 17족 원소의 전기 음성도가 가장 크므로 F의 전기 음성도가 가장 크다.

ㄴ. E의 제1 이온화 에너지가 D보다 작은 까닭은 D의 원자가 전자의 전자 배치가 $3s^2 3p^3$, E의 원자가 전자의 전자 배치가 $3s^2 3p^4$ 로, E의 경우 같은 p 오비탈을 차지하는 전자 사이에 반발력이 작용하기 때문이다.

오답 피하기

ㄷ. A와 I는 같은 2족 원소이고, I의 원자 번호가 A보다 더 크므로 I의 전자 껍질 수가 더 많다. 따라서 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 작아지므로 I의 이온화 에너지가 더 작다.

15 ㄱ. A~D의 전자 배치는 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 채우는 쌓음 원리, 각 오비탈에 최대 2개의 전자가 스핀이 다르게 채워지는 파울리 배타 원리, 같은 에너지 준위에서 홀전자 수가 최대 채워지는 훈트 규칙을 모두 만족하므로 바닥상태의 전자 배치이다.

ㄴ. A의 홀전자 3개는 모두 $2p$ 오비탈을 점유하는데, 각각 다른 방향의 오비탈에 있으므로 자기 양자수(m_l)가 모두 다르다.

오답 피하기

ㄴ. 원자가 전자는 1~17족에서 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수와 같으므로 A는 5, B는 7, C는 1, D는 2이다. 따라서 원자가 전자 수는 B가 C의 7배이다.

16 주어진 자료에 따르면 각 원자의 전자 배치는 W가 $1s^2 2s^2 2p^2$, X는 $1s^2 2s^2 2p^5$, Y는 $1s^2 2s^2 2p^4$, Z는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

ㄱ. W는 $2p$ 오비탈에 홀전자를 2개 가지므로 a 는 2이다.

오답 피하기

ㄴ. 원자 번호는 W가 6, X가 9, Y가 8, Z가 11이므로 $W < Y < X < Z$ 이다.

ㄴ. Z의 홀전자는 s 오비탈에 있으므로 방위 양자수(l)가 0이다.

17 세 쌍 원소는 화학적 성질이 비슷하므로 같은 족에 속해야 한다. (가)는 2족 원소, (나)는 2주기 원소, (다)는 17족 원소이므로 세 쌍 원소로 가능한 것은 (가)와 (다)이다.

18 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지는 대체로 증가한다. 그러나 2족과 13족, 15족과 16족 사이에서는 예외적으로 원자 번호가 커져도 이온화 에너지가 감소한다. 따라서 A는 붕소(B), B는 베릴륨(Be), C는 탄소(C), D는 산소(O), E는 질소(N)이다.

ㄱ. 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 감소한다. 따라서 원자 반지름은 원자 번호가 가장 작은 B(Be)가 가장 크다.

오답 피하기

ㄴ. A~E의 바닥상태 전자 배치와 홀전자 수는 다음과 같다.

원소	바닥상태 전자 배치	홀전자 수
A(B)	$1s^2 2s^2 2p_x^1$	1
B(Be)	$1s^2 2s^2$	0
C(C)	$1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$	2
D(O)	$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$	2
E(N)	$1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$	3

따라서 홀전자 수는 E가 가장 크다.

ㄴ. 제2 이온화 에너지는 +1가 양이온에서 두 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. A^+ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2$, C^+ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1$ 이다. 그런데 $2p$ 오비탈의 에너지 준위가 $2s$ 오비탈의 에너지 준위보다 높으므로 $2s$ 오비탈보다 $2p$ 오비탈에서 전자를 떼어 내기가 더 쉽다. 따라서 제2 이온화 에너지는 A가 C보다 크다.

19 A는 제2 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 1인, 1족 원소 나트륨(Na)이다. 또한 제1 이온화 에너지는 C가 B보다 크므로 B는 3주기 원소인 마그네슘(Mg), C는 2주기 원소인 플루오린(F)이다.

ㄱ. A는 1족 원소인 나트륨(Na)이다.

ㄴ. 제2 이온화 에너지는 +1가의 양이온에서 전자를 1개 더 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. A^+ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$, B^+ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다. A의 제2 이온화 에너지는 주 양자수가 2인 오비탈에서, B의 제2 이온화 에너지는 주 양자수가 3인 오비탈에서 전자를 떼어 내므로 제2 이온화 에너지는 A가 B보다 크다.

ㄴ. A~C가 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 되면 등전자 이온이 된다. 등전자 이온은 원자 번호가 작을수록 이온 반지름이 크므로 이온 반지름은 C 이온이 가장 크다.

20 A는 제4 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 3인 13족 원소이고, B는 제3 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 2인 2족 원소이다. 만약 B가 2주기 2족 원소라면 A는 2주기 원소이든, 3주기 원소이든 제1 이온화 에너지가 B보다 작아야 한다. 이는 자료에 위배되므로 B는 2주기 원소가 아니다. B가 3주기 2족 원소라면 제1 이온화 에너지가 B보다 더 큰 A는 2주기 원소여야 한다. 따라서 A는 붕소(B), B는 마그네슘(Mg)이다.

ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 3, B가 2로 A가 B보다 크다.

오답 피하기

ㄴ. A는 2주기 원소, B는 3주기 원소이므로 원자 번호는 B가 A보다 크다.

ㄴ. A는 준금속 원소, B는 금속 원소이므로 금속성은 B가 A보다 크다.

21 2주기에서 원자 번호가 커질수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 증가하므로 제1 이온화 에너지가 대체로 증가한다. 그러나 예외적으로 베릴륨(Be)에서 붕소(B), 질소(N)에서 산소(O) 사이에서는 원자 번호가 커져도 제1 이온화 에너지가 감소한다. 만약 A가 리튬(Li), B가 베릴륨(Be), C가 붕소(B)라고 한다면, A의 제2 이온화 에너지는 A^+ 의 바닥상태 전자 배치인 $1s^2$, B의 제2 이온화 에너지는 B^+ 의 바닥상태 전자 배치

인 $1s^2 2s^1$ 에서 전자 1개를 각각 떼어 내므로 A가 B보다 커야 하는데, 이는 자료와 일치하지 않는다. 따라서 A는 리튬이 아니다. 만약 A가 탄소(C), B가 질소(N), C가 산소(O)라고 한다면, A의 제2 이온화 에너지는 A^+ 의 바닥상태 전자 배치인 $1s^2 2s^2 2p_x^1$, B의 제2 이온화 에너지는 B^+ 의 바닥상태 전자 배치인 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 에서 전자 1개를 각각 떼어 내므로 B가 A보다 크다. 따라서 A는 탄소, B는 질소, C는 산소이다.

ㄴ. B의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이므로 B의 홀전자 수는 3이다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 A가 4, B가 5, C가 6이므로 A와 B의 원자가 전자 수의 합은 C의 원자가 전자 수보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. A는 탄소(C)이다.

- 22** A는 제4 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 3, B는 제2 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 1, C는 제3 이온화 에너지가 급격히 증가하므로 원자가 전자 수가 2이다. 따라서 A는 13족 원소인 알루미늄(Al), B는 1족 원소인 나트륨(Na), C는 2족 원소인 마그네슘(Mg)이다.

ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가한다. 따라서 유효 핵전하는 A가 가장 크다.

ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 감소한다. 따라서 원자 반지름은 원자 번호가 가장 작은 B가 가장 크다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지는 대체로 증가한다. 그러나 예외적으로 13족 원소의 이온화 에너지는 2족 원소보다 작으므로 제1 이온화 에너지는 $C > A > B$ 이다.

- 23** 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수가 1인 원소는 Na, Al, Cl이다. A는 금속 원소이므로 Na과 Al 중 하나이고, B는 비금속 원소이므로 Cl이다. A는 바닥상태 전자 배치에서

전자가 들어 있는 p 오비탈 수
전자가 들어 있는 s 오비탈 수

ㄷ. 안정한 A 이온의 전자 배치는 K(2) L(8)로 전자 껍질 수가 2이고, 안정한 B 이온의 전자 배치는 K(2) L(8) M(8)로 전자 껍질 수가 3이다. 따라서 안정한 이온의 반지름은 B 이온이 A 이온보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. A의 바닥상태 전자 배치는 K(2) L(8) M(3)이므로 원자가 전자 수는 3이다.

ㄴ. A의 안정한 이온은 Al^{3+} 이므로 네온(Ne)과 전자 배치가 같고, B의 안정한 이온은 Cl^- 이므로 아르곤(Ar)과 전자 배치가 같다.

문제 속 자료

3주기 원소의 바닥상태 전자 배치

원소	바닥상태 전자 배치	홀전자 수	전자가 들어 있는 p 오비탈 수 전자가 들어 있는 s 오비탈 수
$_{11}Na$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	1	1
$_{12}Mg$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	0	1
$_{13}Al$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1$	1	$\frac{4}{3}$
$_{14}Si$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1$	2	$\frac{5}{3}$
$_{15}P$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$	3	2
$_{16}S$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$	2	2
$_{17}Cl$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^2 3p_z^1$	1	2
$_{18}Ar$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^2 3p_z^2$	0	2

- 24** A와 B는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크므로 금속 원소이고, C와 D는 이온 반지름이 원자 반지름보다 크므로 비금속 원소이다. 그런데 B의 원자 반지름이 A보다 크므로 B는 나트륨(Na), A는 마그네슘(Mg)이며, D의 원자 반지름이 C보다 크므로 D는 산소(O), C는 플루오린(F)이다.

ㄱ. A의 이온은 $_{12}Mg^{2+}$, B의 이온은 $_{11}Na^+$ 이다. 이온의 반지름이 $_{11}Na^+ > _{12}Mg^{2+}$ 인 까닭은 $_{11}Na^+$ 의 핵전하가 $_{12}Mg^{2+}$ 의 핵전하보다 작기 때문이다.

ㄴ. 비금속성은 같은 주기에서 18족을 제외하고 원자 번호가 클수록, 같은 족에서는 원자 번호가 작을수록 크므로 C(F)가 가장 크다.

오답 피하기

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자핵의 전하가 커져서 이온화 에너지가 대체로 증가한다. 원자핵의 전하는 C(F)가 D(O)보다 크므로 이온화 에너지는 C가 D보다 크다.



화학 결합과 분자의 세계

1. 화학 결합

01 | 화학 결합의 성질



탐구 대표 문제

p. 136

01 ⑤ 02 (가) 수소 (나) 산소

01 ⑤ 물의 전기 분해 실험을 통해 물 분자의 화학 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다.

오답 피하기

- ① (+)극에서는 산소 기체가 발생한다. 산소는 위험한 기체가 아니다.
- ② 교류 전원을 사용하면 (+)극과 (-)극이 계속 바뀌게 되므로 하나의 플라스틱 빨대에 수소와 산소를 각각 모을 수 없다.
- ③ (+)극에 연결된 빨대의 용액은 산성이 되고, (-)극에 연결된 빨대의 용액은 염기성이 된다. 페놀프탈레인 용액은 염기성 용액에서 붉은색을 나타내므로 (-)극에서 붉은색으로 변하는 것을 관찰할 수 있다.
- ④ 물을 전기 분해할 때 발생하는 수소와 산소의 부피비는 2 : 1로 일정하다.

02 물 분자(H_2O)는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개로 이루어져 있다. 전기에 의해 물은 분해되어 수소 기체와 산소 기체가 2 : 1의 부피비로 발생한다. 양쪽 시험관에 발생한 기체의 부피를 통해 (가)극에 연결된 시험관에서는 수소 기체가, (나)극에 연결된 시험관에서는 산소 기체가 발생했음을 알 수 있다.



기초 탄탄 문제

p. 140

01 ② 02 ③, ④ 03 ① 04 ③ 05 ④ 06 ⑤

01 염화 나트륨 용액의 전기 분해와 물의 전기 분해는 화학 결합이 형성될 때 전자가 관여한다는 것을 확인할 수 있는 실험이다.

02 ③, ④ 물(H_2O) 분자는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개로 구성된 화합물이며, 물을 구성하는 수소와 산소의 화학 결합에 전자가 관여한다.

오답 피하기

- ① 원소는 한 종류의 성분으로만 이루어진 물질이다. 물은 수소와 산소로 이루어져 있으므로 원소가 아니라 화합물이다.
- ② 순수한 물은 전자를 전달하는 매개체(이온)가 거의 없으므로 전기가 잘 통하지 않는다.

⑤ 물은 공유 결합에 의해 형성되고, 염화 나트륨은 이온 결합에 의해 형성된다.

03 ① 옥텟 규칙은 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자가 채워질 때 안정하다는 이론이다. 네온은 2주기 18족 원소로 최외각 전자가 8이므로 안정한 전자 배치를 이루고 있다.

오답 피하기

- ② 비활성 기체를 제외한 모든 원자들은 옥텟 규칙을 만족하고 있지 않다.
- ③ 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 배치되어야 옥텟 규칙을 만족한다. 안정한 전자 배치를 갖는 원자의 총 전자 수로는 2, 10, 18이다.
- ④ 원자는 전자를 잃거나 얻어서 옥텟 규칙을 만족하거나, 전자쌍을 공유하여 옥텟 규칙을 만족한다.
- ⑤ 네온, 아르곤의 최외각 전자 수는 8이지만 헬륨의 최외각 전자 수는 2이다. 반면, 반응에 참여하는 전자인 원자가 전자 수는 헬륨, 네온, 아르곤 모두 0이다.

04 ①, ②, ④ 비활성 기체는 주기율표에서 18족 원소로 대부분 옥텟 규칙을 만족하고 있어 화학 반응을 거의 하지 않는다.

⑤ 비활성 기체의 최외각 전자 수는 헬륨이 2, 네온과 아르곤이 8이지만, 원자가 전자 수는 모두 0이다.

오답 피하기

③ 비활성 기체는 다른 물질과 반응하지 않는 성질을 활용하여 실생활과 산업 현장에서 널리 사용되고 있다. 예를 들어 전구의 필라멘트가 산소와 만나 연소하는 것을 막기 위해 전구 내부를 아르곤 기체로 가득 채운다.

05 Ne은 $1s^2 2s^2 2p^6$ 의 전자 배치로 총 10개의 전자를 갖는다. Ca은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ 의 전자 배치로 총 20개의 전자를 갖지만, Ca^{2+} 은 Ca이 전자 2개를 잃어 Ar과 같은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 의 전자 배치를 갖는다.

Na은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 의 전자 배치로 총 11개의 전자를 갖지만, Na^+ 은 Na이 전자 1개를 잃어 Ne과 같은 $1s^2 2s^2 2p^6$ 의 전자 배치를 갖는다.

F은 $1s^2 2s^2 2p^5$ 의 전자 배치로 총 9개의 전자를 갖지만, F^- 은 F이 전자 1개를 얻어 Ne과 같은 $1s^2 2s^2 2p^6$ 의 전자 배치를 갖는다.

O는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 의 전자 배치로 총 8개의 전자를 갖지만, O^{2-} 은 O가 전자 2개를 얻어 Ne과 같은 $1s^2 2s^2 2p^6$ 의 전자 배치를 갖는다.

따라서 Ne의 전자 배치와 같은 이온은 3개이다.

06 알루미늄은 가장 바깥 전자 껍질에 전자 3개가 있으므로, 이 전자 3개를 잃으면 옥텟 규칙을 만족하게 된다. 따라서 알루미늄의 안정한 이온 상태는 Al^{3+} 이다.

내신 만점 문제

p. 141~143

- 01 ① 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ③ 06 ①
07 ② 08 ④ 09 ⑤ 10 ⑤ 11~12 해설 참조



- 01 ㄱ. 공유 결합, 이온 결합과 같은 화학 결합은 전자를 통해 결합이 이루어지므로 전자가 관여한다.

오답 피하기

ㄴ. 비활성 기체는 안정하여 다른 원소와 화학 결합을 거의 형성하지 않는다.

ㄷ. 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려는 것이 옥텟 규칙이다. 할로젠 원소는 최외각 전자 수가 7로 옥텟 규칙을 만족하기에는 전자가 1개 부족하다.

- 02 ① 실험 보고서의 제목은 ‘물의 전기 분해 실험’으로, 공유 결합에 전자가 관여함을 알아보는 실험이다.

② 순수한 물은 전류가 잘 흐르지 않아 전기 분해가 일어나지 않는다. 따라서 전류가 잘 흐르게 하기 위해 이온 결합 물질을 넣어 전해질 역할을 하게 한다. 이때 수산화 나트륨을 사용할 수 있다.

④ 물을 전기 분해하면 (-)극에서 수소, (+)극에서 산소 기체가 발생한다. 산소 기체가 발생하는 전극 (라)는 (+)극이다.

⑤ 물의 전기 분해 실험을 통해 공유 결합에는 전자가 관여함을 알 수 있다.

오답 피하기

③ 실험에서 산소가 10 mL 발생했으므로 수소는 산소의 2배인 20 mL가 발생한다.

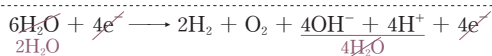
- 03 ㄷ. 물을 전기 분해하는 실험의 전체 반응식은 $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ 이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)와 (나)는 $4e^-$ 로, 이동하는 전자 수가 서로 같아야 한다.
ㄴ. 반응이 진행되면 수소가 발생하는 (-)극은 OH^- 이 생성되어 염기성으로 변하고, 산소가 발생하는 (+)극은 H^+ 이 생성되어 산성으로 변하게 된다.

문제 속 자료 물의 전기 분해 반응

- (-)극: $4\text{H}_2\text{O} + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$
- (+)극: $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$



- 전체 반응: $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

- 04 ㄴ. 염화 나트륨 용융액의 전기 분해 실험의 전체 반응식은 $2\text{NaCl}(l) \longrightarrow 2\text{Na}(l) + \text{Cl}_2(g)$ 이다. 따라서 염화 나트륨 2몰을 전기 분해하면 염소 기체 1몰이 발생한다.

ㄷ. 실험을 통해 이온 결합에 전자가 관여하고 있음을 확인할 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 가열을 하는 것은 염화 나트륨을 액체로 만들기 위해서이다. 염화 나트륨은 이온 결합 화합물로 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않아 전기 분해가 불가능하며, 가열하여 액체 상태가 되어야 전류가 흘러 전기 분해가 가능해진다.

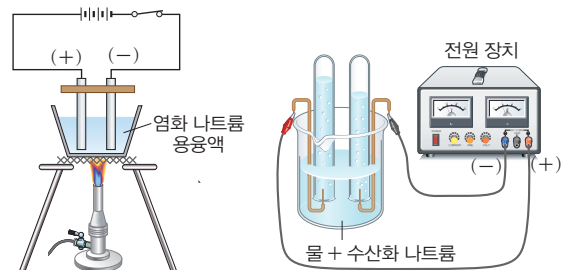
- 05 ㄱ. (가)는 염화 나트륨 용융액의 전기 분해 실험 장치로 (+)극에서는 염소 기체, (-)극에서는 나트륨이 생성된다. (나)는 물의 전기 분해 실험 장치로 (+)극에서는 산소 기체, (-)극에서는 수소 기체가 생성된다.

ㄷ. 전기 분해 실험을 통해 화학 결합에 전자가 관여함을 확인할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. (가)의 (-)극에서는 나트륨이 생성된다. 하지만 (나)에서 수산화 나트륨은 전해질로 물에 전류가 잘 흐르게 돕는 역할을 할 뿐 전기 분해가 되지는 않으므로, (나)의 (-)극에서는 나트륨이 아닌 수소 기체가 발생한다.

문제 속 자료 염화 나트륨과 물의 전기 분해 실험 비교



실험 대상	염화 나트륨	물
결합의 종류	이온 결합	공유 결합
전기 전도성	고체 상태에서는 전류가 흐르지 않기 때문에 용융시킨 전해질 필요 없음	전류가 잘 흐르지 않기 때문에 전해질이 필요함
(+)극	염소 기체 발생	산소 기체 발생, H^+ 생성
(-)극	나트륨이 액체 상태로 생성	수소 기체 발생, OH^- 생성
결론	이온 결합에 전자가 관여함	공유 결합에 전자가 관여함

- 06 ㄱ. 산화 이온과 네온 원자는 양성자수가 다르고 중성자수도 다르지만, 전자 배치가 똑같이 옥텟 규칙을 만족하고 있다.

오답 피하기

ㄴ. 산화 이온과 네온 원자의 최외각 전자 수는 8로 동일하며, 총 전자 수도 10으로 동일하다.

ㄷ. 산화 이온은 옥텟 규칙을 만족하고 있으나 (—)전하를 띠고 있어 (+)전하를 띠고 있는 물질과 잘 반응한다. 네온은 옥텟 규칙을 만족하고 전기적으로 중성이므로 다른 물질과 거의 반응하지 않는다.

07 중성 원자 X는 총 전자 수가 3이므로 원자 번호 3번인 리튬(Li)이고, 중성 원자 Y는 총 전자 수가 8이므로 원자 번호 8번인 산소(O)이다.

ㄷ. X의 안정한 이온은 X^+ 이고, Y의 안정한 이온은 Y^{2-} 이므로 이온이 띠는 전하의 부호가 서로 반대이다.

오답 피하기

ㄱ. X는 금속 원소이므로 비금속 원소인 Y와 이온 결합을 형성한다.

ㄴ. X는 전자 1개를 잃어 첫 번째 전자 껍질에 전자가 2개 채워진 He과 같은 전자 배치를 가지고, Y는 전자 2개를 얻어 두 번째 전자 껍질에 전자가 8개 채워진 Ne과 같은 전자 배치를 가진다.

08 2, 3주기 원자들이 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 최소의 전자를 잃거나 얻어서 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가져야 한다. 즉, 옥텟 규칙을 만족하기 위해 A는 전자 2개를 얻고, B는 전자 3개를 잃고, C는 전자 2개를 잃으며, D는 전자를 잃거나 얻지 않는다. 따라서 잃거나 얻는 전자의 개수 합은 $2+3+2+0=7$ 이다.

문제 속 자료 옥텟 규칙을 만족하기 위해 잃거나 얻는 전자 수

A(O): $1s^2 2s^2 2p^4 \Rightarrow$ 전자 2개 얻음
 $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 = [Ne]$
 B(Al): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 \Rightarrow$ 전자 3개 잃음
 $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 = [Ne]$
 C(Mg): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow$ 전자 2개 잃음
 $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 = [Ne]$
 D(Ar): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \Rightarrow$ 전자 출입 없음

09 A, B, C, D는 각각 He, Be, O, Na이다.

ㄱ. A(He)는 비활성 기체이므로 단원자 상태에서 매우 안정하기 때문에 다른 원자와 화학 결합을 형성하지 않는다.

ㄴ. B와 D는 전자를 얻어 옥텟 규칙을 만족하는 것보다 전자를 잃어 옥텟 규칙을 만족하는 것이 훨씬 유리하기 때문에 양이온이 되기 쉽다.

ㄷ. C는 전자 2개를 얻어 C^{2-} 이 되어 Ne의 전자 배치를 가지게 되고, D는 전자 1개를 잃어 D^+ 이 되어 마찬가지로 Ne의 전자 배치를 가지게 된다.

10 ㄱ. 비활성 기체는 18족 원소로 1주기 He는 최외각 전자 수가 2이고, 2주기 Ne과 3주기 Ar은 최외각 전자 수가 8이다. 하지만 원자가 전자 수는 반응에 참여하는 전자의 수로 18족

비활성 기체 모두 0이다.

ㄴ. 비활성 기체는 모두 안정한 전자 배치를 이루므로 반응성이 거의 없다.

ㄷ. 이름에서 알 수 있듯이 비활성 기체는 실온에서 기체이다.

11 [모범 답안] (1) 아르곤

(2) 아르곤은 18족 원소로 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 8로 안정한 전자 배치를 이루므로 반응성이 거의 없다. 따라서 아르곤은 산소와 반응하지 않는다. 이러한 성질을 이용하여 전구 필라멘트의 산화 방지를 위해 전구 안을 아르곤 기체로 채워 놓는다.

해설 수소와 메테인은 가연성 물질로 불꽃을 대면 공기 중의 산소와 빠르게 반응하여 ‘펑’ 하는 소리가 난다. 아르곤은 비활성 기체로 반응성이 없어 아무런 변화 없이 비눗방울만 터진다.

서술형 Tip 아르곤의 안정성을 전자 배치와 연관지어 설명할 수 있어야 한다.

채점 기준		배점
(1)	아르곤이라고 쓴 경우	20 %
(2)	비활성 기체가 안정한 전자 배치를 이루고 있어 반응성이 없음을 밝히고, 실생활에서 이용되는 적절한 예를 한 가지 서술한 경우	80 %
	비활성 기체의 전자 배치를 설명하지 않고 비활성 기체이기 때문에 반응성이 없다고만 설명하며, 실생활에서 이용되는 적절한 예를 한 가지 서술한 경우	60 %
	비활성 기체가 안정한 전자 배치를 이루고 있어 반응성이 없음을 설명했지만, 실생활에서 이용되는 적절한 예를 한 가지 서술하지 못한 경우	60 %
	비활성 기체의 전자 배치를 설명하지 않고 비활성 기체이기 때문에 반응성이 없다고만 설명하며, 실생활에서 이용되는 적절한 예를 한 가지 서술하지 못한 경우	40 %

12 [모범 답안] (1) 전자

(2) 물에 전자를 공급하면 물 분자가 수소 분자와 산소 분자로 분해된다. 이것으로부터 물 분자를 이루는 수소와 산소의 화학 결합에 전자가 관여하고 있음을 알 수 있다.

해설 물의 전기 분해 실험은 물 분자를 구성하고 있는 수소와 산소 간의 공유 결합에 전자가 관여하고 있음을 확인하는 실험이다. 물 분자에 전자를 공급함으로써 수소와 산소 간의 결합이 깨지고 수소와 수소 간의 공유 결합과 산소와 산소 간의 공유 결합이 새롭게 형성된다.

채점 기준		배점
(1)	전자라고 쓴 경우	20 %
(2)	실험의 결과와 전자 사이의 관계를 설명하고 화학 결합에 전자가 관여하고 있음을 서술한 경우	80 %
	다른 설명 없이 바로 화학 결합에 전자가 관여하고 있음을 서술한 경우	40 %

02 | 화학 결합의 종류



탐구 대표 문제

p. 153

01 ④ 02 설탕

01 ④ 흑연도 다이아몬드와 마찬가지로 공유 결합으로 녹는점이 매우 높다.

오답 피하기

- ① 공유 결합 물질 중 분자 결정은 녹는점이 낮고, 공유 결정은 녹는점이 매우 높다.
- ② 주어진 물질 중 이온 결합 물질은 염화 마그네슘, 염화 나트륨 2가지이다.
- ③ 포도당과 설탕에서 원자 간의 공유 결합력은 강하지만, 포도당과 설탕의 분자 간의 인력은 약하므로 녹는점이 낮다.
- ⑤ 이온 결합, 공유 결합, 금속 결합 중 공유 결합(다이아몬드)의 결합력이 가장 강하다.

02 설탕은 분자 결정, 질산 구리(II)는 이온 결정, 흑연은 공유 결정이다. 설탕은 분자 간의 결합력이 가장 약하여 녹는점이 가장 낮다. 따라서 녹는점이 낮은 설탕, 질산 구리(II), 흑연 순으로 녹는다.



기초 탄탄 문제

p. 154

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ③ 05 ② 06 ①

01 A는 전자 수가 3인 리튬 원자이고, B는 전자 수가 17인 염소 원자이다. 리튬은 금속 원소이고, 염소는 비금속 원소이다. 따라서 리튬은 전자 1개를 잃어 양이온이 되고, 염소는 전자 1개를 얻어 음이온이 되며, 이들 이온은 정전기적 인력에 의한 이온 결합을 한다.

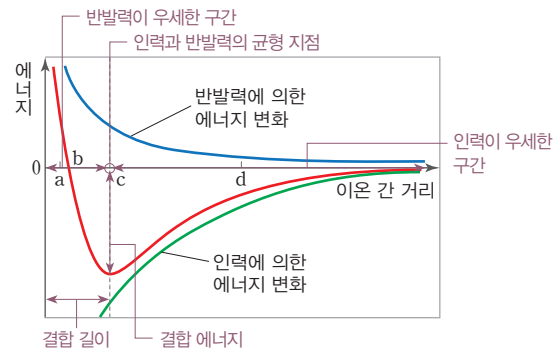
문제 속 자료 화학 결합의 종류

구분	원리	물질 예
이온 결합	금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온 사이의 정전기적 인력으로 형성	NaCl, MgO
공유 결합	비금속 원소의 원자 사이에 전자쌍을 공유하여 형성	H ₂ , H ₂ O, HCl, CO ₂
배위 결합	전자쌍을 한 원자가 일방적으로 제공하는 공유 결합	NH ₄ ⁺ , NH ₃ BF ₃
금속 결합	금속 양이온과 자유 전자의 정전기적 인력으로 형성	Na, Fe, Cu

02 반발력과 인력에 의한 에너지가 최소 상태가 되는 거리인 c에서 이온 결합이 형성된다.

오답 피하기 a, b는 반발력이 우세하여 이온 사이의 거리가 멀어지려고 하는 위치이고, d, e는 인력이 우세하여 이온 사이의 거리가 가까워지려고 하는 위치이다.

문제 속 자료 이온 결합의 형성과 에너지 변화 그래프



03 ① 일반적으로 금속 원소는 금속 결합, 금속 원소와 비금속 원소는 이온 결합, 비금속 원소와 비금속 원소는 공유 결합을 형성한다.

② 두 원자가 각각 전자를 내놓아 만든 전자쌍을 서로 공유하기도 하고, 한 원자가 일방적으로 전자쌍을 제공하여 서로 공유(배위 결합)하기도 한다.

④ 붕소와 같이 공유 결합을 형성할 때 옥텟 규칙을 만족하지 않는 경우가 있지만, 대부분의 경우에는 옥텟 규칙을 만족한다.

⑤ 결합 길이는 결합하는 원자 간의 반발력과 인력에 의한 에너지가 최소가 되는 지점에서 원자핵 간 거리이다. 반발력이 우세하면 원자는 서로 멀어지려 하고, 인력이 우세하면 원자는 서로 가까워지려 한다.

오답 피하기

③ 공유 결합은 두 원자가 전자쌍을 공유하여 결합하는 것이다. 전자쌍 1개를 공유하여 단일 결합을 형성하기도 하지만 2개나 3개의 전자쌍을 공유하는 다중 결합도 존재한다. 다중 결합을 하는 대표적인 물질로 산소 분자(O=O), 질소 분자(N≡N)가 있다.

04 ③ 공유 결합 물질은 대부분 고체나 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

오답 피하기

① 분자 결정에서 원자 간의 결합력은 강하지만 분자 간의 인력은 약하다.

② 모든 원자가 공유 결합으로 이루어져 있는 공유 결정은 녹는점과 끓는점이 매우 높다. 하지만 공유 결합으로 이루어진 분자(분자 결정)는 분자 간의 인력이 약해서 녹는점과 끓는점이 낮은 편이다.

- ④ 양이온과 음이온으로 이루어져 있어 물에 잘 녹는 것은 이온 결합에 대한 설명이다.
 ⑤ 원자들이 공유 결합하여 그물처럼 연결되어 형성된 것은 공유 결합 물질 중 공유 결합에 대한 설명이다.

05 그림은 금속 결합을 보여 주는 전자 바다 모형이고, (가)는 자유 전자이다.

자유 전자로 인해 금속은 전성과 연성이 좋고, 열 전도성과 전기 전도성이 우수하다.

오답 피하기

⑤ 자유 전자와 금속의 밀도는 관련이 없다.

06 ① 금속에 열을 가하면 금속 내부에 있는 자유 전자가 열에너지를 얻어 진동하게 되고, 진동을 통해 열을 전달하게 되므로 열전도성이 좋다.

오답 피하기

- ② 금속 결합은 금속 양이온과 자유 전자 간의 인력에 의한 결합이다. 금속 양이온과 비금속 음이온 간의 인력에 의한 결합은 이온 결합이다.
 ③ 금속에 전압을 걸면 자유 전자가 (+)극으로 이동하여 전기가 통한다. 전압을 걸어도 금속 양이온은 이동하지 않는다.
 ④ 금속에 힘을 가하면 양이온들의 층이 미끄러져 이동하지만, 자유 전자들이 층 사이의 결합을 유지시켜 주므로 깨지거나 쪼개지지 않는다.
 ⑤ 금속은 녹는점이 높아 실온에서 대부분 고체 상태로 존재하지만, 예외로 수은은 실온에서 액체 상태로 존재한다.

내신 만점 문제

p. 155~157

01 ⑤ **02** ③ **03** ④ **04** ④ **05** ① **06** ⑤
07 ① **08** ⑤ **09** ① **10** ④ **11~12** 해설 참조



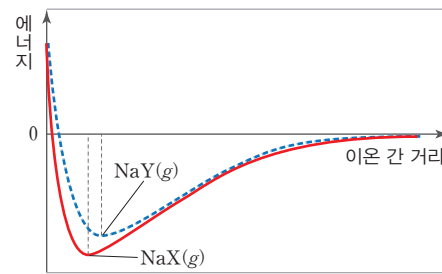
01 ㄱ. X^- 과 Y^- 은 Na^+ 과 각각 1 : 1의 개수비로 결합하고 있으며, 에너지가 가장 낮은 지점에서 이온 사이의 거리는 NaY 가 NaX 보다 더 멀기 때문에 Y^- 의 반지름이 X^- 의 반지름보다 크다는 것을 알 수 있다. 즉, Y 가 X 보다 더 큰 주기의 원소이므로 X 가 Y 보다 원자 번호가 작다.

ㄴ. 이온 결합이 형성되는 지점에서 $NaX(g)$ 의 에너지가 $NaY(g)$ 의 에너지보다 낮으므로 NaX 가 더 강한 결합을 한다고 예측할 수 있다. 따라서 이온 간에 더 강한 결합을 하고 있는 $NaX(s)$ 의 녹는점이 $NaY(s)$ 의 녹는점보다 더 높다.

ㄷ. 결합 길이는 $NaX(g)$ 가 $NaY(g)$ 보다 짧으므로 이온 간 반발력이 우세하게 작용하는 이온 간 거리 구간은 $NaX(g)$ 가 $NaY(g)$ 보다 짧다.

문제 속 자료

이온 사이의 거리에 따른 에너지 변화



- 이온 결합이 형성될 때 이온 간 거리: $NaX(g) < NaY(g)$
 - ➔ 이온 반지름: $X^- < Y^-$
 - ➔ 원자 번호: $X < Y$
- 이온 결합이 형성될 때 에너지: $NaX(g)$ 가 $NaY(g)$ 보다 낮다.
 - ➔ 이온 결합의 세기: $NaX(g) > NaY(g)$
 - ➔ 녹는점: $NaX(s)$ 가 $NaY(s)$ 보다 높다.

02 이온 결합 물질의 녹는점은 전하량이 클수록, 이온 간 거리가 짧을수록 높다. NaF , $NaBr$, MgO 중 MgO 만 +2가 양이온과 -2가 음이온이 결합한 물질이고, 나머지는 +1가 양이온과 -1가 음이온이 결합한 물질이므로 녹는점이 월등히 높은 (다)는 MgO 이다. NaF 과 $NaBr$ 은 전하량은 같지만 F^- 의 반지름이 Br^- 의 반지름보다 작으므로 이온 간 거리는 NaF 이 $NaBr$ 보다 짧다. 따라서 NaF 의 녹는점이 $NaBr$ 보다 더 높으며, 이로부터 (가)는 $NaBr$, (나)는 NaF 임을 알 수 있다.

03 ㄴ. 염화 나트륨 고체는 전류가 흐르지 않지만 염화 나트륨 용액은 전류가 흐른다.

ㄷ. 염화 나트륨이 고체에서 액체로 변하면 이온 사이의 거리가 조금 멀어지게 된다.

오답 피하기

ㄱ, ㄴ. 염화 나트륨 고체를 가열하여 용융시켜도 질량은 변하지 않으며, 이온들의 결합 배열만 달라질 뿐 전하량의 총합은 변화가 없다.

04 녹는점, 끓는점으로 보아 AB는 실온에서 고체이며, 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고 액체 상태에서는 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다.

①, ② AB는 이온 결합 물질이므로 A와 B_2 는 각각 금속과 비금속 중 하나인데, 이원자 분자인 B_2 가 비금속 원소로 이루어진 분자로 실온에서 기체이고, A가 금속 원소로 실온에서 고체이다.

③ 생성물인 AB의 원자 수비가 A : B = 1 : 1이므로 A와 B가 주고받는 전자의 수는 같다.

⑤ AB는 이온 결합 물질이므로 물에 녹아 전류를 흐르게 할 수 있다.

오답 피하기

④ AB는 이온 결합 물질이므로 힘을 가하면 쉽게 쪼개지거나 부서진다. 힘을 가했을 때 휘어지는 것은 금속 결합 물질의 특징이다.

문제 속 자료 이온 결합 물질의 특징

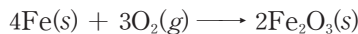
구분	성질
물질의 상태	실온에서 고체
녹는점, 끓는점	높음
전기 전도성	고체 상태에서 부도체 액체, 수용액 상태에서 도체
외부로부터 충격	깨지거나 쪼개짐
물에 대한 용해성	매우 잘 녹음

- 05 ㄱ. 이산화 탄소에서 탄소와 산소는 모두 옥텟 규칙을 만족하여 최외각 전자 수는 8로 같다.

오답 피하기

- ㄴ. (나) 드라이아이스는 분자 결정으로 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.
 ㄷ. (나)에서 분자 내의 원자 사이에는 공유 결합이 존재하지만, 각 분자 사이에는 분산력이라고 하는 매우 약한 인력이 작용하여 결정을 이룬다. 분산력은 분자와 분자 사이에 작용하는 힘의 한 종류로, 순간적으로 무극성 분자와 무극성 분자 사이에 전기적 힘이 작용하여 생기는 분자 간 힘이다.

- 06 강철솥을 공기 중에서 연소시키면 철이 공기 중의 산소와 반응하여 산화 철(III)(Fe₂O₃)을 생성한다.



- ㄱ. 강철솥이 산소와 결합하므로 반응한 산소의 질량만큼 질량이 증가한다.
 ㄴ. 금속인 강철솥은 전기 전도성이 있으나, 산화 철(III)은 이온 결합 물질이므로 전기 전도성을 잃게 된다.
 ㄷ. 금속인 강철솥은 탄성이 있으나, 이온 결합 물질인 산화 철(III)은 충격을 가하면 쉽게 부서진다.

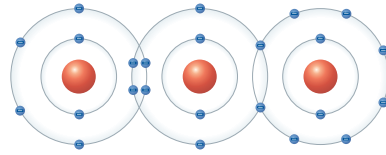
- 07 ㄱ. 핵 간 거리가 $X_2 < Y_2 < Z_2$ 순서로 커지므로 원자 반지름도 $X < Y < Z$ 순서로 커진다. 세 원자 모두 할로젠 원소이므로 원자 반지름이 가장 작은 X의 주기가 가장 작고, Y, Z 순으로 주기가 증가한다.

오답 피하기

- ㄴ. 최소 에너지는 Y₂가 X₂보다 낮으므로 결합 에너지는 Y₂가 X₂보다 크다.
 ㄷ. 결합의 최소 에너지가 모두 0 이하의 값을 가지므로 할로젠 원소가 이원자 분자를 형성할 때 에너지를 방출함을 알 수 있다.

- 08 A, B, C는 각각 질소(N), 산소(O), 플루오린(F)이다.

- ㄱ. A₂(N₂)는 3중 결합, B₂(O₂)는 2중 결합을 한다.
 ㄴ. C₂(F₂)와 BC₂(OF₂)는 둘 다 공유 결합 물질이다.
 ㄷ. A(N)가 중심 원자로 B(O)와 2중 결합, C(F)와 단일 결합을 하면 모두 옥텟 규칙을 만족하는 분자 NOF가 된다.



▲ NOF의 전자 배치 (O=N-F)

- 09 A와 B는 3주기 금속 원소이므로 A는 나트륨(Na), B는 마그네슘(Mg)이다.

- ㄱ. 같은 주기 금속 원소에서 금속 양이온의 전하량이 커지면 자유 전자와의 인력이 증가하여 녹는점이 높아진다. 따라서 금속 A의 녹는점은 금속 B의 녹는점보다 낮다.

오답 피하기

- ㄴ. 나트륨은 산소와 반응하여 Na₂O이 되므로 원자 수비는 Na : O = 2 : 1이고, 마그네슘은 산소와 반응하여 MgO이 되므로 원자 수비는 Mg : O = 1 : 1이다. 즉, 1몰의 산소(O₂)와 반응하는 양(mol)은 나트륨 : 마그네슘 = 2 : 1이다.
 ㄷ. 금속에 전류를 흘려 주면 금속 양이온은 움직이지 않고, 자유 전자만 (+)극 쪽으로 이동하여 전류를 흐르게 한다.

- 10 고체 상태의 전기 전도성 유무로 C(흑연), Fe과 CuCl₂, C(다이아몬드)로 구분할 수 있다. 따라서 (가)에는 “고체일 때 전류가 흐르는가?”가 적당하다. 힘을 가하면 부서지는지의 여부로 원자 결정인 C(흑연)과 금속 결정인 Fe을 구분할 수 있고, 이온 결정인 CuCl₂와 원자 결정인 C(다이아몬드)를 구분할 수 있다. 따라서 (나)에는 “힘을 가하면 쉽게 부서지는가?”가 적당하다.

문제 속 자료 흑연과 다이아몬드의 비교

흑연과 다이아몬드는 둘 다 공유 결정이지만, 매우 다른 성질을 가지고 있다.

구분	흑연	다이아몬드
구조		
녹는점, 끓는점	매우 높다.	
색	검은색	흰색, 투명색
굳기	층을 구성하는 원자 간의 결합은 공유 결합으로 매우 단단하나, 층과 층의 결합은 분산력으로 약한 결합을 하여 쉽게 쪼개진다.	매우 단단하다.
전기 전도성	중심 탄소 원자에 3개의 주변 탄소가 결합하고 1개의 전자가 남아 전류가 흐르게 도와 준다.	전류가 흐르지 않는다.

11 [모범 답안] (1) 이온 결합, 공유 결합

(2) 물질 ABC는 이온 결합 물질이다. 따라서 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만, 가열하여 용융시키거나 물에 녹여 수 용액 상태를 만들면 전기 전도성을 나타낸다.

해설 A는 Na, B는 O, C는 H이고, 물질 ABC는 NaOH이다. NaOH에서 OH⁻은 공유 결합으로 형성되어 있고, Na⁺과 OH⁻은 이온 결합으로 형성되어 있으므로 전체적으로 이온 결합 물질이 된다. 이온 결합 물질은 고체일 때는 전류가 흐르지 않지만, 액체나 수용액 상태에서는 전류가 흐른다.

채점 기준		배점
(1)	이온 결합, 공유 결합을 둘 다 쓴 경우	40 %
	둘 중 하나만 쓴 경우	20 %
(2)	물질 ABC가 이온 결합 물질임을 밝히고, 이온 결합 물질의 전기적 성질을 옳게 서술한 경우	60 %
	물질 ABC가 이온 결합 물질임을 밝히지 않고, 이온 결합 물질의 전기적 성질을 옳게 서술한 경우	40 %
	물질 ABC가 이온 결합 물질임을 밝혔지만, 이온 결합 물질의 전기적 성질을 옳게 서술하지 못한 경우	20 %

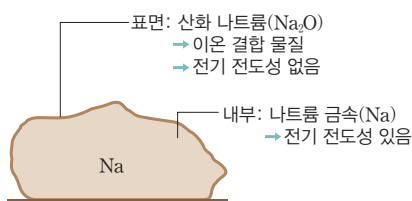
문제 속 자료 결합의 종류에 따른 물질의 전기 전도성 비교

구분	전기 전도성
이온 결합 물질	고체 상태에서 부도체 액체, 수용액 상태에서 도체
공유 결합 물질	고체, 액체 상태에서 부도체 (단, 흑연, 그래핀, 탄소 나노 튜브, C ₆₀ 등은 도체)
금속 결합 물질	도체

12 [모범 답안] (1) 금속 나트륨은 전구에 불이 켜졌으므로 전기 전도성이 있고, 고체 염화 나트륨은 전기 전도성이 없다.

(2) 나트륨은 반응성이 큰 금속이므로 공기 중에 노출되면 표면이 공기 중의 산소와 반응하여 산화 나트륨이 된다. 산화 나트륨은 이온 결합 물질로 고체 상태에서 전류가 흐르지 않기 때문이다.

해설 금속 나트륨은 전류가 잘 흐르는 도체이다. 하지만 나트륨을 공기 중에 방치해 두면 나트륨이 공기 중의 산소와 반응하여 나트륨 표면에 산화 나트륨이 형성된다. 산화 나트륨은 이온 결합 물질이므로 전류가 흐르지 않게 된다. 산화 나트륨 표면을 뚫고 깊숙이 전극을 꽂으면 반응하지 않은 나트륨에서 전류가 흐르게 된다. 염화 나트륨은 이온 결합 물질로 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않는다.



채점 기준		배점
(1)	금속 나트륨과 고체 염화 나트륨의 전기 전도성을 모두 옳게 서술한 경우	30 %
(2)	공기 중에서 나트륨과 산소의 반응을 언급하고, 나트륨 표면이 이온 결합 물질로 바뀌었음을 서술한 경우	70 %
	나트륨 표면의 변화를 설명하지 않고, 이온 결합 물질로 바뀌었다는 결론만 서술한 경우	30 %

2. 분자의 구조와 성질

01 | 결합의 극성

기초 단단 문제

p. 164

01 ② 02 ③ 03 ③ 04 ④ 05 ⑤ 06 ②

01 ① 전기 음성도는 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력의 수 치로 나타낸 값이다.

③, ④ 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도 값이 대체로 증가하고, 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 전기 음성도 값이 대체로 감소한다.

⑤ 전기 음성도는 주기율표의 오른쪽 위로 갈수록, 즉 비금속 성이 증가할수록 값이 커진다.

오답 피하기

② 전기 음성도는 플루오린(F)을 기준(4.0)으로 정한 상대적인 세기를 나타낸 값이다. 탄소를 기준으로 하여 상대적인 값을 정한 것은 원자량이다.

02 두 원자의 전기 음성도 차이에 따라 결합의 극성을 비교할 수 있다.

③ A-D의 경우 전기 음성도 차이가 2.5-2.0=0.5로 가장 작으므로 극성이 가장 작은 결합으로 예측되고, B-C의 경우 전기 음성도 차이가 3.5-0.9=2.6으로 가장 크므로 극성이 가장 큰 결합으로 예측된다.

03 결합한 원자보다 밑줄 친 원자의 전기 음성도가 더 작은 경우 밑줄 친 원자는 부분적인 양전하를 띠게 된다. 전기 음성도는 H가 2.1, C가 2.5, Cl가 3.0, F이 4.0이다. 따라서 ③에서 C가 부분적인 양전하를 띤다.

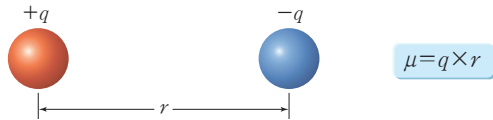
오답 피하기

① H-H 결합은 같은 원자끼리 결합한 것이므로 무극성 결합으로 부분 전하를 띠지 않는다.

②, ④, ⑤ H-C, Cl-F, C-Cl에서는 밑줄 친 원자가 부분적인 음전하를 띤다.

04 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 대체로 증가한다. 다만, 18족 비활성 기체는 전기 음성도 값을 측정할 수 없으므로 제외한다. 따라서 3주기 원소 중 전기 음성도가 가장 큰 원소는 염소(Cl)이다.

05 ⑤ 쌍극자 모멘트의 크기는 전하량과 두 전하 사이의 거리의 곱으로 나타낸다.



오답 피하기

- ① 쌍극자 모멘트는 크기와 방향을 갖는 벡터량이다.
- ② 결합의 쌍극자 모멘트 값이 0이면 그 결합은 무극성 공유 결합이다.
- ③ 쌍극자 모멘트를 나타낼 때 화살표가 향하는 방향이 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
- ④ 쌍극자 모멘트 값이 클수록 극성은 커진다.

06 중심 원자인 탄소(C)와 전기 음성도 차이가 가장 큰 원자가 결합한 경우 쌍극자 모멘트가 가장 크다. H, F, Br, Cl 중 플루오린(F)의 전기 음성도가 4.0으로 가장 크므로 쌍극자 모멘트 값이 가장 큰 결합은 C-F 결합이다.

내신 만점 문제

p. 165~167

- 01 ③ 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ④ 06 ⑤
07 ③ 08 ④ 09 ② 10 ② 11~12 해설 참조



01 N-H 결합의 전기 음성도 차이는 0.9이다. <보기>에서 각 결합의 전기 음성도 차이는 N-F가 1.0, O-H가 1.4, Li-F가 3.0인데, Li-F는 금속과 비금속의 결합이므로 이온 결합이다. 따라서 N-F와 O-H만 N-H 결합보다 극성이 큰 공유 결합이다.

02 ㄱ, ㄴ, 흑연은 탄소로만 이루어진 홑원소 물질이다. 중심 탄소에 3개의 탄소가 공유 결합을 하며, 이는 탄소와 탄소의 결합이므로 무극성 공유 결합이다. 즉, 흑연은 탄소로만 이루어져 있기 때문에 모든 결합이 무극성 공유 결합이며, 쌍극자 모멘트는 모든 위치에서 0이 된다.

오답 피하기

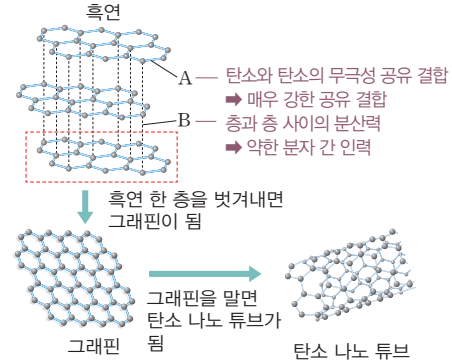
ㄴ, A는 무극성 공유 결합이고, B는 공유 결합이 아니라 분자 사이의 약한 힘(분산력)이다. 흑연은 같은 층을 이루고 있는 탄소들이 모두 공유 결합(A)을 하고 있어 결합이 강하다. 하

지만 층 사이의 탄소는 분산력(B)으로 결합되어 결합력이 매우 약하다.

문제 속 자료

흑연의 구조 및 성질

흑연은 공유 결합 물질이지만, 일반적인 공유 결합 물질과 매우 다른 성질을 가진다.



구분	흑연
결합	탄소와 탄소의 무극성 공유 결합, 층과 층 사이의 분산력
탄소 원자 사이의 결합각	120° → 중심 탄소에 3개의 탄소가 결합
녹는점, 끓는점	매우 높음
색상	검은색
굳기	층을 구성하는 원자 간의 결합은 공유 결합으로 매우 단단하나, 층과 층의 결합은 분산력으로 약한 분자 간 인력이 작용하여 쉽게 쪼개짐
전기 전도성	중심 탄소 원자에 3개의 주변 탄소가 결합하고 1개의 전자가 남아 전류가 흐르게 도와줌

03 ㄱ, ㄴ, Cl₂는 같은 종류의 원자끼리 공유 결합하므로 무극성 공유 결합을 하며, 쌍극자 모멘트가 0이다.

오답 피하기

ㄴ, 무극성 공유 결합은 부분 전하를 띠지 않는다. 극성 공유 결합의 경우 한쪽 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를, 다른 한쪽 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

04 CO₂와 BCl₃는 모두 극성 공유 결합을 하고 있는 무극성 분자이다.

ㄱ, CO₂와 BCl₃를 이루는 분자 내 모든 결합은 극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다.

오답 피하기

ㄴ, CO₂에서 C와 O는 옥텟 규칙을 만족하고 있지만, BCl₃에서 중심 원소 B는 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 6개로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

ㄷ. CO_2 는 $\text{C}=\text{O}$ 결합만 2개이고, BCl_3 는 $\text{B}-\text{Cl}$ 결합만 3개이므로 모두 다른 종류의 원자끼리 결합하였다. 따라서 두 분자 모두 극성 공유 결합만 있다.

05 AC가 부분 전하의 크기와 전기 음성도 차이 모두 가장 크므로 HF이며, BC가 분자량이 가장 크므로 FCl이다. 이로부터 A, B, C가 각각 H, Cl, F임을 알 수 있다.

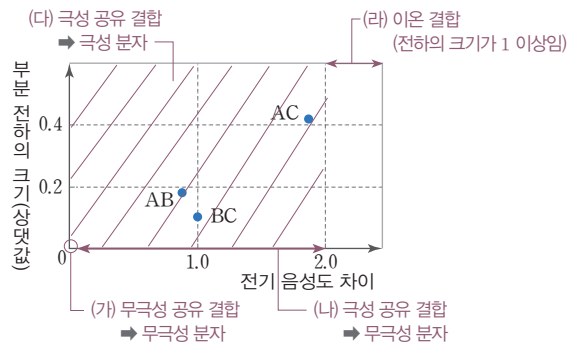
ㄴ. AB(HCl)와 AC(HF)에는 비공유 전자쌍이 3개씩 존재하고, BC(F-Cl)에는 비공유 전자쌍이 6개 존재한다.

ㄷ. 전기 음성도는 $\text{C(F)} > \text{B(Cl)} > \text{A(H)}$ 순이다.

오답 피하기

ㄱ. 전기 음성도 차이가 가장 큰 AC의 쌍극자 모멘트가 가장 크다.

문제 속 자료 문제의 그래프 분석

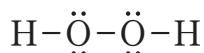


구분	조건	분자의 종류
(가)	전기 음성도 차이=0 부분 전하의 크기=0	무극성 공유 결합 무극성 분자
(나)	0 < 전기 음성도 차이 < 2.0 부분 전하의 크기=0	극성 공유 결합 무극성 분자
(다)	0 < 전기 음성도 차이 < 2.0 0 < 부분 전하의 크기 < 1.0	극성 공유 결합 극성 분자
(라)	전기 음성도 차이 > 2.0	이온 결합 물질

AC는 전기 음성도 차이가 크고 부분 전하의 크기도 크지만, AB와 BC의 경우 전기 음성도 차이는 BC가 더 크고, 부분 전하의 크기는 AB가 더 크다. 일반적으로는 전기 음성도 차이가 크면 쌍극자 모멘트 값이 크지만, 결합하는 원자의 종류나 분자의 구조에 따라 차이가 있을 수 있다.

06 ㄱ, ㄷ. 수소에는 공유 전자쌍 1개가 있고, 산소에는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있다. 따라서 중심 원자인 산소는 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ. 산소와 산소의 결합은 같은 종류의 원소 사이의 결합이므로 무극성 공유 결합이다.



07 ㄱ. (가)의 C와 H, (나)의 C와 F는 둘 다 서로 다른 종류의 원자끼리 공유 결합을 하고 있으므로 전기 음성도 차이에 의해 극성 공유 결합을 한다.

ㄷ. 탄소는 수소보다 전기 음성도가 크므로 (가)에서 탄소는 부분적인 음전하를 띤다. 또 탄소는 플루오린보다 전기 음성도가 작으므로 (나)에서 탄소는 부분적인 양전하를 띤다. 따라서 (가)와 (나)에서 탄소의 부분 전하의 부호는 반대이다.

오답 피하기

ㄴ. 탄소의 전기 음성도는 탄소 고유의 값이므로 다른 원소와 결합하더라도 변하지 않는다. 즉, (가)와 (나)의 탄소는 전기 음성도가 같다.

08 전자의 개수를 통해 각 원소를 파악하면 A는 질소, B는 수소, C는 플루오린이다.

ㄴ. A는 2주기 15족 원소, C는 2주기 17족 원소이므로 A는 C보다 전기 음성도가 작다.

ㄷ. BC는 HF로 공유 결합 화합물이다.

오답 피하기

ㄱ. AB_4^+ 에서 A와 B의 결합은 공유 결합이지만, AB_4^+ 과 C^- 의 결합은 이온 결합이다.

09 A, B, C, D, E는 각각 He, C, O, Na, Cl이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 대체로 점점 증가하므로 3주기의 1족(D), 17족 원소(E)가 2주기의 14족(B), 16족(C)보다 전기 음성도 차이가 더 클 것이다.

오답 피하기

ㄱ. A(He)는 비활성 기체로 다른 원자와 결합을 형성하지 않으므로 전기 음성도 값이 없다.

ㄴ. B(C)와 C(O)는 비금속 원소이며 서로 다른 원소로 전기 음성도 값이 다르므로 극성 공유 결합을 한다.

10 (가)는 다이아몬드, (나)는 그래핀의 결정 구조이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 무극성 공유 결합으로만 이루어져 있기 때문에 모든 결합의 쌍극자 모멘트 값이 0이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)의 다이아몬드는 정사면체 구조가 그물처럼 연결되어 있는 형태이므로 결합각은 109.5° 이고, (나)의 그래핀은 정육각형이 연결되어 있는 형태이므로 결합각은 120° 이다.

ㄴ. (가)는 전류가 흐르지 않지만 (나)는 전류가 흐른다. 공유 결합을 이루는 물질은 일반적으로 전류가 흐르지 않으나, 흑연, 그래핀, 탄소 나노 튜브 등과 같이 탄소 1개에 3개의 탄소가 단일 결합하는 구조에서는 전류가 흐른다.

11 [모범 답안] (1) 전기 음성도

(2) 원소들의 전기 음성도가 모두 같은 값이라면 모든 원자들이 무극성 공유 결합을 하게 된다. 따라서 원자 사이에 공유 전자쌍이 한쪽으로 치우치지 않아 쌍극자 모멘트가 모두 0이 되고, 분자가 부분 전하를 띠지 않게 된다.

해설 원자들의 전기 음성도가 서로 다르기 때문에 쌍극자 모멘트가 발생하고, 전자쌍이 한쪽으로 치우치게 되어 부분 전하가 발생한다. 전기 음성도가 모두 같다면 무극성 공유 결합만 형성되고, 무극성 분자만 존재하게 된다. 무극성 분자는 분자 간에 인력이 매우 작은 편이므로 분자량이 작은 물질들은 모두 기체로만 존재하게 될 것이다.

채점 기준		배점
(1)	전기 음성도라고 쓴 경우	20 %
(2)	무극성 공유 결합만 존재하게 됨을 밝히고, 쌍극자 모멘트와 부분 전하의 변화를 서술한 경우	80 %
	무극성 공유 결합의 존재만 밝힌 경우	40 %

12 [모범 답안] 탄소는 전기 음성도가 2.5로, 가장 큰 값을 갖는 플루오린과는 1.5, 가장 작은 값을 갖는 프랑슘과는 1.8 차이가 나므로 나머지 다른 원소들과는 더 작은 전기 음성도 차이를 가진다. 따라서 탄소는 대부분의 원소와 공유 결합을 하게 된다.

해설 탄소는 생명체를 구성하는 아주 중요한 원소이다. 탄소의 화학 결합이 중요한 까닭은 여러 가지가 있는데, 그 중 한 가지가 대부분의 원소들과 공유 결합을 한다는 것이다. 탄소는 전기 음성도 값이 중간 정도의 크기를 가지고 있어 모든 원소와 전기 음성도 차이가 그다지 크지 않기 때문에 대부분의 원소들과 공유 결합을 할 수 있다. 공유 결합은 강한 결합이므로 공유 결합에 의해 형성된 물질들은 생명체가 안정적으로 생활할 수 있게 한다.

문제 속 자료 생명 현상에서 중요한 탄소

특성	기능
원자가 전자 수 4	4개의 공유 결합이 가능하여 다양한 구조 형성이 가능하다.
사슬 형태의 결합	사슬 형태가 무한대로 이어지는 결합으로 생명체의 몸을 이루는 고분자 유기물을 만든다.
전기 음성도 2.5	대부분의 원소와 공유 결합하여 매우 안정한 분자를 만든다.

서술형 Tip 그림에 나타난 전기 음성도 값을 이용하여 서술하도록 한다.

채점 기준	배점
전기 음성도의 최댓값과 최솟값을 인용하여 탄소는 다른 원소들과 전기 음성도 차이가 크지 않음을 이용하여 서술한 경우	100 %

02 | 분자의 구조



탐구 대표 문제

p. 170

01 ⑤

01 ①, ②, ③ CO₂ 분자는 중심 원자인 탄소 원자가 두 산소 원자와 각각 2중 결합을 이루고 있다.

④ 각 산소 원자 주위에는 공유 전자쌍 2개, 비공유 전자쌍 2개가 있고, 탄소 원자 주위에는 공유 전자쌍 4개가 있어 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

오답 피하기

⑤ CO₂ 분자에서 두 산소 원자에는 비공유 전자쌍이 2개씩 있지만, 중심 원자인 탄소 원자는 두 산소 원자와 각각 2중 결합을 이루므로 비공유 전자쌍이 존재하지 않는다.



탐구 대표 문제

p. 179

01 ① 02 극성 물질

01 ① 텀가죽으로 문지른 고무풍선은 (－)전하를 띠고, 명주 형짚으로 문지른 유리 막대는 (+)전하를 띤다.

오답 피하기

② 대전체가 띠는 전하가 바뀌어도 물줄기는 대전체 쪽으로 된다. 단, 물 분자를 이루는 수소와 산소 원자 중 대전체 쪽으로 향하는 원자의 위치가 바뀐다.

③ 물과 에탄올은 대전체와의 정전기적 인력에 의해 대전체에 끌려간다.

④ 물 대신 식용유를 사용하면 식용유는 무극성 물질이므로 극성 물질인 물의 경우와 같은 결과가 나타나지 않는다.

⑤ 무극성 물질에 (－)전하로 대전된 플라스틱 자를 가까이해도 액체 줄기가 휘지 않는다. 무극성 물질은 전하의 영향을 받지 않는다.

02 시료 X가 극성 물질인 물에 잘 용해되었으므로 시료 X도 극성 물질을 알 수 있다.



기초 탄탄 문제

p. 180

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ① 05 ⑤ 06 ④

01 ① C와 O 사이의 결합은 2중 결합이다.

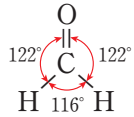
② 구성 원자는 C 1개, H 2개, O 1개로 총 4개이다.

③ 탄소는 중심 원자이다.

④ 폼알데하이드의 분자 구조는 평면 삼각형으로 모든 원자들이 한 평면에 존재한다.

오답 피하기

⑤ C-H 단일 결합에 비해 C=O 2중 결합의 전자 밀도가 높기 때문에 2중 결합과 단일 결합 사이의 반발력이 단일 결합들 사이의 반발력보다 크다. 따라서 H-C=O 결합각은 약 122°이고, H-C-H 결합각은 약 116°이다.



02 (가)는 두 개의 탄소 사이에 2중 결합이 있는 에텐(C_2H_4)이고, (나)는 두 개의 탄소 사이에 3중 결합이 있는 에타인(C_2H_2)이다.

⑤ (가)와 (나)는 모든 원자가 한 평면에 존재하는 평면 구조이다.

오답 피하기

- ① 두 분자 모두 무극성 분자이다.
- ② (가)의 분자식은 C_2H_4 이고, (나)의 분자식은 C_2H_2 이다.
- ③ (가)는 결합각이 약 120°이고, (나)는 직선형 구조로 결합각이 180°이다.
- ④ (가)는 탄소 사이에 2중 결합이 있고, (나)는 탄소 사이에 3중 결합이 있다.

- 03 ① 결합의 쌍극자 모멘트 합이 클수록 분자의 극성은 커진다.
- ② 분자량이 비슷할 경우 극성이 큰 분자일수록 끓는점이 높다.
- ④ 분자 구조가 비대칭이면 분자는 극성을 나타내며, 극성 공유 결합으로 이루어져 있어도 분자 구조가 대칭이면 분자는 무극성을 나타낸다.
- ⑤ 극성 분자는 극성 용매에, 무극성 분자는 무극성 용매에 잘 용해된다.

오답 피하기

③ 전기 음성도가 같은 원자끼리 결합한 이원자 분자는 무극성 분자이다.

04 A(H_2O)는 굽은 형, B(BeH_2)는 직선형, C(NH_3)는 삼각뿔형, D(BCl_3)는 평면 삼각형이다.

① A, B, C, D의 결합각은 각각 104.5°, 180°, 107°, 120°이므로 결합각의 크기는 $A < C < D < B$ 가 된다.

오답 피하기

- ② C는 삼각뿔형으로 입체 구조이나, A는 굽은 형으로 평면 구조이다.
- ③, ④ A~D 모두 극성 공유 결합을 하며, 그 중 B와 D는 대칭 구조를 이루어 쌍극자 모멘트 합이 0이 되는 무극성 분자이다.
- ⑤ A(굽은 형)와 C(삼각뿔형)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 존재하지만, B(직선형)와 D(평면 삼각형)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 존재하지 않는다.

05 ⑤ 입체 구조이면서 무극성 분자인 것은 CH_4 뿐이다. CH_4 은 극성 공유 결합으로 이루어져 있지만, 분자 구조가 대칭 구조이므로 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0인 무극성 분자이다.

오답 피하기

- ① N_2 는 평면 구조이면서 무극성 분자이다.
- ② OF_2 는 평면 구조이면서 극성 분자이다.
- ③ NH_3 는 입체 구조이면서 극성 분자이다.
- ④ BCl_3 는 평면 구조이면서 무극성 분자이다.

06 기체 상태의 물질에 전기장을 걸어 주면 극성 분자는 전기장에서 일정한 배열을 한다. 주어진 물질 중 극성 분자는 H_2O , NH_3 , SO_2 , HF 이다.

④ CO_2 는 무극성 분자이므로 전기장을 걸어 주어도 일정한 배열을 하지 않는다.

내신 만점 문제

p. 181~183

- 01 ④ 02 ④ 03 ② 04 ② 05 ① 06 ③
- 07 ① 08 ⑤ 09 ④ 10 ② 11~12 해설 참조



01 (가), (나), (다)의 분자 구조는 각각 평면 삼각형, 평면 삼각형, 삼각뿔형이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 평면 구조이고, (다)는 입체 구조이다.

ㄷ. (가)와 (다)는 극성 분자이고, (나)는 대칭 구조로 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되는 무극성 분자이다.

오답 피하기

ㄱ. (나)의 중심 원자에는 전자쌍이 3개 존재하지만, (가)와 (다)의 중심 원자에는 전자쌍이 4개 존재한다.

02 <조건>에 가장 많이 해당하는 분자는 BCl_3 로 분자의 구조는 평면 삼각형이다.

조건	분자
모든 원자가 한 평면에 존재한다.	HCN , H_2O , BCl_3
결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이다.	BCl_3 , CH_4
중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재한다.	H_2O , NH_3
다중 결합을 포함한다.	HCN
중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하지 못한다.	BCl_3

제시된 분자들의 구조는 아래와 같다.

HCN - 직선형	H_2O - 굽은 형	BCl_3 - 평면 삼각형
NH_3 - 삼각뿔형	CH_4 - 정사면체형	

- 03 중심 원자가 C, N, O인 수소 화합물은 각각 CH_4 , NH_3 , H_2O 이다.

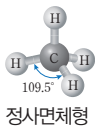
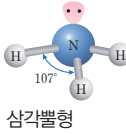
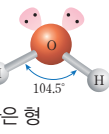
ㄴ. $\text{CH}_4 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ 로 갈수록 분자의 극성은 증가한다.

오답 피하기

ㄱ. CH_4 , NH_3 , H_2O 에서 중심 원자의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 3, 2이다.

ㄷ. CH_4 , NH_3 , H_2O 에서 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 각각 0, 1, 2이므로 수소와 중심 원자 간의 결합각은 109.5° , 107° , 104.5° 로 감소한다.

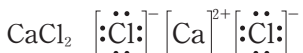
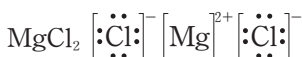
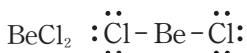
문제 속 자료 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 물(H_2O)의 분자구조 비교

분자	메테인(CH_4)	암모니아(NH_3)	물(H_2O)
분자 모형	 정사면체형	 삼각뿔형	 굽은 형
구조	입체 구조	입체 구조	평면 구조
분자의 극성	무극성	극성	극성
결합각	109.5°	107°	104.5°
비공유 전자쌍 수	0	1	2

- 04 ㄷ. Be는 금속이지만 비금속 원소와 공유 결합을 하는 특수한 경우이다. 따라서 BeCl_2 은 대칭 구조인 직선형 분자로 무극성 분자이다. MgCl_2 과 CaCl_2 은 이온 결합 물질이다.

오답 피하기

ㄱ. BeCl_2 은 공유 결합 물질이고, MgCl_2 과 CaCl_2 은 이온 결합 물질이므로 루이스 구조식은 다르다.



ㄴ. BeCl_2 은 극성 공유 결합을 하지만, MgCl_2 과 CaCl_2 은 이온 결합을 한다.

- 05 H, C, O로 만들 수 있는 원자 수 5 이하의 화합물을 원자 수 비율과 함께 유추해 보면 (가)는 CO_2 , (나)는 H_2O , (다)는 CH_2O 이며, X, Y, Z는 각각 C, O, H이다.

ㄱ. (가)는 CO_2 로 2중 결합을 하고 있다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 H_2O 로 중심 원자 O에 비공유 전자쌍이 2개 있는 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

ㄷ. (다)는 CH_2O 로 평면 삼각형 구조이다.

- 06 루이스 전자점식으로 보아, 2주기 원소인 X는 질소(N), Y는 산소(O), Z는 플루오린(F)이다.

ㄱ. $\text{X}_2(\text{N}_2)$ 는 3중 결합을 하며, 비공유 전자쌍이 총 2개 존재한다.

ㄴ. $\text{XZ}_3(\text{NF}_3)$ 는 중심 원자에 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 존재하는 구조이고, $\text{YZ}_2(\text{OF}_2)$ 는 중심 원자에 공유 전자쌍이 2개, 비공유 전자쌍이 2개 존재하는 구조이다. 따라서 $\text{XZ}_3(\text{NF}_3)$ 분자와 $\text{YZ}_2(\text{OF}_2)$ 분자는 모두 극성 분자이다.

오답 피하기

ㄷ. X, Y, Z 1개씩으로 이루어진 분자는 $\text{Y}=\text{X}-\text{Z}$ 형태로 옥텟 규칙을 만족한다.



- 07 BCl_3 , CF_4 , H_2S , CH_2Cl_2 중 극성 분자는 H_2S , CH_2Cl_2 이고, 무극성 분자는 BCl_3 , CF_4 이다. 또 CH_2Cl_2 와 CF_4 는 입체 구조이고, H_2S 와 BCl_3 는 평면 구조이다. 따라서 (가), (나), (다), (라)는 각각 CH_2Cl_2 , H_2S , CF_4 , BCl_3 이다.

ㄱ. (가) CH_2Cl_2 와 (다) CF_4 는 공유 전자쌍 수가 모두 4이다.

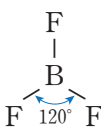
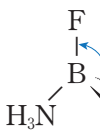
오답 피하기

ㄴ. (나) H_2S 에서 H는 1주기 원소, S는 3주기 원소이며, (라) BCl_3 에서 B는 2주기 원소, Cl는 3주기 원소이다.

ㄷ. 결합각은 (다) CF_4 가 109.5° , (라) BCl_3 가 120° 이므로 (다)가 (라)보다 작다.

- 08 ㄱ, ㄴ. 반응 전 BF_3 에서는 B가 3개의 공유 전자쌍을 가지고 있어 옥텟 규칙을 만족하지 못하며, BF_3 는 평면 삼각형 구조로 결합각($\text{F}-\text{B}-\text{F}$)은 120° 이다. 반응 후에는 B가 NH_3 의 비공유 전자쌍과 배위 결합을 하여 4개의 공유 전자쌍을 가지게 되므로 옥텟 규칙을 만족하고, NH_3BF_3 는 사면체의 입체 구조를 가지므로 결합각($\text{F}-\text{B}-\text{F}$)은 약 109.5° 이다.

ㄷ. 생성물인 NH_3BF_3 은 비대칭 구조로 극성 분자이다.

결합각		
B의 공유 전자쌍	3개	4개
구조	평면 삼각형의 평면 구조	B를 중심으로 사면체형 입체 구조

- 09 실험식과 분자 내 공유 전자쌍 수로 유추해 보면, (가), (나), (다)는 각각 NH_3 , HCN , C_2H_2 이고, X, Y, Z는 각각 질소, 탄소, 수소이다.

ㄴ. (가) NH_3 와 (다) C_2H_2 은 분자당 구성 원자 수가 4로 같다.

ㄷ. (나) HCN 와 (다) C_2H_2 의 분자 구조는 모두 직선형이다.

오답 피하기

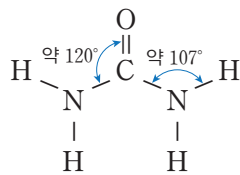
ㄱ. (가) NH_3 와 (나) HCN 는 극성 분자이지만, (다) C_2H_2 은 무극성 분자이다.

10 ㄴ. 비공유 전자쌍은 산소 원자에 2개, 2개의 질소 원자에 각각 1개씩 총 4개가 존재한다.

오답 피하기

ㄱ. 요소 분자에서 탄소를 중심 원자로 하면 3개의 주변 원자가 결합하므로 평면 삼각형 구조이다. 하지만 질소를 중심 원자로 하면 3개의 주변 원자와 1개의 비공유 전자쌍이 있으므로 삼각뿔형 구조이다. 따라서 전체적으로 입체 구조이다.

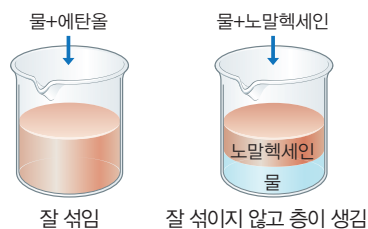
ㄷ. α 는 평면 삼각형 구조의 결합각, β 는 삼각뿔형 구조의 결합각이므로 α 가 β 보다 더 크다.



구분	탄소를 중심 원자로 볼 경우	질소를 중심 원자로 볼 경우
루이스 구조		
중심 원자의 비공유 전자쌍	0	1
결합 수	4	3
분자 구조	평면 삼각형	삼각뿔형

11 [모범 답안] (1) 물과 에탄올은 섞여서 용액 전체에 붉은색이 퍼지지만, 물과 노말헥세인은 섞이지 않고 층을 이루며 위에는 노말헥세인, 아래에는 물이 위치한다.

(2) 물은 극성 물질로 극성 물질과는 잘 섞이지만 무극성 물질과는 잘 섞이지 않는다. 에탄올은 극성 물질이므로 물과 잘 섞이고, 노말헥세인은 무극성 물질이므로 물과 잘 섞이지 않기 때문이다.



해설 이 실험은 물질의 극성과 용해에 관한 실험이다. 극성 물질은 극성 용매에 용해되고 무극성 용매에는 용해되지 않는다. 반대로 무극성 물질은 무극성 용매에 용해되고 극성 용매에는 용해되지 않는다.

	채점 기준	배점
(1)	물과 에탄올은 섞이고, 노말헥세인은 물 층 위에 구분되어 존재한다고 서술한 경우	40 %
(2)	극성 물질끼리, 무극성 물질끼리는 잘 섞이고, 극성 물질과 무극성 물질은 잘 섞이지 않는다는 것을 물, 에탄올, 노말헥세인의 극성 여부와 관련지어 서술한 경우	60 %
	물, 에탄올, 노말헥세인의 극성 여부와 관련짓지 않고 극성 물질과 무극성 물질의 용해성만 서술한 경우	40 %

12 [모범 답안] (1) (가)는 평면 구조이고 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이며, (나)는 입체 구조이고 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다.

(2) 전기장 내에서 NH_3 분자의 배열 모양을 알아본다. NH_3 기체의 물에 대한 용해도를 조사해 본다.

해설 중심 원자에 3개의 공유 전자쌍이 존재하는 경우에 평면 구조와 입체 구조가 가능하다. 평면 구조일 경우 쌍극자 모멘트가 0이 되어 무극성 분자의 성질을 가지게 되고, 입체 구조일 경우 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 분자의 성질을 가지게 된다.

	채점 기준	배점
(1)	(가)와 (나)를 구조 차이와 극성의 차이로 옳게 서술한 경우	50 %
(2)	극성 분자의 성질과 무극성 분자의 성질을 이용하여 확실하게 구분할 수 있는 방법을 1가지 이상 제시한 경우	50 %

단원 마무리하기

p. 186 ~ 189



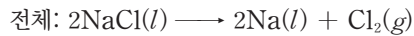
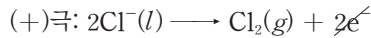
- 01 ③ 02 ③ 03 ① 04 ① 05 ③ 06 ⑤
07 ④ 08 ② 09 ⑤ 10 ② 11 ④ 12 ③
13 ① 14 ② 15 ③ 16 ①

01 ㄱ. 염화 나트륨 고체는 전류가 흐르지 않지만, 염화 나트륨 용융액은 전류가 흐른다. 따라서 물의 전기 분해와 달리 전해질이 필요하지 않다.

ㄷ. 이 실험으로부터 이온 결합에 전자가 관여함을 확인할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. (+)극과 (-)극에서 이동하는 전자 수가 같으므로 전체 반응식에서 전자의 이동이 상쇄되어 표시되지 않는다.



02 ㄱ, ㄴ. (가)와 (나)는 탄소를 중심으로 4개의 주변 원자가 결합하는 모양으로 둘 다 정사면체형 입체 구조를 이루고 있다. 4개의 결합이 극성 공유 결합을 하지만, 중심 탄소를 기준으로 대칭 구조이므로 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 된다. 따라서 (가)와 (나) 모두 무극성 분자이다.

오답 피하기

ㄷ. 전기 음성도는 플루오린(4.0) > 탄소(2.5) > 수소(2.1)이다. 따라서 메테인에서는 전자쌍이 수소에서 탄소 쪽으로 치우쳐 탄소가 부분적인 음전하를 띠고, 사플루오린화 탄소에서는 전자쌍이 탄소에서 플루오린 쪽으로 치우쳐 탄소가 부분적인 양전하를 띠게 된다.

문제 속 자료 메테인(CH₄), 사플루오린화 탄소(CF₄) 분자 비교

구분	메테인(CH ₄)	사플루오린화 탄소(CF ₄)
화학 결합	C-H 극성 공유 결합	C-F 극성 공유 결합
분자 극성	무극성	무극성
분자 구조	정사면체형	정사면체형
결합각	109.5°	109.5°
중심 탄소의 부분 전하	부분적인 음전하(δ ⁻)	부분적인 양전하(δ ⁺)

03 원자 A는 첫 번째 전자 껍질에 전자가 2개 채워져 있으므로 비활성 기체인 헬륨이고, 원자 B는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 모두 채워져 있으므로 비활성 기체인 네온이다.

ㄱ. 최외각 전자 수는 A가 2, B가 8이지만, 비활성 기체의 원자가 전자 수는 0으로 모두 같다.

오답 피하기

ㄴ. 비활성 기체는 전자를 잃거나 얻지 않는다.

ㄷ. 비활성 기체는 실온에서 안정한 기체로 존재한다.

문제 속 자료 비활성 기체의 전자 수 비교

구분	He	Ne	Ar
총 전자 수	2	10	18
최외각 전자 수	2	8	8
원자가 전자 수	0	0	0

최외각 전자는 가장 바깥 전자 껍질에 존재하는 전자를 의미하고, 원자가 전자는 화학 결합에 참여할 수 있는 전자를 의미한다. 1족부터 17족까지는 최외각 전자 수와 원자가 전자 수가 일치하지만, 18족 비활성 기체는 최외각 전자 수와 원자가 전자 수가 다르다.

04 금속 (가)와 이온 결합 화합물 (나)에 공통으로 포함된 A는 금속 양이온이고, 금속 (가)에 포함된 B는 자유 전자, 이온 결합 화합물 (나)에 포함된 C는 비금속 음이온이다.

ㄱ. A는 양이온이므로 (+)전하를 띤다.

오답 피하기

ㄴ. 금속에서 B(자유 전자)는 이동이 자유롭지만, 실온의 이온 결합 물질은 고체 상태이므로 A(양이온)와 C(음이온)는 단단히 결합되어 있어 움직이지 못한다.

ㄷ. 외부에서 충격을 가할 때 금속 (가)는 얇게 퍼지거나 휘어지지만, (나)는 깨지거나 쪼개진다.

문제 속 자료 금속 결합 물질과 이온 결합 물질의 비교

구분	금속 결합 물질	이온 결합 물질
입자 모형		
실온에서 상태	고체(수은은 액체)	고체
끓는점, 녹는점	높음	높음
입자 간 인력	금속 양이온과 자유 전자 사이의 강한 인력 작용	양이온과 음이온 사이의 강한 인력 작용
외부 충격에 의한 성질	전성과 연성	쪼개짐, 깨짐
전기 전도성	고체 ○ 액체 ○	고체 × 액체 ○

05 ㄱ. (가)는 수산화 이온이므로 OH⁻이고, (나)는 사이안화 이온이므로 CN⁻이다. 따라서 a=b이다.

ㄴ. (가)는 비공유 전자쌍이 산소에 3개 있고, (나)는 비공유 전자쌍이 질소에 1개, 탄소에 1개로 총 2개 있으므로 (가)가 (나)보다 비공유 전자쌍이 더 많다.

구분	(가) OH^-	(나) CN^-
루이스 전자점식	$\left[\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \text{O} \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \text{H} \end{array} \right]^-$	$\left[\text{C} \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \text{N} \cdot\cdot \right]^-$
비공유 전자쌍 수	3	2
공유 전자쌍 수	1	3

오답 피하기

ㄷ. (가)가 H^+ 과 결합한 분자는 H_2O 로 굽은 형이고, (나)가 H^+ 과 결합한 분자는 HCN 로 직선형이다.

- 06** 녹는점이 가장 낮은 (가)는 +1가 양이온과 -1가 음이온이 결합한 것 중 이온 간 거리가 먼 NaBr 이고, (나)는 +1가 양이온과 -1가 음이온이 결합한 것 중 이온 간 거리가 짧은 NaF 이며, 녹는점이 가장 높은 (다)는 +2가 양이온과 -2가 음이온이 결합한 MgO 이다.

ㄱ. (가)와 (나)에는 Na^+ 이 공통으로 포함되어 있으므로 (가)와 (나)의 불꽃 반응색은 같다.

ㄴ. (나)는 (가)보다 녹는점이 높으므로 결합력이 더 강하다.
 ㄷ. MgO 은 +2가 양이온과 -2가 음이온이 결합한 것이므로 +1가 양이온과 -1가 음이온이 결합한 NaF 보다 이온 결합력이 훨씬 강하다.

- 07** NH_3 와 HCl 는 공유 결합 물질이지만, 반응 후 생성물인 NH_4Cl 은 이온 결합 물질이다.

ㄴ. NH_4Cl 은 이온 결합 물질이므로 물에 녹인 수용액 상태에서 전류가 흐른다.

ㄷ. HCl 에서 H 와 Cl 는 공유 결합을 하고, NH_4Cl 에서 NH_4^+ 과 Cl^- 은 이온 결합을 한다. 따라서 두 물질에서 $\text{H}-\text{Cl}$, NH_4-Cl 의 결합 종류는 서로 다르다.

오답 피하기

ㄱ. NH_3 는 중심 원자 N 에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형 구조이지만, NH_4^+ 은 중심 원자 N 에 공유 전자쌍 4개가 있으므로 정사면체형 구조가 된다.

문제 속 자료 NH_3 와 NH_4^+ 의 비교

구분	NH_3	NH_4^+
모형	$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^+$
구조	삼각뿔형	정사면체형
결합각	107°	109.5°
비공유 전자쌍 수	1	0

- 08** ㄴ. 루이스 구조식을 통해 CO_2 는 무극성 분자, H_2CO_3 은 극성 분자인 것을 알 수 있다. 즉, CO_2 와 H_2CO_3 의 극성은 다르다.

오답 피하기

ㄱ. CO_2 에서 탄소는 2개의 산소와 각각 2중 결합을 하므로 결합 수가 4이다. H_2CO_3 에서 탄소는 1개의 산소와 2중 결합을 하고, 다른 2개의 산소와 각각 단일 결합을 하므로 총 4개의 결합을 하고 있어 결합 수가 4이다. 따라서 탄소의 결합 수는 달라지지 않는다.

ㄷ. CO_2 는 탄소를 중심으로 산소 원자가 2개 결합하여 180° 의 결합각을 갖지만, H_2CO_3 이 되면서 탄소에 산소 원자가 3개 결합하여 결합각이 120° 정도로 작아지게 된다.

문제 속 자료 이산화 탄소(CO_2)와 탄산(H_2CO_3)의 비교

구분	CO_2	H_2CO_3
구조식	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$
분자의 극성	무극성	극성
분자 구조	직선형	평면 구조
탄소와 결합한 원자 수	2	3
결합각	180°	120°

- 09** (가)는 나트륨 원자의 원자가 전자이고, (나)는 자유 전자이다. 나트륨은 이온화 에너지가 작아서 원자가 전자가 쉽게 전자 궤도에서 떨어져 나올 수 있다. 이 전자는 나트륨 금속 내부를 자유롭게 이동하는 자유 전자가 된다.

- 10** ㄷ. 전기장에서의 분자 배열 실험을 통해 뷰테인 기체는 무극성 분자임을 알 수 있다. 무극성 분자는 분자 간의 인력이 작아서 끓는점이 낮으므로 실온에서 기체로 존재한다.

오답 피하기

ㄱ. 무극성 물질은 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는다.

ㄴ. 뷰테인은 탄소 원자 주위에 4개의 원자가 결합하고 있으므로 직선형 구조가 아니다.

- 11** ㄱ. 질소와 수소의 반응 부피비는 1 : 3으로 수소 12 L는 모두 반응하고, 질소는 5 L 중에 4 L가 반응한다. 반응 후 암모니아 8 L가 생성되고, 반응하지 못한 질소 1 L가 남게 된다.

	N_2	+	3H_2	\longrightarrow	2NH_3
반응 전	5 L		12 L		0
반응	-4 L		-12 L		+8 L
반응 후	1 L		0 L		8 L

ㄷ. 생성물인 암모니아는 극성 분자로 극성 용매인 물에 잘 녹지만, 반응하고 남은 질소는 무극성 분자로 물에 잘 녹지 않는다. 따라서 물을 넣어 주면 생성물인 암모니아와 반응물인 질소를 분리할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 반응 후 생성된 암모니아는 삼각뿔형으로 입체 구조이지만, 반응하지 않고 남은 질소는 직선형으로 평면 구조이다.

- 12** ㄱ. (가)는 극성 분자이고, (나), (다)는 전하를 띠고 있는 이온이므로 모두 극성 물질이다.

ㄴ. (가)는 굽은 형 구조, (다)는 직선형 구조로 둘 다 평면 구조이다.

오답 피하기

ㄷ. (가)는 중심 원자인 산소에 2개의 수소 원자가 결합되어 있고 2개의 비공유 전자쌍이 있으며, (나)는 중심 원자인 산소에 3개의 수소 원자가 결합되어 있고 1개의 비공유 전자쌍이 있다. 따라서 (가)와 (나)의 결합각 크기는 다르다.

- 13** ㄱ. (가)는 평면 삼각형 구조로 평면 구조이고, (나)는 정사면체형 구조로 입체 구조이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)와 (나)에서 B와 F 사이의 결합은 모두 극성 공유 결합이다.

ㄷ. (나)는 배위 결합을 통해 이온이 된 것이지 이온 결합을 한 것은 아니다.

- 14** (가)~(다)를 이루고 있는 원자의 종류와 수가 같으므로 분자식이 모두 같다.

ㄷ. 모든 분자는 비대칭 구조이므로 극성 분자이고, 쌍극자 모멘트 값이 0이 아니다.

오답 피하기

ㄱ. (가)~(다)는 분자식이 C_3H_8O 로 모두 같은 구조 이성질체이므로 분자량이 모두 같다.

ㄴ. (나)는 비대칭 구조로, 두 번째 탄소를 중심 원자로 산소 방향으로 전자가 치우쳐 쌍극자 모멘트가 존재하는 극성 분자이다.

- 15** 화합물 A_2BC_3 는 이온 결합 화합물이다. A는 1족 원소인 Li이고, B는 14족 원소인 C, C는 16족 원소인 O이다.

ㄱ. $A(Li)$ 는 금속이므로 실온에서 전기 전도성이 있는 고체이다.

ㄷ. $BC_3^{2-}(CO_3^{2-})$ 은 평면 삼각형 구조로 모든 원자가 한 평면에 존재한다.

오답 피하기

ㄴ. $BC_2(CO_2)$ 는 무극성 분자이므로 기체 상태로 전기장에서 일정한 배열을 하지 않는다.

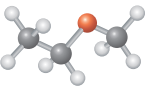
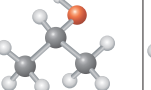
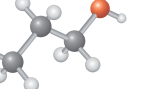
- 16** ㄱ. 금속 A와 묽은 염산이 반응하여 수소 기체가 생성되므로 반응 중에 기포가 생기는 것을 볼 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 금속 A와 염산이 반응하여 생성된 고체 (가)는 이온 결합 물질이다. 금속 A는 고체나 액체 상태에서 전류가 흐르지만, 고체 (가)는 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않고 액체 상태에서만 전류가 흐른다.

ㄷ. 고체 (가)는 이온 결합 물질이므로 외부 충격을 가하면 깨지거나 쪼개지는 성질이 나타난다.

문제 속 자료 에틸 메틸 에테르, 1-프로판올, 2-프로판올의 비교

구분	에틸 메틸 에테르	2-프로판올	1-프로판올
분자 모형			
분자식	C_3H_8O	C_3H_8O	C_3H_8O
분자량	60	60	60
구조 대칭성	비대칭	비대칭	비대칭
끓는점 (°C)	7.4	82.6	97

- 1-프로판올의 끓는점이 2-프로판올보다 높은 까닭은 분자 구조의 비대칭성이 더 크기 때문이다.
- 에틸 메틸 에테르의 끓는점이 프로판올에 비해 매우 낮은 까닭은 1-프로판올과 2-프로판올이 수소 결합을 하기 때문이다.

IV

역동적인 화학 반응

1. 동적 평형과 산 염기 반응

01 | 가역 반응과 동적 평형



탐구 대표 문제

p. 195

01 ②

01 ① NO_2 와 N_2O_4 사이의 반응은 적갈색의 NO_2 가 결합하여 무색의 N_2O_4 로 되는 반응과 N_2O_4 가 분해되어 NO_2 로 되는 반응이 모두 일어나는 가역 반응이다.

③, ④, ⑤ 동적 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 NO_2 와 N_2O_4 의 농도가 일정하게 유지되며, 따라서 색 변화도 더 이상 일어나지 않는다.

오답 피하기

② 동적 평형 상태에서도 정반응과 역반응은 계속 일어나고 있다.

기초 탄탄 문제

p. 198

01 ②

02 ③

03 ②

04 ⑤

05 ④

06 ⑤

07 ⑤

01 ② 얼음은 녹아 물이 되고, 물이 얼면 얼음이 된다. 즉, 얼음의 용해와 물의 응고는 가역 반응이다.

오답 피하기

① 염산과 마그네슘의 반응 결과 수소 기체가 발생한다. 기체가 발생하는 반응은 생성물인 기체가 날아가면 역반응이 일어나기 어려우므로 비가역 반응이다.

③ 가역 반응은 \rightleftharpoons 로 표시한다.

④ 연소는 연료가 산소와 반응하여 열과 빛을 내는 반응으로, 생성물이 기체 상태로 공기 중으로 날아가므로 역반응이 일어나기 어렵다.

⑤ 앙금이 생성되는 반응은 역반응이 일어나기 어려운 비가역 반응이다.

02 ① 포화 용액은 용질의 용해 속도와 석출 속도가 같아 겉보기에 용질이 더 이상 녹지 않는 것처럼 보이는 상태로, 용해 평형 상태이다.

② 동적 평형 상태에서는 반응물과 생성물이 함께 존재하며, 물질의 양이 일정하므로 농도가 일정하게 유지된다.

④ 상평형은 액체의 증발 속도와 기체의 응축 속도가 같은 동적 평형 상태이다.

⑤ 동적 평형은 한 물질의 액체와 기체뿐만 아니라 고체와 기체, 고체와 액체 사이에서도 나타나는데, 이를 상평형이라고 한다.

오답 피하기

③ 동적 평형 상태에서는 정반응과 역반응이 동시에 일어난다. 단, 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 반응이 일어나지 않는 것처럼 보일 뿐이다.

03 ① 상평형, 용해 평형과 같은 동적 평형은 가역 반응에서 일어난다.

③ 용질의 용해 속도와 석출 속도가 같아 겉보기에 용질이 더 이상 녹지 않는 것처럼 보이는 상태를 용해 평형이라 하고, 이때의 용액을 포화 용액이라고 한다. 용해 평형 상태에서는 용질이 최대로 녹아 있다.

④ 온도와 압력 조건을 조절하면 고체와 액체 사이, 액체와 기체 사이, 고체와 기체 사이에서도 상평형이 가능하다.

⑤ 컵에 물을 담아 두면 물의 증발 속도가 응축 속도보다 빨라서 증발하는 물 분자 수가 더 많으므로 물이 줄어든다.

오답 피하기

② 불포화 용액은 포화 용액보다 용질이 적게 녹아 있어 용질이 더 녹을 수 있는 용액으로, 용해 속도가 석출 속도보다 빠르다.

04 ⑤ 소금이 더 이상 녹지 않고 바닥에 가라앉은 것은 소금이 물에 녹는 용해 속도와 소금이 석출되는 속도가 같아져 더 이상 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태이다.

오답 피하기

① 연소 반응은 비가역 반응이다.

②, ③ 밀폐된 용기에서는 물의 증발 속도와 응축 속도가 같을 때 동적 평형에 도달하여 물의 양이 더 이상 줄어들지 않고 일정하게 유지된다. 반면, 그릇에 담긴 물이 모두 증발하는 경우나 간장 종지의 물이 모두 증발하고 소금 결정만 남는 경우는 증발 속도가 응축 속도보다 커서 평형에 도달하지 못한 상태이다.

④ 건전지가 모두 방전되어 시계가 멈췄으므로 더 이상 정반응과 역반응이 일어나지 않는다.

05 ①, ②, ③ 수면의 높이가 더 이상 변하지 않으므로 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같은 동적 평형 상태에 도달한 것이다. 즉, 동적 평형 상태에서는 증발하는 입자 수와 응축하는 입자 수가 같으므로 수면의 높이와 용기 안 기체 입자 수는 일정하게 유지된다.

⑤ 물질의 세 가지 상태 중 두 가지 이상의 상태가 동적 평형을 유지하는 것을 상평형이라고 한다.

오답 피하기

④ 동적 평형 상태에서도 물의 증발과 수증기의 응축이 계속 일어나고 있다.

- 06 ① 순수한 물은 매우 적은 양의 물 분자끼리 수소 이온을 주고 받아 하이드로늄 이온과 수산화 이온으로 이온화하여 동적 평형을 이룬다.
 ② 순수한 물은 H_3O^+ 과 OH^- 이외에 어떤 이온도 들어 있지 않으며, 전체적으로 전기적인 중성을 띠므로 H_3O^+ 과 OH^- 의 물 농도는 같다.
 ③, ④ 25°C 에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]=1.0 \times 10^{-14}$ 로 일정하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 로 같고, pH와 pOH는 7로 같다.

오답 피하기

- ⑤ 순수한 물에 산을 가하면 H_3O^+ 의 농도가 증가한다.

- 07 ⑤ pH는 H_3O^+ 의 물 농도의 역수에 상용로그를 취한 값으로, pH가 1씩 작아질수록 수용액 속의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 10배씩 커진다.

오답 피하기

- ① 25°C 에서 순수한 물의 pH는 7이다.
 ② $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 H_3O^+ 의 농도가 클수록 pH는 작아진다.
 ③ pH는 수용액 속 H_3O^+ 의 농도를 간단히 나타낸 값이고, 수용액 속 OH^- 의 농도를 간단히 나타낸 값은 pOH이다.
 ④ pH가 9인 용액은 염기성 용액으로 OH^- 의 수가 H_3O^+ 의 수보다 많다.

내신 만점 문제

p. 199~201

- 01 ② 02 ④ 03 ④ 04 ③ 05 ④ 06 ③
 07 ⑤ 08 ① 09 ③ 10 ② 11 ②

12~13 해설 참조



- 01 나. (나)에서 설탕이 더 이상 녹지 않고 바닥에 가라앉은 것은 설탕이 물에 녹는 용해 속도와 설탕이 석출되는 속도가 같아져 더 이상 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 동적 평형 상태에 도달했기 때문이다.

오답 피하기

- ㄱ. 연소는 비가역 반응이다.
 ㄴ. (나)는 용해 평형 상태로 온도가 변하지 않는 한 용해 속도는 일정하다.

- 02 ㄱ, ㄴ. 실온(25°C)에서는 얼음이 녹아 물이 되는 속도(용해 속도)가 물이 얼음이 되는 속도(응고 속도)보다 빠르므로 시간이 지날수록 얼음의 질량은 점점 감소하고 물의 질량은 점점 증가한다.

오답 피하기

- ㄴ. 실온(25°C)에서는 용해 속도가 응고 속도보다 빠르므로 상평형에 도달할 수 없다.

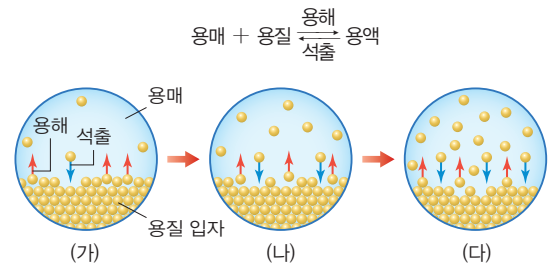
- 03 나. 용질 입자가 녹아 들어감에 따라 용질의 석출 속도는 빨라지므로 (다)>(나)>(가) 순이다.

ㄴ. (다)는 용해 속도와 석출 속도가 같아 더 이상 용질이 녹아 들어가지 않는 것처럼 보이는 순간인 동적 평형 상태이다. 동적 평형 상태에서는 용액의 농도가 더 이상 변하지 않고 일정하게 유지된다.

오답 피하기

- ㄱ. 온도가 일정하면 용질의 용해 속도는 일정하다.

문제 속 자료 용질의 용해와 석출



- 용해 속도: 온도의 영향 받음 \Rightarrow (가)=(나)=(다)
- 석출 속도: 용매에 녹아 들어가는 용질의 양이 많아질수록 빨라짐 \Rightarrow (가)<(나)<(다)
- (다): 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달

(가)	(나)	(다)
용해 속도 > 석출 속도	용해 속도 = 석출 속도	용해 속도 = 석출 속도
불포화 용액	불포화 용액	포화 용액 \Rightarrow 동적 평형

- 04 ㄱ. 증발 속도는 온도의 영향을 받는다. 즉, 일정한 온도에서 증발 속도는 일정하므로 (가)가 증발 속도이고 (나)가 응축 속도이다.

ㄴ. 시간이 지날수록 증발이 일어나 수증기의 양이 증가하므로 응축 속도도 점점 증가한다. t_2 에서는 증발 속도와 응축 속도가 같아지므로 동적 평형에 도달하며, 이때부터는 수증기의 분자 수가 일정하게 유지된다.

오답 피하기

- ㄴ. 동적 평형이 이루어지기 전까지는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르므로 t_1 보다 t_2 에서 물의 양이 더 적다.

- 05 나, ㄴ. Br_2 의 상변화는 가역적으로 일어난다. 즉, 밀폐 용기에 기체 상태의 $\text{Br}_2(g)$ 을 넣어 두면 충분한 시간이 지나 동적 평형에 도달한다. 마찬가지로 밀폐 용기에 액체 상태의 $\text{Br}_2(l)$ 을 넣어 두면 가역 반응이 일어나 용기 속에는 $\text{Br}_2(l)$ 과 $\text{Br}_2(g)$ 이 함께 존재한다.

오답 피하기

- ㄱ. (가)는 중화 반응으로 비가역 반응이므로 역반응이 일어나기 어렵다.

- 06 ㄱ. 순수한 물이라도 극히 일부분이 H_3O^+ 과 OH^- 으로 자동 이온화하여 평형을 이루고 있는데, 이 반응은 가역 반응이다.
 ㄴ. 물은 자동 이온화하여 H_3O^+ 과 OH^- 을 1 : 1로 내놓으므로 순수한 물의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 같다. 이때 25 °C에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 25 °C의 순수한 물에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다.

오답 피하기

ㄷ. 물의 이온화 상수가 매우 작은 것으로 보아 물은 매우 일부분만 이온화함을 알 수 있다. 따라서 생성물의 양(mol)이 반응물의 양(mol)보다 매우 적다.

- 07 ㄱ, ㄷ. 파란색 황산 구리(II) 오수화물($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)을 가열하면 물이 떨어져 나가면서 흰색 황산 구리(II)(CuSO_4)가 되고, 흰색 황산 구리(II)(CuSO_4) 결정에 물을 가하면 다시 파란색 황산 구리(II) 오수화물($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)로 변한다. 이와 같이 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 의 분해와 생성은 가역 반응이다.
 ㄴ. (나)의 파란색 결정은 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 이므로 이것을 가열하면 다시 흰색 CuSO_4 가 된다.

- 08 ㄱ. 25 °C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 로 일정하므로 pH가 작을수록 pOH는 크다. 따라서 주어진 물질 중 pH가 가장 작은 토마토의 pOH가 가장 크다.

오답 피하기

ㄴ. pH가 작을수록 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 크며, pH 1 차이는 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 10배 차이가 난다. 우유의 pH는 토마토보다 2 크므로 우유의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 토마토의 $\frac{1}{100}$ 배이다.
 ㄷ. pH가 작을수록 산성이 강하고, pH가 클수록 염기성이 강하다. 하수구 세정제는 pH가 가장 크므로 염기성이 가장 강한 물질이다.

- 09 (가) 0.0001 M 식초 속 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\text{pH} = -\log(1.0 \times 10^{-4}) = 4$ 이다.
 (나) 0.01 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 속 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\text{pH} = -\log(1.0 \times 10^{-12}) = 12$ 이다.
 (다) 25 °C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이므로 $\text{pH} = 11$ 이다.

- 10 25 °C 수용액에서 pH가 7보다 작으면 산성, pH가 7보다 크면 염기성을 띠며, pH가 작을수록 산성이 강하고, pH가 클수록 염기성이 강하다.
 ㄴ. 25 °C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이므로 pOH 3인 수용액의 pH는 11이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다.

오답 피하기

ㄱ. $\text{pH} > 7$ 이면 염기성이고, pH가 14에 가까울수록 강한 염기성을 띤다. 따라서 pH 8인 수용액은 약한 염기성을 띤다.
 ㄷ. pH 2인 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 pH 4인 수용액의 10^2 배, 즉 100배이다.

문제 속 자료 수용액의 액성과 pH, pOH의 관계(25 °C)

액성	$[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$	pH와 pOH
산성	$[\text{H}_3\text{O}^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ M} > [\text{OH}^-]$	$\text{pH} < 7, \text{pOH} > 7$
중성	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M} = [\text{OH}^-]$	$\text{pH} = 7, \text{pOH} = 7$
염기성	$[\text{H}_3\text{O}^+] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ M} < [\text{OH}^-]$	$\text{pH} > 7, \text{pOH} < 7$

- 11 ㄱ. 25 °C 수용액에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이므로 pOH가 10인 A의 pH는 4이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다.
 ㄴ. D에서 $\text{pH} < \text{pOH}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ 이다.

문제 속 자료 수용액 A~D의 pH 및 pOH의 관계(25 °C)

25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$, $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

수용액	A	B	C	D
$[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})$	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-2}
$[\text{OH}^-](\text{M})$	1.0×10^{-10}	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-12}
pH	4	8	6	2
pOH	10	6	8	12

오답 피하기

ㄴ. B는 $[\text{OH}^-] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 염기성 용액, C는 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이므로 산성 용액이다.
 ㄷ. $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 C에서 $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-8} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\text{pOH} = -\log(1.0 \times 10^{-8}) = 8$ 이다.

- 12 [모범 답안] (1) (가)=(나)=(다), 온도가 일정하므로 증발 속도는 모두 같다.
 (2) (가)<(나)<(다), 물 분자가 증발함에 따라 수증기 분자가 증가하므로 (가)에서 (다)로 갈수록 수증기 분자의 응축 속도는 커진다.
 (3) (다), 동적 평형 상태에서는 증발 속도와 응축 속도가 같기 때문이다.

해설 증발 속도는 온도의 영향을 받는데, 온도가 일정하므로 증발 속도는 모두 같다. 물 분자가 증발함에 따라 수증기 분자가 증가하므로 (가)에서 (다)로 갈수록 수증기 분자의 응축 속도는 커진다. (다)에서 수면의 높이가 일정해졌으므로 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달하였다.

채점 기준		배점
(1)	(가)~(다)의 증발 속도가 모두 같다고 쓰고, 온도가 일정하기 때문이라고 서술한 경우	35 %
	(가)~(다)의 증발 속도가 모두 같다고 썼으나, 그 까닭을 온도와 관련하여 서술하지 않은 경우	15 %
(2)	(가)~(다)의 증발 속도를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	35 %
	(가)~(다)의 증발 속도를 옳게 비교하였으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 않은 경우	15 %
(3)	(다)를 고르고, 그렇게 생각한 까닭을 옳게 서술한 경우	30 %
	(다)를 골랐으나, 그렇게 생각한 까닭을 옳게 서술하지 않은 경우	10 %

- 13 [모범 답안]** 기체 상태의 아이오딘이 두 용기 사이를 이동하여 $^{127}\text{I}_2$ 과 $^{131}\text{I}_2$ 이 섞이게 되고, 각 용기에서 동적 평형을 이루므로 $^{131}\text{I}_2$ 이 두 용기의 기체와 고체에서 모두 발견된다.

해설 아이오딘(I_2)은 승화성 고체로 밀폐된 용기에서 고체와 기체 사이에 상평형을 이룬다. 꼭지를 열고 시간이 흐르면 기체 상태의 아이오딘이 두 용기 사이를 이동하여 $^{127}\text{I}_2$ 과 $^{131}\text{I}_2$ 이 섞이게 되고, 각 용기에서 동적 평형을 이룬다.

채점 기준		배점
기체의 혼합 과정과 동적 평형에 관한 언급과 함께 두 용기의 기체와 고체에서 모두 발견된다고 서술한 경우		100 %
기체의 혼합 과정과 동적 평형에 관한 언급 없이 두 용기의 기체와 고체에서 모두 발견된다고만 서술한 경우		40 %

02 | 산 염기와 중화 반응



탐구 대표 문제

p. 205

01 ④

- 01** ① 산과 염기는 수용액에서 이온화하여 각각 H^+ 과 OH^- 을 내놓으므로 모두 전기 전도성이 있다.
 ② 산성인 레몬즙은 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킨다.
 ③ 염기성 물질은 금속 마그네슘과 반응하지 않는다.
 ⑤ 레몬즙은 산성 물질이므로 금속 마그네슘을 넣으면 수소 기체를 발생한다.

오답 피하기

- ④ 베이킹 소다 수용액은 염기성 용액으로 메틸 오렌지 용액을 떨어뜨리면 노란색을 띤다.



탐구 대표 문제

p. 210

01 0.5 M

- 01** 산과 염기가 남김없이 완전히 중화하려면 산이 내놓은 H^+ 의 양(mol)과 염기가 내놓은 OH^- 의 양(mol)이 같아야 하므로 다음 식이 성립한다.

$$1 \times x \times 10 \text{ mL} = 1 \times 0.2 \text{ M} \times 25 \text{ mL}$$

따라서 식초 속 아세트산의 몰 농도(x)는 0.5 M이다.



기초 탄탄 문제

p. 212

01 ④ 02 ① 03 ③ 04 ① 05 ④ 06 ④

- 01** ①, ② 산은 물에 녹아 H^+ 과 음이온으로 이온화하므로 수용액에서 전류가 통한다.

③, ⑤ 산은 금속 Mg와 반응하여 수소 기체를 발생하며, 탄산 칼슘이 주성분인 달걀 껍데기와 반응하여 이산화 탄소 기체를 발생한다.

오답 피하기

- ④ 단백질을 녹이는 성질은 염기의 공통적인 성질이다.

- 02** 아레니우스 산은 물에 녹아 H^+ 을 내놓는 물질이고, 아레니우스 염기는 물에 녹아 OH^- 을 내놓는 물질이다.

① KOH는 물에 녹아 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.

오답 피하기

② HI는 아레니우스 산(또는 브뢴스테드·로리 산)으로 작용한다.

③ HCl는 아레니우스 산(또는 브뢴스테드·로리 산)으로 작용한다.

④ H_2O 는 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.

⑤ 염화 나트륨과 질산 은이 반응하여 흰색의 염화 은 앙금을 생성하는 반응은 산, 염기가 관여하는 반응이 아니다.

- 03** ① 중화 반응이란 산과 염기가 반응하여 물과 염이 생성되는 반응이다.

② 염은 이온 결합 화합물로, 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합하여 생성되는 물질이다.

④ 중화점의 용액은 중성이므로 BTB 용액은 초록색을 띤다.

⑤ 생선 비린내 성분은 염기성이므로 산성인 레몬즙을 뿌리는 것은 중화 반응을 이용한 예이다.

오답 피하기

③ 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 산과 염기의 종류에 관계없이 $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 로 같다.

- 04** (가)는 HF, (나)는 CH_3OH , (다)는 NH_3 이다.

(가)는 H^+ 를 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

오답 피하기

(나), (다)는 H^+ 를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

- 05 ① (+)극으로 이동하는 이온은 NO_3^- 과 Cl^- 으로 두 종류이다.
 ②, ③ 묽은 염산은 이온화하여 H^+ 을 내놓아 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시킨다. H^+ 은 (-)극으로 이동하므로 붉은색은 (-)극 쪽으로 이동한다.
 ⑤ 식초 속 아세트산(CH_3COOH)은 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 식초를 사용해도 실험 결과는 같다.

오답 피하기

④ K^+ 과 NO_3^- 은 리트머스 종이의 색을 변화시키지는 않고, K^+ 은 (-)극으로, NO_3^- 은 (+)극으로 이동하며 전류를 통하게 한다.

- 06 황산은 2가 산이므로 단위 부피당 들어 있는 H^+ 수는 수산화나트륨 수용액 속 OH^- 수의 2배이다. 따라서 농도가 같은 황산과 수산화나트륨 수용액은 1 : 2의 부피비일 때 완전히 반응한다.

④ (라)에서 가장 많은 양의 물이 생성된다.

오답 피하기

- ① (가), (나), (다) 용액은 산성, (라) 용액은 중성, (마) 용액은 염기성을 띤다.
 ② (나) 용액은 산성이므로 H^+ 이 남아 있다.
 ③ 용액의 액성이 중성인 시험관은 황산 : 수산화나트륨 수용액 = 1 : 2의 부피비로 반응한 (라)이다.
 ⑤ (마) 용액은 염기성을 띠므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 나타낸다.

문제 속 자료 각 용액 속에 존재하는 이온 수

수산화나트륨(NaOH) 수용액 20 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수를 각각 N이라고 하면, 같은 농도의 묽은 황산(H_2SO_4) 20 mL에 들어 있는 H^+ 수는 2N, SO_4^{2-} 수는 N이다.

시험관		(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
혼합 전	H ₂ SO ₄ (aq)(mL)	100	80	60	40	20
	H ⁺ /SO ₄ ²⁻ 수	10N/ 5N	8N/ 4N	6N/ 3N	4N/ 2N	2N/ N
	NaOH(aq)(mL)	20	40	60	80	100
	Na ⁺ /OH ⁻ 수	N/N	2N/ 2N	3N/ 3N	4N/ 4N	5N/ 5N
혼합 후	H ⁺ /SO ₄ ²⁻ 수	9N/ 5N	6N/ 4N	3N/ 3N	0/2N	0/N
	Na ⁺ /OH ⁻ 수	N/0	2N/0	3N/0	4N/0	5N/ 3N
	생성된 H ₂ O 분자 수	N	2N	3N	4N	2N
	액성	산성	산성	산성	중성	염기성

내신 만점 문제

p. 213~215

- 01 ④ 02 ③ 03 ② 04 ② 05 ⑤ 06 ④
 07 ⑤ 08 ① 09 ③ 10 ③ 11~13 해설 참조



- 01 H^+ 를 주는 물질은 브뢴스테드·로리 산, H^+ 를 받는 물질은 브뢴스테드·로리 염기이다.

ㄴ과 ㄷ에서 H_2O 는 양성자(H^+)를 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다.

오답 피하기

ㄱ에서 H_2O 는 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

- 02 ㄱ. X는 HCl이고, HCl은 수용액에서 H^+ 을 내놓으므로 아레니우스 산이다.

ㄷ. (다)에서 H_2O 는 H^+ 를 받아 H_3O^+ 이 되므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)에서 NH_3 는 H^+ 를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

- 03 ㄷ. 물(H_2O)은 (가)에서 H^+ 를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용하고, (나)에서 H^+ 를 주므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다. 따라서 물은 산으로도 작용할 수 있고, 염기로도 작용할 수 있는 양쪽성 물질이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 수용액은 산성 용액으로 pH는 7보다 작다.

ㄴ. (나)에서 암모니아는 H^+ 를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

- 04 ㄴ. 같은 부피의 수용액에 들어 있는 $HA(aq)$ 과 $BOH(aq)$ 의 이온 수비가 3 : 2이다. 따라서 완전 중화하려면 $HA(aq)$ 과 $BOH(aq)$ 을 2 : 3의 부피비로 혼합해야 한다.

오답 피하기

ㄱ. (나)에서 BOH는 수용액에서 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.

ㄷ. (가)와 (나)의 혼합 용액은 산성을 띠므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 색 변화가 없다.

- 05 ㄱ. BTB 용액은 산성에서 노란색, 중성에서 초록색, 염기성에서 파란색을 나타낸다. 따라서 (가) 용액은 염기성을 나타낸다.
 ㄴ, ㄷ. (가)의 암모니아수는 염기성을 띤다. 날숨 속에는 이산화탄소가 들어 있고, 이산화탄소는 물에 녹으면 탄산이 되므로 산성을 띤다. 따라서 (나)에서 날숨 속 산성 기체인 이산화탄소와 염기성 물질인 암모니아가 중화 반응을 한다.

- 06 ㄱ. 혼합 용액 속에 남아 있는 Cl^- 의 수를 N 으로 놓으면, Na^+ 의 수는 $3N$, OH^- 의 수는 $2N$ 이다. 이를 통해 0.1 M HCl(aq) 10 mL 속에는 H^+ 과 Cl^- 이 각각 N 개씩 있었고, $x \text{ M NaOH}$ 수용액 15 mL 속에는 Na^+ 과 OH^- 이 각각 $3N$ 개씩 있었음을 알 수 있다. 따라서 $3 \times 0.1 \text{ M} \times 10 \text{ mL} = x \text{ M} \times 15 \text{ mL}$, $x=0.2$ 이다.
- ㄴ. 혼합 용액 속에 남아 있는 OH^- 수는 $2N$ 이므로 0.1 M HCl(aq) 20 mL 를 넣으면 완전히 중화된다.

오답 피하기

ㄴ. H^+ 과 OH^- 은 알짜 이온, \triangle (Cl^-)와 \bullet (Na^+)는 구경꾼 이온이다.

문제 속 자료 혼합 전과 후 수용액 속의 이온 수

이온	이온 수	
	혼합 전	혼합 후
H^+	N	0
$\text{Cl}^- (\triangle)$	N	N
$\text{Na}^+ (\bullet)$	$3N$	$3N$
$\text{OH}^- (\square)$	$3N$	$2N$

- HCl(aq) 의 양(mol) $\times 3 = \text{NaOH(aq)}$ 의 양(mol)이므로 $1 \times 0.1 \text{ M} \times 10 \text{ mL} \times 3 = 1 \times x \times 15 \text{ mL}$, $x=0.2$ 따라서 NaOH(aq) 의 몰 농도는 0.2 M 이다.
- 혼합한 산의 $\text{H}^+ = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 0.01 \text{ L} = 0.001 \text{ mol}$
혼합한 염기의 $\text{OH}^- = 1 \times 0.2 \text{ M} \times 0.015 \text{ L} = 0.003 \text{ mol}$
따라서 0.1 M HCl(aq) 20 mL 를 더 넣으면 완전히 중화된다.

- 07 ㄱ. 농도를 모르는 용액을 삼각 플라스크에 넣고 지시약을 넣은 후, 농도를 아는 표준 용액을 뷰렛에 넣는다. 뷰렛의 꼭지를 열어 용액을 삼각 플라스크에 떨어뜨리면서 색 변화를 관찰하여 변한 색이 사라지지 않는 순간 뷰렛의 꼭지를 잠근다. 따라서 실험 과정의 순서는 (나) — (가) — (다)이다.
- ㄴ. 중화점에서 산이 내놓은 H^+ 의 양(mol)과 염기가 내놓은 OH^- 의 양(mol)이 같아야 한다. 따라서 $1 \times x \times 10 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 25 \text{ mL}$ 에서 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 의 몰 농도(x)는 0.25 M 이다.
- ㄴ. 중화점보다 더 많은 양의 NaOH 수용액을 가했다면 실제 완전 중화되는 H^+ 의 양이 많게 측정되므로 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 의 농도는 실제보다 크게 나타날 것이다.

- 08 ㄱ. (다)에 가장 적게 존재하는 \star 은 HA 수용액 속 이온 중 중화 반응에 참여한 이온이므로 H^+ 이다.

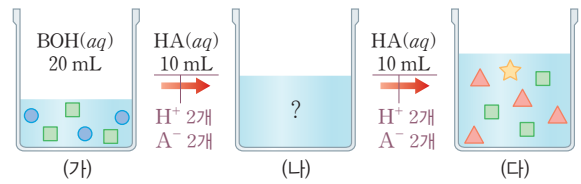
오답 피하기

ㄴ. \triangle 는 HA 수용액 속 이온 중 중화 반응에 참여하지 않은 구경꾼 이온이므로 A^- 이다. A^- 은 (나)에는 HA 수용액 10 mL 에 해당하는 양만큼, (다)에는 HA 수용액 20 mL 에 해당하는 양만큼 존재하므로 (나) : (다)에서 $1 : 2$ 의 개수비로

존재한다.

ㄴ. (다)에는 H^+ 이 존재하므로 (다) 수용액의 액성은 산성이다.

문제 속 자료 중화 반응 진행에 따른 이온 수 변화



- (다)에 존재하지 않음 \Rightarrow 알짜 이온인 OH^-
- (가)와 (다)에서 개수가 같음 \Rightarrow 구경꾼 이온인 B^+
- \star (다)에 조금 존재 \Rightarrow 알짜 이온인 H^+
- \triangle (다)에 가장 많이 존재 \Rightarrow 구경꾼 이온인 A^-

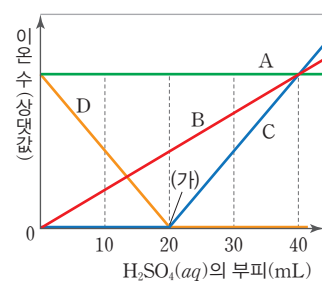
혼합 용액	(가)	(나)	(다)	이온 모형
H^+	0	0	1	\star
A^-	0	2	4	\triangle
B^+	3	3	3	\square
OH^-	3	1	0	\bullet

- 09 ㄱ. 중화점까지 소모된 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 의 부피가 20 mL 이므로 $1 \times 0.2 \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 2 \times x \times 20 \text{ mL}$, H_2SO_4 의 몰 농도(x) $= 0.1 \text{ M}$ 이다.
- ㄴ. A 는 K^+ , B 는 SO_4^{2-} , C 는 H^+ , D 는 OH^- 이다. 따라서 A 와 B 는 구경꾼 이온, C 와 D 는 알짜 이온이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)는 중화점이므로 0.2 M KOH(aq) 20 mL 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)만큼 물이 생성된다. 즉, 생성된 물의 양(mol)은 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.02 \text{ L} = 0.004 \text{ mol} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.

문제 속 자료 중화 반응에서의 이온 수 변화



용액	이온 수 변화	
KOH(aq) (일정한 부피의 용액)	K^+	처음의 양 그대로 일정하게 유지 $\Rightarrow \text{A}$
	OH^-	점점 감소하다가 중화점부터 존재하지 않음 $\Rightarrow \text{D}$
$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ (조금씩 가해 주는 용액)	H^+	중화점까지는 존재하지 않다가 중화점 이후부터 증가 $\Rightarrow \text{C}$
	SO_4^{2-}	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 를 넣을수록 점점 증가 $\Rightarrow \text{B}$

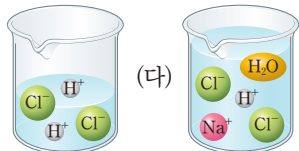
10 ㄱ. Na^+ 과 Cl^- 은 구경꾼 이온으로 처음과 변함없이 혼합 용액에도 각각 Na^+ 0.01몰, Cl^- 0.005몰 존재하고, OH^- 은 중화 반응하고 남은 양인 0.005몰이 존재한다. 따라서 혼합 용액 속 이온 수는 $\text{Na}^+ > \text{Cl}^- = \text{OH}^-$ 이다.

ㄴ. 0.1 M HCl(aq) 50 mL에는 H^+ 이 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$ 존재한다. 또 0.2 M NaOH(aq) 50 mL에는 OH^- 이 $0.2 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 존재한다. 두 수용액을 혼합하면 OH^- 이 $0.01 \text{ mol} - 0.005 \text{ mol} = 0.005 \text{ mol}$ 남으므로 혼합 용액은 염기성을 띤다. 따라서 혼합 용액에 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 띤다.

오답 피하기

ㄷ. 혼합 용액에 반응하지 않고 남은 OH^- 의 양(mol)은 0.005 mol이므로 완전 중화하려면 0.005 mol의 HCl 이 더 필요하다.

11 [모범 답안] (1) (나)



(2) 산성, 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 속의 OH^- 의 양 $= 1 \times 0.1 \text{ mol/L} \times 0.01 \text{ L} = 0.001 \text{ mol}$ 이고, 묽은 염산(HCl) 속 H^+ 의 양 $= 1 \times 0.2 \text{ mol/L} \times 0.01 \text{ L} = 0.002 \text{ mol}$ 이므로 혼합 용액은 산성이다.

해설 (1) 같은 부피의 수용액의 농도가 2배 진할 경우 이온 수는 2배로 증가한다. (가)에 Na^+ 과 OH^- 이 각각 1개씩 존재하므로 (나)에는 H^+ 과 Cl^- 을 각각 2개씩 그린다. 또 H^+ 과 OH^- 이 1 : 1로 반응하므로 (다)에서 OH^- 과 H^+ 은 각각 1개씩 반응하여 소모되고 나머지는 그대로 존재한다.

(2) (다)에는 반응하지 않고 남아 있는 H^+ 이 있으므로 산성을 나타낸다.

채점 기준		배점
(1)	(나)와 (다)의 이온 모형을 모두 옳게 표현한 경우	50 %
	(나)와 (다)의 이온 모형 중 한 가지만 옳게 표현한 경우	25 %
(2)	혼합 용액의 액성과 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
	혼합 용액의 액성이 산성이라고만 쓴 경우	20 %

12 [모범 답안] (1) $1 \times x \times 10 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL}$, $x = 0.5 \text{ M}$

(2) $0.5 \text{ mol/L} \times 0.01 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$

해설 (1) 식초 10 mL를 적정하는 데 사용한 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 부피가 50 mL이므로 식초 속 아세트산의 몰 농도를 x 라 하면 중화 반응의 양적 관계에 의해 $1 \times x \times 10 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL}$, $x = 0.5 \text{ M}$ 이다.

(2) 식초 10 mL에 들어 있는 아세트산의 양(mol)은 $0.5 \text{ mol/L} \times 0.01 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$ 이다.

채점 기준		배점
(1)	식과 답을 모두 옳게 쓴 경우	50 %
	식은 쓰지 않고 답만 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	식과 답을 모두 옳게 쓴 경우	50 %
	식은 쓰지 않고 답만 옳게 쓴 경우	20 %

13 [모범 답안] $\text{pH} = 1$, $\text{pOH} = 13$, 0.3 M HCl(aq) 50 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $1 \times 0.3 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.015 \text{ mol}$ 이고, 0.1 M NaOH(aq) 50 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 0.1 \text{ mol/L} \times 0.05 \text{ L} = 0.005 \text{ mol}$ 이다. 따라서 혼합 용액에는 H^+ 0.01 mol이 남아 있고 부피가 100 mL이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이며, $\text{pH} = 1$, $\text{pOH} = 14 - 1 = 13$ 이다.

채점 기준		배점
pH , pOH 의 값과 구하는 과정을 옳게 서술한 경우		100 %
pH , pOH 의 값만 옳게 구하고, 구하는 과정을 서술하지 않은 경우		40 %

2. 산화 환원 반응과 화학 반응에서 열의 출입

01 | 산화 환원과 산화수



탐구 대표 문제

p. 222

01 ⑤

01 ① 과정 ①에서 Zn 이 Zn^{2+} 으로 되므로 아연의 산화수는 0에서 +2로 증가한다.

② 과정 ①에서 CuSO_4 는 환원되므로 산화제로 작용한다.

③ 과정 ②에서 Ag^+ 은 전자를 얻어 Ag 으로 환원된다.

④ 과정 ①과 ②에서 음이온은 반응에 참여하지 않는다.

오답 피하기

⑤ 과정 ①에서는 양이온 수가 변하지 않지만, 과정 ②에서는 2개의 Ag^+ 이 Ag 으로 환원될 때 1개의 Cu 가 Cu^{2+} 으로 산화되므로 수용액의 양이온 수가 감소한다.



기초 탄탄 문제

p. 224

01 ⑤

02 ①

03 ③

04 ⑤

05 ⑤

06 ③

07 ④

- 01 ① 전자의 이동으로 산화 환원이 일어나며, 전자를 잃으면 산화, 전자를 얻으면 환원된 것이다.
 ② 산화수가 증가하면 산화, 산화수가 감소하면 환원된 것이다.
 ③ 전자를 얻는 물질이 있으면 전자를 잃는 물질이 있으므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.
 ④ 자신이 산화되는 물질은 다른 물질을 환원시키므로 환원제이다.

오답 피하기

- ⑤ 전기 음성도가 큰 원소일수록 전자를 얻어 환원되기 쉽다.

- 02 ① Mg이 전자를 잃고 산화되고, H^+ 이 전자를 얻어 환원된다.
 $Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow H_2(g) + MgCl_2(aq)$

오답 피하기

- ② Cl^- 은 산화되지도 환원되지도 않는다.
 ③, ④, ⑤ Mg 1개가 산화될 때 H^+ 2개가 전자를 얻어 수소 기체(H_2)로 환원된다.

- 03 ① 원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이다.
 ② 단원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같다.
 ④ 화합물은 전기적으로 중성이므로 화합물을 이루는 각 원자의 산화수 총합은 0이다.
 ⑤ 같은 원자라도 결합하는 원자의 종류에 따라 산화수가 달라질 수 있다. 예로, 산소의 경우 대부분 -2이지만, 전기 음성도가 산소보다 큰 플루오린과 화합물을 이룬 OF_2 의 경우 +2가 된다.

오답 피하기

- ③ 화합물에서 수소 원자의 산화수는 대부분 +1이지만, 금속 수소화물의 경우 수소의 산화수는 -1이다.

- 04 ①에서 N는 -3, ②에서 O는 +2, ③에서 H는 -1, ④에서 Cl는 +1, ⑤에서 S은 +6이다. 따라서 산화수가 가장 큰 경우는 ⑤ SO_4^{2-} 이다.

- 05 물질이 전자를 잃는 반응이 산화, 물질이 전자를 얻는 반응이 환원이다. 즉, 전자의 이동에 의한 산화수의 변화가 있어야 산화 환원 반응이다.

- ⑤ 중화 반응은 원자들의 산화수가 변하지 않으므로 산화 환원 반응이 아니다.

- 06 ① CH_4 에서 C의 산화수가 -4에서 +4로 증가하므로 CH_4 은 산화된다.
 ②, ④ O의 산화수는 0에서 -2로 감소하므로 O_2 는 환원된다. O_2 는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키므로 산화제이다.

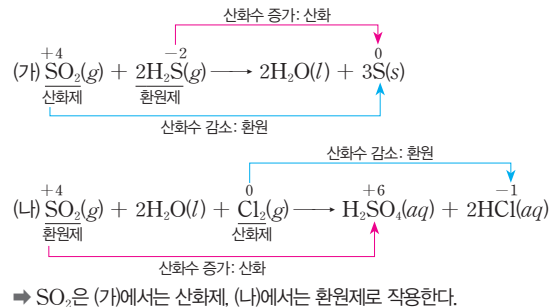
- ⑤ H_2O 에서 각 원자의 산화수 총합은 $(+1) \times 2 + (-2) = 0$ 이다.

오답 피하기

- ③ H의 산화수는 반응 전과 후에 +1로 일정하다.

- 07 (가)에서 SO_2 이 S으로 환원(S의 산화수: +4 → 0)되었고, (나)에서는 Cl_2 가 HCl 으로 환원(Cl의 산화수: 0 → -1)되었으므로 산화제는 (가)에서 SO_2 , (나)에서 Cl_2 이다.

문제 속 자료 산화수 변화에 따른 산화 환원과 산화제, 환원제



내신 만점 문제

p. 225~227

- 01 ③ 02 ① 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ③
 07 ④ 08 ③ 09 ③ 10 ① 11 ⑤

12~14 해설 참조



- 01 ①, ④ 마그네슘은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 산소는 전자를 얻어 환원되어 음이온이 된다.
 ② 산소는 산화수가 0에서 -2로 감소하므로 환원된다.
 ⑤ 산화 마그네슘은 이온 결합 물질이다.

오답 피하기

- ③ 산소는 자신은 환원되면서 마그네슘을 산화시키는 산화제로 작용한다.

- 02 ㄱ. (가)에서 C의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 환원제로 작용한다.

오답 피하기

- ㄴ. (나)에서 Fe의 산화수는 +3에서 0으로 감소한다.
 ㄷ. (다)와 (라)는 산화수의 변화가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

- 03 ㄴ. MnO_2 , Mn_2O_3 , $KMnO_4$ 에서 O의 산화수는 -2로 모두 같다.

오답 피하기

- ㄱ. $KMnO_4$ 에서 Mn의 산화수를 x 라 하면 $(+1) + x + (-2) \times 4 = 0$ 이므로 $x = +7$ 이다.
 ㄷ. 각 화합물에서 Mn의 산화수는 $\underline{MnO_2}$: +4, $\underline{MnCl_2}$: +2, $\underline{Mn_2O_3}$: +3, $\underline{KMnO_4}$: +7이므로 Mn의 산화수가 가장 작은 화합물은 $MnCl_2$ 이다.

- 04 Zn이 전자를 잃고 Zn^{2+} 으로 산화되고, Cu^{2+} 이 전자를 얻어 Cu로 석출된다.



- ㄱ. Zn의 산화수는 0에서 +2로 증가한다.
 ㄷ. 파란색의 Cu^{2+} 이 붉은색의 Cu로 석출되므로 수용액의 푸른색은 점점 없어진다.

오답 피하기

- ㄴ. SO_4^{2-} 은 구경꾼 이온으로 반응에 참여하지 않으므로 그 수가 변하지 않는다.

- 05 ㄱ. C가 완전 연소하면 CO_2 가 생성되고, H가 완전 연소하면 H_2O 이 생성된다. 따라서 ㉠과 ㉡은 CO_2 로 같다.

- ㄴ. (가)에서 O의 산화수는 0에서 -2로 감소하므로 O_2 자신은 환원되면서 C를 산화시키는 산화제이다.

오답 피하기

- ㄷ. (나)의 CH_4 에서 C의 전기 음성도가 H보다 크므로 C의 산화수는 -4이다.

- 06 ㄱ. (가)는 Cu가 산소와 결합하는 반응, (나)는 CuO가 산소를 잃는 반응으로 모두 산소가 관여하는 산화 환원 반응이다.

- ㄷ. (나)에서 ㉠은 CuO로부터 산소를 얻어 산화되고, CuO는 산소를 잃고 Cu로 환원되므로 ㉠은 구리보다 산화되기 쉬운 물질이다.

오답 피하기

- ㄴ. (가) 과정에서 Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가한다.

- 07 ㄴ, ㄷ. 전기 음성도 크기가 $\text{O} > \text{C} > \text{H}$ 이므로 산화수는 각각 (가) C: -1, (나) C: 0, (다) C: +1, (라) O: -2이다. 따라서 (라)의 산화수가 가장 작다.

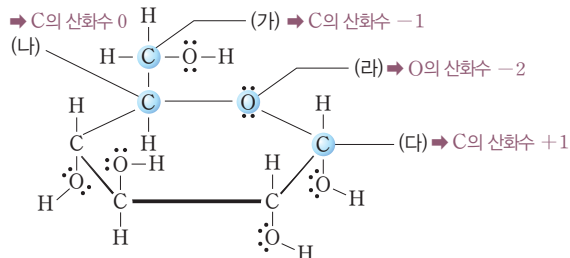
오답 피하기

- ㄱ. (가)의 산화수는 -1, (다)의 산화수는 +1로 서로 다르다.

문제 속 자료 포도당을 구성하는 원자의 산화수

공유 결합 물질에서의 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 차지하는 것으로 가정할 때, 각 원자가 가지게 되는 전하이다.

→ 전기 음성도가 $\text{O} > \text{C} > \text{H}$ 이므로, C와 O 사이의 전자는 모두 O 쪽으로 끌려가고, C와 H 사이의 전자는 모두 C 쪽으로 끌려가며, C와 C 사이의 전자는 하나씩 나눠 갖는다고 가정한다.



- 08 ㄱ. 반응 전후의 원자의 종류와 수를 맞추면 ㉠은 NO이다.
 ㄷ. (나)에서 N의 산화수는 NO_2 에서 HNO_3 이 될 때 $+4 \rightarrow +5$ 로 증가하고, NO_2 에서 NO가 될 때 $+4 \rightarrow +2$ 로 감소한다. 따라서 (나)는 산화수가 변하는 산화 환원 반응이다.

오답 피하기

- ㄴ. (가)에서 NO는 자신은 산화되면서 O_2 를 환원시키는 환원제이다.

- 09 (가) $2\text{Mg}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{MgO}(s)$
 (나) $2\text{Mg}(s) + \text{CO}_2(g) \longrightarrow 2\text{MgO}(s) + \text{C}(s)$

- ㄱ. (가)와 (나)에서 Mg은 산화되어 MgO이 된다.
 ㄷ. (다)에서 검은색 가루는 드라이아이스(CO_2)가 환원되어 생긴 탄소(C)이다.

오답 피하기

- ㄴ. (가)에서는 산소가, (나)에서는 이산화 탄소(드라이아이스)가 산화제로 작용한다.

- 10 ㄱ. (가)에서 H_2S 가 S으로 되면서 S의 산화수는 -2에서 0으로 증가한다.

오답 피하기

- ㄴ. (나)는 원자들의 산화수 변화가 없으므로 산화제나 환원제가 존재하지 않는다.

- ㄷ. (나)와 (다)는 원자들의 산화수 변화가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

- 11 수용액 속 양이온의 수가 증가하였으므로 전체 반응식은 $\text{ASO}_4 + 2\text{B} \longrightarrow \text{B}_2\text{SO}_4 + \text{A}$ 와 같이 나타낼 수 있다. 따라서 A의 이온은 A^{2+} , B의 이온은 B^{+} 임을 알 수 있다.

- ㄱ. A^{2+} 은 전자를 얻어 A로 환원되었고 B는 전자를 잃고 B^{+} 으로 산화되었으므로 A의 이온이 B의 이온보다 환원되기 쉽다.

- ㄴ. B의 산화수는 0에서 +1로 증가한다.

- ㄷ. A 이온의 전하는 +2, B 이온의 전하는 +1이므로 이온의 전하는 A가 B보다 크다.

- 12 [모범 답안] C가 H보다 전기 음성도가 크므로 공유 전자쌍이 모두 C 쪽으로 이동한다고 가정한다. 따라서 C는 4개의 H로부터 각각 전자를 1개씩 얻어 산화수가 -4가 되고, 각 H는 전자를 1개 잃어 산화수가 +1이 된다.

채점 기준	배점
C의 산화수와 H의 산화수를 옳게 나타내고, 전기 음성도 차이에 의한 전자의 이동으로 옳게 서술한 경우	100 %
C의 산화수와 H의 산화수만 옳게 나타내고, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	40 %

- 13 [모범 답안]** Cl_2 는 산화되는 물질이면서 동시에 환원되는 물질이다. Cl_2 는 HClO 으로 될 때 Cl의 산화수가 0에서 +1로 증가하므로 산화되고, HCl 으로 될 때 Cl의 산화수가 0에서 -1로 감소하므로 환원된다.

채점 기준	배점
산화되는 물질과 환원되는 물질을 옳게 쓰고, 그 까닭을 산화수 변화를 이용하여 옳게 서술한 경우	100 %
산화되는 물질과 환원되는 물질은 옳게 썼으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	40 %

- 14 [모범 답안]** (1) $4\text{Fe}(s) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$
 (2) 철이 산화되는 것을 막기 위해서는 산소와의 반응을 차단해야 한다. 따라서 표면에 페인트를 칠하거나, 도금을 하거나, 다른 금속을 소량 섞어 새로운 성질을 띠는 합금(스테인리스 스틸)을 만들어 녹을 방지할 수 있다.

채점 기준	배점
(1) 철이 녹스는 반응의 화학 반응식을 옳게 나타낸 경우	50 %
(2) 철이 녹스는 것을 막는 방법을 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	50 %
철이 녹스는 것을 막는 방법만 서술한 경우	30 %

02 | 산화 환원 반응의 양적 관계

기초 단단 문제

p. 232

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ④ 04 ③ 05 ③

- 01 ⑤** N의 산화수는 +5(HNO_3)에서 +4(NO_2)로 감소하므로 HNO_3 1몰이 반응할 때 이동한 전자는 1몰이다.

오답 피하기

- ① HNO_3 에서 N의 산화수는 +5에서 +4로 감소하므로 자신은 환원되면서 H_2S 를 산화시키는 산화제이다.
 ② S의 산화수는 -2에서 0으로 증가한다.
 ③ O의 산화수는 -2로 변함없다.
 ④ NO_2 에서 N의 산화수를 x 라 하면 $x + (-2) \times 2 = 0$ 이므로 $x = +4$ 이다.

- 02 ⑤** 산화 환원 반응에서 반응 전후에 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같음을 이용하여 계수를 맞추면 다음과 같다.



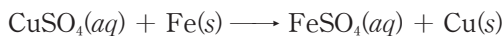
오답 피하기

- ① ①=5, ②=2이므로 ①>②이다.
 ② Mn의 산화수가 +7에서 +2로 감소하므로 MnO_4^- 은 환원된다.

- ③ 반응 전후 H의 산화수는 변하지 않으므로 H^+ 은 산화제도 환원제도 아니다.

- ④ Sn의 산화수가 +2에서 +4로 증가하므로 Sn^{2+} 은 산화되고, 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키므로 환원제이다.

- 03** 황산 구리(II) 수용액에 철못을 넣으면 다음의 반응이 일어난다.



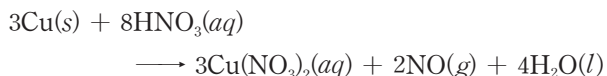
- ④ Fe은 전자를 잃고 Fe^{2+} 으로 산화되고, Cu^{2+} 은 전자를 얻어 Cu로 환원된다.

오답 피하기

- ① Cu^{2+} 이 Cu로 환원되어 그 수가 줄어들기 때문에 용액의 푸른색이 점점 없어진다.
 ② SO_4^{2-} 은 구경꾼 이온으로 반응에 참여하지 않는다.
 ③ 구리 이온과 철 이온의 전하량이 같으므로 용액 속 양이온의 수는 일정하다.
 ⑤ Fe이 전자 2개를 잃고 Fe^{2+} 으로 되므로 철 1몰이 반응할 때 전자는 2몰 이동한다.

- 04** 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 200 mL에 들어 있는 HCl 의 양(mol)은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다. Zn과 HCl 은 1 : 2의 몰비로 반응하므로 필요한 Zn의 최소 양(mol)은 0.01 mol이고, 최소 질량(g)은 $0.01 \text{ mol} \times 65 \text{ g/mol} = 0.65 \text{ g}$ 이다.

- 05** 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞추면 화학 반응식은 다음과 같다.



- ① $a=3$, $b=3$, $c=2$ 로 $a=b>c$ 이다.
 ② Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 Cu는 자신은 산화되면서 HNO_3 을 환원시키는 환원제이다.
 ④ HNO_3 과 H_2O 에 포함된 H의 산화수는 둘 다 +1이다.
 ⑤ HNO_3 에서 N의 산화수가 +5에서 +2로 감소한 것을 통해 HNO_3 이 환원된 것을 알 수 있다.

오답 피하기

- ③ N의 산화수는 +5에서 +2로 감소한다.

내신 만점 문제

p. 233~235

01 ③ 02 ① 03 ② 04 ③ 05 ② 06 ④
 07 ① 08 ⑤ 09 ③ 10 ⑤ 11 ②

12~13 해설 참조

- 01** ㄱ. 암모니아 합성 과정의 화학 반응식은 $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NH}_3(g)$ 이다. N의 산화수는 0(N_2)에서 -3(NH_3)으로 감소하고, H의 산화수는 0(H_2)에서 +1

(NH₃)로 증가한다.

ㄷ. N₂와 H₂는 1 : 3의 몰비로 반응한다.

오답 피하기

ㄴ. N의 산화수는 감소하므로 N₂는 환원되고, H의 산화수는 증가하므로 H₂는 산화된다.

02 (가)는 철의 제련 과정이고, (나)는 철의 산화 과정이다.

(가) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO}(\text{화합물 A}) \longrightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$

(나) $2\text{Fe} + \frac{3}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$

ㄱ. (가)에서 화합물 A는 산소를 얻어 산화되고, Fe₂O₃은 산소를 잃고 환원되어 Fe이 된다.

오답 피하기

ㄴ. (나)에서 Fe의 산화수는 0에서 +3으로 증가한다.

ㄷ. (가)에서 Fe의 산화수가 +3에서 0으로 3만큼 감소한다. Fe₂O₃ 1몰에는 Fe이 2몰 존재하므로, Fe₂O₃ 1몰을 제련할 때 이동하는 전자는 3×2=6(몰)이다.

03 은 108 g은 1몰이다. 반응하는 알루미늄과 생성되는 은의 몰비는 1 : 3이므로, 은 1몰을 얻기 위해 필요한 Al의 양은 $\frac{1}{3}$ 몰

이다. 따라서 필요한 Al의 질량(g)은 $\frac{1}{3} \text{ mol} \times 27 \text{ g/mol} = 9 \text{ g}$ 이다.

04 (가) $2\text{HCl}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \longrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{ZnCl}_2(\text{aq})$

(나) $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Mg}(\text{s}) \longrightarrow \text{Zn}(\text{s}) + \text{Mg}^{2+}(\text{aq})$

ㄱ. 0.1 M HCl(aq) 200 mL에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이며, Zn의 양은 충분하다. HCl과 Zn의 반응 몰비는 2 : 1이므로 반응한 Zn의 양은 0.01 mol, 즉 $0.01 \text{ mol} \times 65 \text{ g/mol} = 0.65 \text{ g}$ 이다.

ㄴ. (가)에서 HCl과 H₂의 반응 몰비는 2 : 1이므로 H₂ 0.01몰이 발생한다.

오답 피하기

ㄷ. (나)에서 Mg은 산화되어 수용액에 녹아 들어가고 Zn²⁺이 환원되어 마그네슘 막대에 금속으로 석출된다. 이때 Zn의 원자량이 Mg보다 크므로 금속 막대의 질량은 증가한다.

05 주어진 화학 반응식의 반응 계수를 구하여 완성하면 다음과 같다.

$3\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow 2\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g})$

ㄷ. HNO₃에서 N의 산화수는 +5, NO에서 N의 산화수 +2이다.

오답 피하기

ㄱ. $a=3, b=1, c=2, d=1$ 이므로 $a+b(=4) > c+d(=3)$ 이다.

ㄴ. H₂O를 구성하는 원자의 산화수는 변하지 않으므로 H₂O은 산화되거나 환원되지 않는다.

06 ㄴ. (나)에서 NO가 N₂로 될 때 N의 산화수는 2 감소하며 N₂ 1몰이 생성될 때 환원되는 N 원자의 양이 2몰이므로 이동하는 전자는 4몰이다.

ㄷ. (나)에서는 N의 산화수가 +2(NO) → 0(N₂)으로 감소하므로 NO는 환원되고, (다)에서는 N의 산화수가 +2(NO) → +4(NO₂)로 증가하므로 NO는 산화된다. 따라서 NO는 (나)에서는 산화제로, (다)에서는 환원제로 작용한다.

오답 피하기

ㄱ. (가)의 NOF에서 N의 산화수를 x 라 하면 $x + (-2) + (-1) = 0$ 이므로 $x = +3$ 이다.

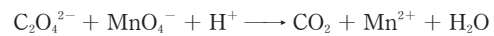
07 ㄱ. 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같음을 이용하여 화학 반응식의 계수를 구하면 $a=5, b=2, c=10, d=2$ 이므로 $b=d$ 이다.

오답 피하기

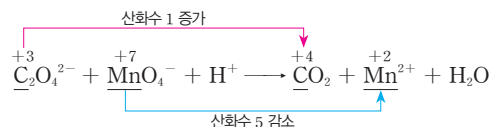
ㄴ. H의 산화수는 변하지 않으므로 H⁺은 산화되거나 환원되지 않는다.

ㄷ. MnO₄⁻과 C₂O₄²⁻은 2 : 5의 몰비로 반응하므로 MnO₄⁻ 0.1몰을 모두 환원시키는 데 필요한 C₂O₄²⁻의 최소 양은 0.25몰이다.

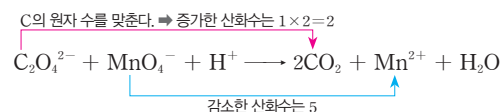
문제 속 자료 산화 환원 반응식 완성하기



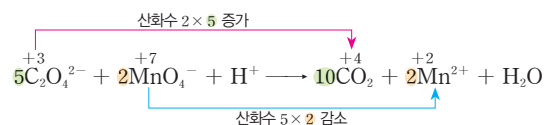
[1단계] 산화수 변화를 계산한다.



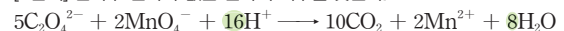
[2단계] 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수를 맞추고, 증가한 산화수와 감소한 산화수를 계산한다.



[3단계] 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



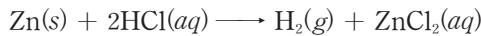
[4단계] 산화수 변화가 없는 원자의 개수를 맞춘다.



08 Cu의 산화수는 0에서 +2로 2 증가하고, N의 산화수는 +5에서 +2로 3 감소하므로 $a=2, b=3$ 이다. (나)에서 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞추고, (다)에서 N

자의 수가 같도록 계수를 맞추면, $c=3 \times 2 + 2$ 에서 $c=8$ 이다. 마지막으로 H 원자의 수가 같도록 계수를 맞추면, $8=2 \times d$ 에서 $d=4$ 이다. 따라서 $a=2$, $b=3$, $c=8$, $d=4$ 로 $a+b+c+d=2+3+8+4=17$ 이다.

09 주어진 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



ㄱ, ㄴ. 0.2 M HCl(aq) 100 mL에는 HCl 0.02몰이 녹아 있으며, Zn 1.3 g은 0.02몰이다. Zn과 HCl은 1 : 2의 몰비로 반응하므로 Zn 0.02몰 중 0.01몰은 HCl 0.02몰과 반응하여 H_2 0.01몰을 발생하며, Zn 0.01몰은 남는다.

오답 피하기

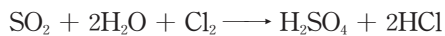
ㄴ. Zn과 HCl은 1 : 2의 몰비로 반응한다.

10 ㄱ. 산화수가 변하지 않는 원소는 K, O, H로 3가지이다.

ㄴ. Cr의 산화수는 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 에서 +6, Cr_2O_3 에서 +3이므로 3 감소한다.

ㄷ. S과 Cr_2O_3 는 3 : 2의 몰비로 반응한다. 따라서 Cr_2O_3 1몰을 얻기 위해 S은 최소한 1.5몰이 필요하다.

11 SO_2 에서 H_2SO_4 이 될 때 S의 산화수는 $+4 \rightarrow +6$ 으로 2 증가한다. 또 Cl_2 에서 HCl이 될 때 Cl의 산화수는 $0 \rightarrow -1$ 로 각 Cl당 1씩 감소한다. 따라서 ㉠=2, ㉡=1이며, 산화수 변화가 없는 원자들의 수까지 맞춰 계수를 구하면 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄷ. $a=1$, $b=2$, $c=1$, $d=2$ 로 $a+b+c+d=3$ 이다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠=2, ㉡=1이므로 ㉠>㉡이다.

ㄴ. SO_2 에서 S의 산화수는 증가하므로 SO_2 은 산화되며, 환원제로 작용한다.

12 [모범 답안] (1) $2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{C}(\text{s}) \longrightarrow 4\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$
(2) 1.5몰

해설 Fe_2O_3 과 C의 반응 몰비는 2 : 3이다. Fe_2O_3 1몰을 완전히 환원시키는 데 필요한 C의 양(mol)을 x 라 하면 $2 : 3 = 1 : x$, $x=1.5(\text{mol})$ 이다.

채점 기준		배점
(1)	철의 제련 과정을 화학 반응식으로 옳게 나타낸 경우	50 %
	철의 제련 과정을 화학 반응식으로 옳게 나타내지 못한 경우	0 %
(2)	필요한 코크스의 양을 옳게 계산한 경우	50 %
	필요한 코크스의 양을 옳게 계산하지 못한 경우	0 %

13 [모범 답안] $\frac{4}{3}$ 몰. NaN_3 과 N_2 의 반응 몰비는 2 : 3이다. N_2 50 L는 2몰이며, N_2 2몰을 발생시키기 위해 필요한 NaN_3 의 양(mol)(x)은 $2 : 3 = x : 2$, $x=\frac{4}{3}(\text{mol})$ 이다.

해설 계수비=반응비=몰비이므로 $2 : 3 = x : \frac{50 \text{ L}}{25 \text{ L/mol}}$

에서 $x=\frac{4}{3}(\text{mol})$ 이다.

채점 기준	배점
필요한 NaN_3 의 양(몰)을 옳게 구하고, 반응 몰비를 이용하여 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
필요한 NaN_3 의 양(몰)을 옳게 구했으나, 반응 몰비를 이용하여 구하는 과정을 옳게 서술하지 못한 경우	50 %

03 | 화학 반응에서 열의 출입



탐구 대표 문제

p. 239

01 ④

01 ① 화학 반응에서 방출되거나 흡수되는 열량을 측정하는 장치를 열량계라고 한다.

②, ③ 염화 칼슘이 물에 녹으면 용액의 온도가 올라가므로 이 반응은 발열 반응이다. 이러한 염화 칼슘은 제설제로 사용할 수 있다.

⑤ 실험에서 구한 열량은 염화 칼슘 1 g이 물에 용해될 때 방출하는 열량(J/g)이므로, 이 값에 1몰의 질량(화학식량)을 곱하면 1몰이 물에 용해될 때 출입하는 열량(J/mol)을 구할 수 있다.

오답 피하기

④ 실험 기구의 온도를 높이는 데 사용되는 열이 많을수록, 즉 열 손실이 많을수록 발생한 열량은 작게 측정된다.

기초 탄탄 문제

p. 240

01 ③

02 ④

03 ①

04 ①

05 ②

06 ②

01 ③ 산과 염기의 중화 반응은 발열 반응의 예이다.

오답 피하기

① 흡열 반응이란 열을 흡수하는 반응이다.

② 물이 기화할 때는 열을 흡수하므로 주위의 온도가 내려간다.

④ 발열 반응이 일어나면 열을 방출하므로 주위의 온도가 올라간다.

⑤ 흡열 반응에서는 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 커서 그 차이만큼을 열로 흡수한다.

- 02 ①, ②, ③ 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작아 열을 방출하는 발열 반응의 그래프이다. 발열 반응이 일어나면 주위의 온도가 올라간다.

⑤ 산과 염기의 중화 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

오답 피하기

④ 냉각 팩은 주위의 열을 흡수하는 흡열 반응을 이용한 예이다.

- 03 ② 식물이 빛에너지를 흡수하여 양분을 만들고, ③ 더운 여름 날 마당에 물을 뿌리면 시원해지는 것, ④ 냉장고가 냉매를 기화시켜 내부를 시원하게 하여 음식물을 보관하는 것, ⑤ 탄산수소 나트륨이 열에 의해 분해되면서 이산화 탄소 발생하여 빵이 부푸는 것은 모두 흡열 반응을 이용한 예이다.

오답 피하기

① 염화 칼슘이 물에 용해될 때 열을 방출하므로 눈을 녹이며, 이는 발열 반응을 이용한 예이다.

- 04 휴대용 손난로, 메테인의 연소, 제설제의 사용, 조리용 발열 팩은 발열 반응을 이용한 예이고, 광합성은 흡열 반응을 이용한 예이다.

- 05 ② 탄산수소 나트륨에 열을 가하면 분해되어 이산화 탄소가 발생한다. 이 이산화 탄소에 의해 빵이 부풀게 된다.

오답 피하기

①, ④ 탄산수소 나트륨의 분해 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응으로 주위의 온도가 내려간다.

③ 이 반응은 흡열 반응으로 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 작다.

⑤ 이 반응은 흡열 반응이고 연소 반응은 발열 반응이므로 열의 출입이 다르다.

- 06 ② 이 반응에서 처음 온도는 24.2°C , 나중 온도는 18.7°C 로 온도가 낮아졌으므로 열을 흡수했으며, 흡수한 열량은 $Q = cm\Delta t = 4.0 \text{ J/g} \cdot ^{\circ}\text{C} \times (92 + 8) \text{ g} \times (24.2 - 18.7)^{\circ}\text{C} = 2200 \text{ J}$ 이다.

오답 피하기

① 용해 반응 후 온도가 내려간 것으로 보아 이 반응은 흡열 반응이다.

③, ⑤ 흡열 반응은 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 커 그 차이만큼을 열로 흡수하므로 흡열 반응이 일어나면 주위의 온도는 내려간다.

④ 손난로는 발열 반응을 이용한 예이다.

- 01 ㄱ. (가)에서 메테인이 공기 중의 산소와 반응하여 열과 빛을 내는 반응은 산화 환원 반응이다.

ㄴ. (나)에서 물이 끓어 수증기가 되는 반응은 흡열 반응이다.

ㄷ. (다)에서 김이 뿜어져 나오는 현상은 수증기가 액화되어 물방울로 되는 현상이므로 이때에는 열을 방출한다.

- 02 ㄱ, ㄴ. 묽은 염산에 아연이 녹아 들어가면서 수소 기체가 발생하는데, 이때 열을 방출하므로 t_2 가 t_1 보다 높다. 따라서 이 반응은 발열 반응이다.

ㄷ. (나)에서 아연은 전자를 잃고 아연 이온으로 산화된다.

- 03 ㄴ. 눈이 내린 도로에 고체 X를 뿌리면 X가 녹으며 열이 발생하므로 눈이 녹는다.

ㄷ. 실험 결과로 출입한 열량은 $Q = cm\Delta t = 4.2 \text{ J/g} \cdot ^{\circ}\text{C} \times (100 + 10) \text{ g} \times (30.5 - 25.5)^{\circ}\text{C} = 2310 \text{ J}$ 이며, 용해된 X의 질량이 10 g 이므로 고체 X가 물에 용해될 때 방출하는 열량(J/g)은 $\frac{2310 \text{ J}}{10 \text{ g}} = 231 \text{ J/g}$ 이다. 이 실험값(231 J/g)이 이론값(310.2 J/g)보다 작은 것으로 보아, 실험 중 열의 일부가 손실되었음을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 고체 X가 물에 녹은 후 용액의 온도가 올라가므로 고체 X의 용해는 발열 반응이다.

- 04 [모범 답안] 산화 칼슘(CaO)이 물에 녹는 반응은 많은 열을 방출하는 발열 반응이다. 구제역 바이러스는 높은 온도에서 죽으므로 산화 칼슘과 물이 반응할 때 방출하는 많은 열을 이용하여 바이러스를 살균할 수 있다.

채점 기준	배점
산화 칼슘이 구제역을 방역할 수 있는 원리를 열의 출입과 관련하여 옳게 서술한 경우	100 %
산화 칼슘이 구제역을 방역할 수 있는 원리를 열의 출입과 관련하여 옳게 서술하지 않은 경우	0 %

- 05 [모범 답안] 1050 J/g

해설 $Q = cm\Delta t = 4.2 \text{ J/g} \cdot ^{\circ}\text{C} \times (96 + 4) \text{ g} \times 10^{\circ}\text{C} = 4200 \text{ J}$, 용해된 NaOH 의 질량이 4 g 이므로 NaOH 이 물에 용해될 때 방출하는 열량(J/g)은 $\frac{4200 \text{ J}}{4 \text{ g}} = 1050 \text{ J/g}$ 이다.

채점 기준	배점
수산화 나트륨이 물에 용해될 때 방출하는 열량(J/g)을 옳게 구한 경우	100 %
수산화 나트륨이 물에 용해될 때 방출하는 열량(J/g)을 옳게 구하지 못한 경우	0 %



단원 마무리하기

p. 244 ~ 247



- 01 ⑤ 02 ① 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ④ 06 ④
07 ② 08 ② 09 ④ 10 ⑤ 11 ④ 12 ②
13 ⑤ 14 ⑤ 15 ④ 16 ② 17 ⑤

01 ㄱ. 동적 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 겉으로 보기에는 반응이 정지한 것처럼 보인다.

ㄴ, ㄷ. 동적 평형 상태에서는 반응물(NO_2)과 생성물(N_2O_4)이 함께 존재하고, 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

02 (가)에서는 증발 속도가 응축 속도보다 빠르며, 수증기 분자 수가 점점 늘어날수록 응축 속도도 점점 빨라지다가, 증발 속도와 응축 속도가 같을 때 수면의 높이는 h_2 가 되면서 일정하게 유지된다. 즉, (나)에서 동적 평형에 도달하였다.

ㄱ. 수증기 분자 수는 (가)보다 (나)가 더 많다.

오답 피하기

ㄴ. 증발 속도는 온도의 영향을 받으므로 (가)와 (나)가 같다.
ㄷ. 고무마개를 열어 두면 h_1 과 h_2 의 차이는 밀폐했을 때와 같지 않다. 증발 속도가 응축 속도보다 항상 빠르므로 오랜 시간이 지난 후 물은 모두 증발할 것이다.

03 ㄱ. 25°C 에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 로 같고, $\text{pH} = 7$ 이 된다.

ㄴ. 온도가 높아지면 순수한 물의 K_w 가 커져 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 도 커진다. 그러나 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 커지면 pH 는 작아진다.

ㄷ. 순수한 물은 중성이므로 모든 온도에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ 이다.

04 중화 반응으로 감소하는 H^+ 이나 OH^- 의 수만큼 염기의 양이온이나 산의 음이온이 증가한다. 따라서 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 혼합 용액의 액성이 산성이면 혼합 전 산 수용액에 들어 있는 이온 수와 같고, 혼합 용액이 염기성이면 혼합 전 염기 수용액에 들어 있는 이온 수와 같다.

ㄱ. (가) 용액의 액성은 산성이다.

ㄴ. 양이온과 음이온의 전하량의 합은 항상 0, 즉 중성이어야 하므로 이온의 전하량이 같을 경우 양이온 수와 음이온 수도 항상 같아야 한다. HCl 와 KOH 의 경우 모두 1가 양이온과

1가 음이온을 생성하므로 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} = \frac{\text{H}^+ \text{ 수} + \text{K}^+ \text{ 수}}{\text{Cl}^- \text{ 수} + \text{OH}^- \text{ 수}} =$

$\frac{0.5\text{N} + 1.5\text{N}}{2\text{N} + 0} = 1$ 이다.

ㄷ. (나)에서 $\frac{\text{Cl}^-}{\text{K}^+} = \frac{2\text{N}}{3\text{N}} = \frac{2}{3}$ 이다.

문제 속 자료

1가 산과 1가 염기의 중화 반응

예 염산(HCl)과 수산화 칼륨(KOH) 수용액의 중화 반응

① (가) 용액의 액성이 염기성일 경우

전체 이온 수가 4N이므로 혼합 전 $\text{KOH}(\text{aq})$ 10 mL 속 이온 수는 4N이다. 그렇다면 (나)의 혼합 전 $\text{KOH}(\text{aq})$ 20 mL 속 이온 수는 8N이므로 (나)의 전체 이온 수가 8N이 되어야 하므로 모순이다.

혼합 용액		(가) 염기성일 경우	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	$\text{HCl}(\text{aq})$	20	20
	$\text{KOH}(\text{aq})$	10 4N	20 8N
전체 이온 수		4N	6N → 8N이어야 함

② (가) 용액의 액성이 중성일 경우

전체 이온 수가 4N이므로 혼합 전 $\text{HCl}(\text{aq})$ 20 mL와 $\text{KOH}(\text{aq})$ 10 mL 속 이온 수는 각각 4N이다. 그렇다면 (나)의 혼합 전 $\text{KOH}(\text{aq})$ 20 mL 속 이온 수는 8N이므로 (나)의 전체 이온 수가 8N이 되어야 하므로 모순이다.

혼합 용액		(가) 중성일 경우	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	$\text{HCl}(\text{aq})$	20 4N	20
	$\text{KOH}(\text{aq})$	10 4N	20 8N
전체 이온 수		4N	6N → 8N이어야 함

③ (가) 용액의 액성이 산성일 경우

혼합 전 $\text{HCl}(\text{aq})$ 20 mL 속 이온 수는 4N이므로 혼합 전 $\text{KOH}(\text{aq})$ 20 mL 속 이온 수는 6N이 되어야 한다. 따라서 $\text{KOH}(\text{aq})$ 10 mL 속 이온 수는 3N이다. 모순 없이 모든 조건을 만족하므로 (가)는 산성 용액이다.

혼합 용액		(가) 산성일 경우	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	$\text{HCl}(\text{aq})$	20 4N	20 4N
	$\text{KOH}(\text{aq})$	10 3N	20 6N
전체 이온 수		4N	6N

05 반응 (가)는 $2\text{Na}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow 2\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ 이고, 반응 (나)는 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$ 이다.

ㄴ. 용액 C는 $\text{HCl}(\text{aq})$ 으로 pH 가 7보다 작고, 용액 A는 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 으로 pH 가 7보다 크다.

ㄷ. (가), (나) 모두 반응 전후에 산화수가 변하는 산화 환원 반응이다.

오답 피하기

ㄱ. A는 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 이므로 A에 BTB 용액을 넣으면 파란색을 띤다.

06 처음 $\text{HCl}(\text{aq})$ 에는 H^+ 4개, Cl^- 4개가 들어 있다. 따라서 (가)에는 H^+ 2개, Cl^- 4개, K^+ 2개가 들어 있고, (나)에는 Cl^- 4개, K^+ 2개, Ca^{2+} 2개, OH^- 2개가 들어 있다.

ㄴ. (가)는 H^+ 이 들어 있으므로 산성, (나)는 OH^- 이 들어 있으므로 염기성을 띤다.

ㄷ. (나) 용액 속에는 양이온인 K^+ 2개, Ca^{2+} 2개가 들어 있고, 음이온인 Cl^- 4개, OH^- 2개가 들어 있다. 따라서 양이온과 음이온 수의 비는 $4 : 6 = 2 : 3$ 이다.

오답 피하기

ㄱ. Δ 는 $HCl(aq)$ 과 (가)에는 존재하지 않고 (나)에만 존재하므로 Ca^{2+} 이다.

- 07** ㄷ. 주어진 반응은 중화 반응으로 발열 반응이다. 따라서 반응이 일어나면 수용액의 온도가 올라간다.

오답 피하기

ㄱ. 중화 반응은 산화수의 변화가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

ㄴ. 수소 이온(H^+)과 수산화 이온(OH^-)은 1 : 1의 몰비로 반응한다.

- 08** ㄴ. $\frac{1}{10}$ 로 묶힌 식초 20 mL를 모두 중화하는 데 소모된 $NaOH(aq)$ 의 부피가 40 mL이므로, $1 \times x \times 20 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 40 \text{ mL}$ 에서 묶힌 식초 속 CH_3COOH 의 몰 농도(x) = 0.2 M이다. 따라서 묶히기 전 CH_3COOH 의 몰 농도(x) = 0.2 M \times 10 = 2 M이다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 가해지는 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용하는 뷰렛이다.

ㄷ. 2배 진한 0.2 M $NaOH(aq)$ 을 사용할 경우 소모되는 $NaOH(aq)$ 의 부피는 40 mL의 절반인 20 mL이다.

- 09** 각 반응에서 밑줄 친 원소의 산화수 변화는 다음과 같다.

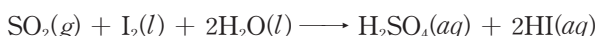
① C: $0 \rightarrow +4$, ② H: $0 \rightarrow +1$, ③ Fe: $0 \rightarrow +3$,

④ C: $-4 \rightarrow +4$, ⑤ C: $+4 \rightarrow 0$

따라서 산화수 변화가 가장 큰 것은 ④이다.

- 10** ㉠ N_2 에서 N의 산화수는 0, ㉡ NH_3 에서 N의 산화수는 -3, ㉢ NH_4^+ 에서 N의 산화수는 -3, ㉣ NO_2^- 에서 N의 산화수는 +3, ㉤ NO_3^- 에서 N의 산화수는 +5이다. 따라서 N의 산화수가 가장 큰 값과 가장 작은 값의 차이는 $+5 - (-3) = 8$ 이다.

- 11** 주어진 반응을 산화수 변화를 이용하여 계수를 맞추면 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄴ. S의 산화수는 +4에서 +6으로 2 증가한다.

ㄷ. 화학 반응식에서 계수비 = 반응 몰비이므로 SO_2 과 I_2 은 1 : 1의 몰비로 반응한다.

오답 피하기

ㄱ. a는 1, b는 2이므로 서로 같지 않다.

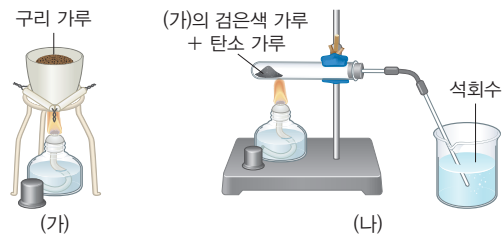
- 12** ㄴ. (가)에서 생긴 검은색 산화 구리(II)에 탄소 가루를 넣고 가열하면 CuO 는 Cu 로 환원되고, C는 산화되어 CO_2 가 되어 빠져 나간다. 따라서 (나) 시험관 속 물질의 질량은 감소한다.

오답 피하기

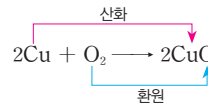
ㄱ. (가)에서는 Cu 가 산화되고, (나)에서는 C가 산화, CuO 가 환원된다.

ㄷ. (나)에서는 시험관을 빠져 나간 이산화 탄소가 비커 속 석회수와 반응하여 탄산 칼슘 앙금을 생성한다. 이때 산화수의 변화가 없으므로 이 반응은 산화 환원 반응이 아니다.

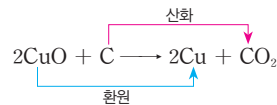
문제 속 자료 구리의 산화 환원 반응



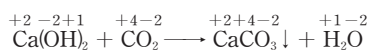
(가) 도가니 속에서 일어나는 반응



(나) 시험관 속에서 일어나는 반응



비커 속에서 일어나는 반응



→ 산화수가 변화가 없으므로 산화 환원 반응이 아님
중화 반응이자 앙금 생성 반응

- 13** 주어진 반응을 산화수 변화를 이용하여 계수를 맞추면 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄱ. a=2, b=3, c=4, d=3이므로 $a+b < c+d$ 이다.

ㄴ. Fe의 산화수는 +3에서 0으로 3 감소한다.

ㄷ. Fe_2O_3 과 C는 2 : 3의 몰비로 반응하며, 코크스(C) 18 g은 1.5몰이다. 따라서 C 18 g과 반응하는 Fe_2O_3 의 양 x는 $2 : 3 = x : 1.5$ 이므로 $x=1$ (몰)이다.

- 14** ㄱ. 질산 은 수용액에 철못을 넣으면 못 표면에 은이 석출되는 현상을 통해, Fe이 Fe^{2+} 으로 산화되고 Ag^+ 이 Ag 으로 환원됨을 알 수 있다. 즉, Fe은 Ag보다 산화되기 쉽다.

ㄴ. AgNO_3 과 Fe 이 2 : 1의 몰비로 반응하므로 Ag^+ 1몰을 환원시키려면 0.5몰의 Fe 이 필요하다.

ㄷ. Fe 은 산화되어 Fe^{2+} 으로 되므로 Fe 1몰당 2몰의 전자가 이동한다. 따라서 Fe 0.1몰을 넣어 완전히 반응시켰을 때 이동한 전자는 0.2몰이다.

- 15 ㄴ. (나)의 H_2O_2 에서 O의 산화수는 -1 이고, H_2O 에서 O의 산화수는 -2 , O_2 에서 O의 산화수는 0 이다. 따라서 H_2O_2 는 O_2 로 산화되면서 동시에 H_2O 로 환원된다.

ㄷ. 하이드로퀴논과 과산화 수소가 반응하여 고온의 벤조퀴논을 생성하므로 이 반응은 발열 반응이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 $+1(\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2) \rightarrow 0(\text{H}_2)$ 으로 감소한다.

- 16 ㄷ. (다)에서 철가루는 산소와 반응하여 산화 철이 되면서 열을 발생하는데, 이때 철가루는 산화된다.

오답 피하기

ㄱ. (가) 연료의 연소는 열을 방출하는 반응이고, (나) 얼음이 녹는 반응은 열을 흡수하는 반응이다.

ㄴ. (나)는 상태 변화로 물리 변화이므로 원자의 산화수 변화가 없다.

- 17 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 이 반응하여 1몰의 H_2O 이 생성될 때 56.0 kJ 의 열이 발생한다. 0.1 M 묽은 염산 100 mL 와 0.1 M 수산화 나트륨 수용액 100 mL 를 반응시키면 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 의 물이 생성되며, 이때 560 J 의 열이 발생한다.

ㄱ. $Q = cm\Delta t = 4.0 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \times (200 \text{ mL} \times 1.0 \text{ g/mL}) \times \Delta t = 560 \text{ J}$ 에서 $\Delta t = 0.7 ^\circ\text{C}$ 로, 수용액의 온도는 $0.7 ^\circ\text{C}$ 높아진다.

ㄴ. 이 반응은 열이 발생하는 발열 반응이므로 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크다.

ㄷ. NaOH 대신 KOH 을 사용해도 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 동일하므로 발생한 열은 같다.



개념을 쌓아가는 기본서

고등 **셀파**



정답과 해설



빠른 기출 문제 정답

기출 1~50	001 ⑤	002 ⑤	003 ④	004 ④	005 ⑤	006 ⑤	007 ⑤	008 ⑤
009 ③	010 ③	011 ④	012 ④	013 ⑤	014 ④	015 ①	016 ①	017 ⑤
018 ④	019 ①	020 ⑤	021 ⑤	022 ②	023 ④	024 ③	025 ③	026 ②
027 ④	028 ①	029 ②	030 ③	031 ②	032 ①	033 ①	034 ①	035 ④
036 ⑤	037 ⑤	038 ①	039 ③	040 ①	041 ⑤	042 ④	043 ④	044 ④
045 ②	046 ①	047 ⑤	048 ②	049 ③	050 ④			

기출 51~100	051 ⑤	052 ④	053 ②	054 ③	055 ①	056 ④	057 ③	058 ④
059 ④	060 ①	061 ⑤	062 ③	063 ③	064 ①	065 ⑤	066 ④	067 ①
068 ②	069 ③	070 ⑤	071 ④	072 ⑤	073 ⑤	074 ②	075 ②	076 ③
077 ③	078 ③	079 ②	080 ⑤	081 ⑤	082 ①	083 ⑤	084 ④	085 ⑤
086 ④	087 ①	088 ②	089 ⑤	090 ①	091 ①	092 ②	093 ②	094 ②
095 ②	096 ③	097 ②	098 ①	099 ④	100 ①			

기출 101~150	101 ④	102 ④	103 ②	104 ②	105 ④	106 ②	107 ⑤	108 ③
109 ⑤	110 ③	111 ⑤	112 ①	113 ⑤	114 ①	115 ③	116 ③	117 ⑤
118 ③	119 ③	120 ③	121 ⑤	122 ①	123 ②	124 ④	125 ⑤	126 ③
127 ③	128 ⑤	129 ④	130 ④	131 ①	132 ⑤	133 ⑤	134 ④	135 ⑤
136 ③	137 ④	138 ③	139 ⑤	140 ①	141 ①	142 ②	143 ④	144 ④
145 ①	146 ①	147 ①	148 ①	149 ⑤	150 ①			

기출 151~200	151 ⑤	152 ②	153 ②	154 ④	155 ⑤	156 ④	157 ①	158 ④
159 ⑤	160 ⑤	161 ⑤	162 ①	163 ①	164 ③	165 ②	166 ①	167 ③
168 ③	169 ④	170 ⑤	171 ③	172 ①	173 ④	174 ③	175 ③	176 ⑤
177 ③	178 ③	179 ③	180 ③	181 ⑤	182 ⑤	183 ⑤	184 ⑤	185 ⑤
186 ②	187 ②	188 ②	189 ④	190 ⑤	191 ③	192 ③	193 ④	194 ①
195 ①	196 ①	197 ⑤	198 ⑤	199 ③	200 ③			

기출 201~218	201 ②	202 ③	203 ①	204 ③	205 ②	206 ③	207 ③	208 ⑤
209 ⑤	210 ①	211 ⑤	212 ①	213 ③	214 ②	215 ②	216 ⑤	217 ②
218 ③								



- 001 답 ⑤ | 하버-보슈법으로 합성된 암모니아를 원료로 하여 질소 비료를 대량 생산할 수 있게 되어 인구 증가에 따른 식량 문제를 해결할 수 있었다.

문제 속 자료 질소의 필요성과 암모니아의 합성

질소 비료의 필요성

- 급격한 인구 증가에 따른 식량 부족으로, 농업 생산량을 높이기 위해 질소 비료를 사용해야 하였다.
- 자연에서 얻을 수 있는 질소 비료의 양이 매우 적어 인공적 질소 비료의 대량 생산이 필요하였다.

암모니아의 대량 합성(하버-보슈법)

- 수소 기체와 질소 기체가 반응하여 암모니아가 합성되지만 이 반응은 질소 분자에서 질소 원자 사이의 강한 결합 때문에 쉽게 일어나지 않는다.
- 20세기 초 하버는 수소 기체와 공기 중의 질소 기체를 촉매와 함께 반응시켜 암모니아를 합성하였으며, 그 후 보슈와 함께 암모니아 합성에 필요한 최적의 온도, 압력, 촉매를 찾아 암모니아(NH_3)를 대량으로 합성하는 하버-보슈법을 개발하였다.

- 002 답 ⑤ | 암모니아의 합성 반응식은 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$ 이다.

ㄱ. 질소와 수소를 반응시켜 암모니아를 생성하므로 암모니아의 구성 원소는 질소와 수소이다.

ㄴ. 암모니아를 물에 녹이면 수산화 이온(OH^-)이 생성되므로 암모니아 수용액은 염기성이다. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

ㄷ. 하버는 질소를 수소와 반응시켜 암모니아를 대량으로 생산하는 공정을 고안함으로써 인공적으로 질소 비료를 생산할 수 있게 되어 농업 생산량을 비약적으로 증가시켰다.

- 003 답 ④ | 하버는 수소 기체와 공기 중의 질소 기체로부터 암모니아를 합성하는 방법을 고안하였고, 이를 통해 합성된 암모니아는 비료의 원료 등으로 활용되어 인구 증가에 따른 식량 문제를 해결하였다.

- 004 답 ④ | ㄴ. 질소와 수소로부터 암모니아가 생성되는 화학 반응식은 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$ 이다.

ㄷ. 하버-보슈법이 개발되어 질소 비료를 대량으로 생산할 수 있어 식량 생산량이 크게 증가하였다.

오답 피하기

ㄱ. 질소는 반응성이 작은 원소이다.

- 005 답 ⑤ | ㄱ. 인류는 화석 연료가 연소될 때 생성되는 열을 이용하여 문명을 발전시켰고, 불을 이용하여 광석으로부터 구리, 철과 같은 금속을 얻어 생활에 필요한 도구를 만들었다.
- ㄴ. (가)는 화석 연료의 연소로, 생성물에 물(H_2O)이 있으므로 A에 수소(H)가 포함되어 있다.

ㄷ. 화석 연료의 연소 반응과 철의 제련 과정에서 이산화 탄소가 발생하므로 B는 이산화 탄소이다. 이산화 탄소는 지구 온난화의 원인이 된다.

- 006 답 ⑤ | ㄱ. A는 암모니아이다. 질소와 수소로 이루어진 암모니아의 합성은 인류의 농업 생산량 증가에 큰 영향을 주었다.
- ㄴ. 화석 연료(메테인)와 산소가 반응하여 이산화 탄소와 물이 생성되는 연소가 일어난다. 홑원소 물질은 한 종류의 원소로 되어 있는 물질로 산소, 질소, 철, 황, 수소 등이 있다. B는 산소로, 홑원소 물질이다.

ㄷ. 물의 화학식은 H_2O 로 산소와 수소로 이루어진 화합물이다.

- 007 답 ⑤ | ㄱ. 하버는 공기 중의 질소 기체를 수소 기체와 반응시켜 암모니아를 대량으로 생산하였다.

ㄴ. 철광석에서 철을 얻는 철의 제련 과정은 산화 환원 반응으로 화학적 변화이다.

ㄷ. 질소 비료 생산과 농기구의 발달은 농업의 발전을 가져와 식량 생산 증대에 기여하였다.

- 008 답 ⑤ | ㄱ. 석탄, 석유, 천연가스의 주요 구성 원소는 C(탄소)와 H(수소)이다.

ㄴ. 암모니아의 합성으로 이를 원료로 한 질소 비료를 대량 생산하게 되어 식량 생산량 증가에 크게 기여하였다.

ㄷ. 철의 제련은 철광석에서 철을 얻는 과정으로 산화 환원 반응을 이용한다.

- 009 답 ③ | ㄱ. 화합물은 두 가지 이상의 서로 다른 종류의 원소들이 일정한 비율로 결합하여 만들어진 순물질이다. 포도당의 분자식은 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 로 탄소, 수소, 산소로 이루어진 순물질이므로 화합물이다.

ㄷ. 포도당 1몰은 탄소 원자 6몰, 수소 원자 12몰, 산소 원자 6몰로 이루어져있다. 따라서 포도당 1몰에 들어 있는 각 원자의 양(mol)을 모두 더하면 원자는 $6+12+6=24$ 몰이다.

오답 피하기

ㄴ. 분자량이 180이므로 포도당 180 g에는 6.02×10^{23} 개의 분자가 포함되어 있다. 따라서 180 g에서 6.02×10^{23} 개를 나누면 분자 1개의 질량이다.

- 010 답 ③ | ㄱ. 아세트산의 분자식이 CH_3COOH 이므로 분자량은 $(12 \times 2) + (1 \times 4) + (16 \times 2) = 60$ 이고 포도당의 분자식이 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 이므로 분자량은 $(12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6) = 180$ 이다. 아세트산의 탄소(C) 질량 백분율은

$$\frac{\text{탄소의 질량}}{\text{아세트산의 분자량}} \times 100(\%) = \frac{24}{60} \times 100(\%) = 40\text{이다.}$$

포도당의 탄소(C) 질량 백분율은

$$\frac{\text{탄소의 질량}}{\text{포도당의 분자량}} \times 100(\%) = \frac{72}{180} \times 100(\%) = 40\text{이다.}$$

따라서 아세트산과 포도당의 탄소(C) 질량 백분율은 40으로 같다.

ㄴ. 아세트산과 포도당의 실험식이 CH_2O 로 같으므로 1 g 속에 들어 있는 산소 원자의 양(mol)은 같다.

오답 피하기

ㄷ. 1몰에 포함된 아세트산의 수소는 4개, 포도당의 수소는 12개이므로 포도당에 포함된 수소(H)는 아세트산의 3배이다. 따라서 생성되는 물의 양은 포도당이 아세트산의 3배이다.

011 답 ④ | ㄴ. 두 분자 모형 각각 탄소 원자 1개가 탄소 원자 3개와 결합한다.

ㄷ. C_{60} 과 C_{70} 은 C로만 이루어져 있으므로 1 g 속에 포함된 탄소 원자 수는 $\frac{1}{12}$ 몰로 같다. 따라서 1 g이 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 의 양(mol)도 같다.

오답 피하기

ㄱ. 1몰에 포함된 탄소 원자 수는 C_{70} 은 탄소가 70개, C_{60} 은 탄소가 60개이므로 $\text{C}_{70} > \text{C}_{60}$ 이다. 따라서 C_1 몰의 질량은 $\text{C}_{70} > \text{C}_{60}$ 이다.

012 답 ④ | ㄱ. (가)와 (나)는 탄소 원자가 다른 탄소 원자와 공유 결합을 형성하여 만들어진 공유 결합 물질이다.

ㄷ. 다이아몬드와 풀러렌은 모두 탄소 원자로 이루어진 물질이다. 따라서 다이아몬드와 풀러렌 분자의 종류와 관계없이 1 g에 포함된 탄소 원자의 양(mol)은 같다.

탄소 원자 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{탄소의 분자량}} = \frac{1 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = \frac{1}{12} \text{ mol}$ 이다. 다이아몬드는 탄소 원자 1개당 4개의 공유 결합을 하고 있고, 풀러렌은 탄소 원자 1개당 3개의 공유 결합을 하고 있으므로, 물질 1 g에 포함된 탄소-탄소 결합 수는 (가)가 (나)보다 많다.

오답 피하기

ㄴ. 다이아몬드 1몰에는 탄소 원자 1몰이 포함되어 있고, 풀러렌(C_{60}) 1몰에는 탄소 원자 60몰이 포함되어 있다.

013 답 ⑤ | 기체 1몰은 22.4 L이므로 기체 A 5.6 L는 $\frac{5.6}{22.4} =$

$$0.25\text{몰이다. 물질의 양(mol)} = \frac{\text{질량}}{\text{몰 질량}} = 0.25\text{몰인데 질량}$$

$$\text{이 } 4 \text{ g이므로 } 0.25 = \frac{4}{x}, x = 16 \text{ g이다. 1몰의 질량에서 단}$$

위인 g을 빼면 분자량이 된다. 따라서 (가)는 16이다. 기체 B 16 g은 $\frac{16}{32} = 0.5\text{몰이므로 부피는 } 22.4 \text{ L의 반인 } 11.2 \text{ L이다.}$

문제 속 자료

물과 기체의 부피

- 기체 1몰의 부피: 0 °C, 1 기압(표준 상태)에서 기체 1몰의 부피는 기체의 종류에 관계없이 22.4 L이다.
- 기체의 부피와 양(mol): 기체의 부피를 알면 양(mol)을 구할 수 있다.
 ➔ 물질의 양(mol)을 구하려는 기체의 부피를 1몰의 부피(=22.4 L)로 나누어 구한다.

$$\text{물질의 양(mol)} = \frac{\text{기체의 부피(0 °C, 1 기압)}}{22.4}$$

- 기체 1몰의 부피(0 °C, 1 기압) 이용: 기체의 부피가 22.4 L일 때의 질량 = 1몰의 질량 = 분자량

$$22.4 : \text{분자량} = \text{기체의 부피} : \text{질량}$$

014 답 ④ | O_2 의 질량은 32 g이고, O의 원자량이 16이므로 분자량은 $16 \times 2 = 32$ 이다. 물질의 양(mol)은 $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ 이므로 산소 분자의 양(mol)은 $\frac{32}{32} = 1\text{몰이다.}$ NH_3 분자의 양(mol)은 3몰이고 구성 원자는 N 원자 1개와 H 원자 3개로 총 4개이므로 총 원자 수는 $(3 \times 4)N_A$ 개이다. 따라서 $a = 1, b = 12$ 이므로 $a + b$ 는 13이다.

015 답 ① | 아보가드로 법칙에 따라 온도와 압력이 같을 때 모든 기체 1몰의 부피는 같다.

ㄱ. (가)에서 수소 분자의 양(mol)은 $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ 이므로 1몰이다. 따라서 H_2 의 분자 수는 6×10^{23} 이다.

오답 피하기

ㄴ. 같은 온도와 압력에서 (나)의 부피가 (가)의 $\frac{1}{2}$ 이므로 물질의 양(mol) 역시 (가)의 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 (나)는 0.5몰이고, N_2 의 분자량이 28이므로 질량은 14 g이다.

ㄷ. (가)와 (다)는 1기압에서 부피가 서로 같으나 온도가 각각 30 °C, 50 °C로 다르므로 기체의 양(mol)은 다르다.

016 답 ① | ㄱ. 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{화학적량}}$ 이므로 NaOH의 양(mol)은 $\frac{20}{40} = 0.5\text{몰이다.}$

ㄴ. 기체 20 °C, 1 기압에서 1몰의 부피가 24 L이므로 (다)의 H_2 는 $\frac{12}{24} = 0.5\text{몰이다.}$ H_2 0.5몰은 1 g이다.

ㄷ. (나)의 H_2O 18 g은 1몰이고, (다)의 H_2 12 L는 0.5몰이다. H_2O 1몰에 포함된 H 원자는 2몰(=1몰 × 2개)이고, H_2

0.5몰에 포함된 H 원자는 1몰($=0.5\text{몰} \times 2\text{개}$)이다.

- 017 ⑤** | 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례하고 물질의 양(mol)에 비례한다.

He과 X의 부피비는 He : X = 3 L : 6 L = 1 : 2이다. 헬륨

과 X의 몰비는 $\frac{\text{He 질량}}{\text{He 분자량}} : \frac{\text{X의 질량}}{\text{X의 분자량}}$ 이고, 부피비는

물질의 양(mol)에 비례하므로 $1 : 2 = \frac{0.6}{4} : \frac{12}{\text{X의 분자량}}$ 이

다. 따라서 X의 분자량은 40이다.

문제 속 자료 몰과 입자 수, 질량, 기체의 부피 관계

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

- 018 답 ④** | 0°C , 1 기압에서 1몰의 부피는 22.4 L이다. (가)~(다)의 부피는 2.24 L이므로 모두 0.1몰이다.

ㄴ. CO_2 의 분자량이 44이므로 0.1몰의 CO_2 질량은 4.4 g이다.

ㄷ. (가)에서 O_2 를 구성하는 원자 수는 2개, (나)에서 CO_2 를 구성하는 원자 수는 3개, (다)에서 CH_4 를 구성하는 원자 수는 5개이므로 같은 수의 분자 속에 들어 있는 총 원자 수는 (다)가 가장 많다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 O_2 의 양(mol)은 0.1몰이다.

- 019 답 ①** | ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 분자 수에 비례하므로 분자 수비는 (가) : (나) = 1 L : 9 L = 1 : 9이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)와 (나)의 질량은 w 로 같다. 분자 수의 비가 (가) : (나) = 1 : 9이므로 분자 1개의 질량비는 (가) : (나) = $\frac{w}{1} : \frac{w}{9}$ = 9 : 1이다.

ㄷ. 원자 A의 원자량을 a , 원자 B의 원자량을 b 라고 하면, A_2B 의 분자량은 $2a + b$, A_2 의 분자량은 $2a$ 이므로 $2a + b : 2a = 9 : 1$ 이다. 따라서 $a : b = 1 : 16$ 이다.

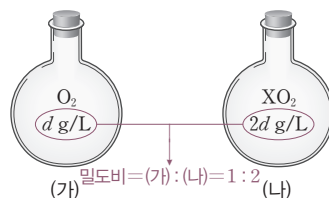
- 020 답 ⑤** | 같은 온도와 압력에서 두 기체의 부피가 같을 때 기체의 밀도는 분자량에 비례한다.

ㄱ. (나)가 (가)보다 밀도가 2배이므로 XO_2 의 분자량은 O_2 의 2배이다. 따라서 원자량은 X가 O의 2배이다.

ㄴ. 아보가드로 법칙에 의해 같은 온도와 압력에서 기체의 종류에 관계없이 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있으므로 (가)와 (나)에는 같은 수의 기체 분자가 들어 있다.

ㄷ. (가)와 (나)에 같은 수의 기체 분자가 들어 있으므로 (가)와 (나)의 전체 원자 수비는 $\text{O}_2 : \text{XO}_2 = 2 : 3$ 이다.

문제 속 자료 아보가드로 법칙 이용



온도와 압력이 같을 때, 부피가 같은 기체 O_2 와 XO_2 는 분자 수가 같으므로 O_2 와 XO_2 사이의 질량비가 분자량비가 되고, 밀도비와도 같다. \rightarrow (가)와 (나)의 밀도비 = 분자량비 = 질량비

$$\frac{\text{O}_2 \text{ 기체의 밀도}}{\text{XO}_2 \text{ 기체의 밀도}} = \frac{\text{O}_2 \text{ 기체의 분자량}}{\text{XO}_2 \text{ 기체의 분자량}} = \frac{\text{O}_2 \text{ 기체의 질량}}{\text{XO}_2 \text{ 기체의 질량}}$$

- 021 답 ⑤** | 화학 반응식에서 반응물과 생성물의 원자 종류와 개수가 같아야 하므로 $a=1$, $b=3$, $c=2$, $d=3$ 이다.

- 022 답 ②** | 화학 반응식에서 반응물과 생성물의 원자의 종류와 개수는 변하지 않아야 한다.

H 원자 수: $6 = 2c$

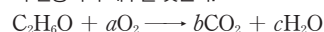
C 원자 수: $2 = b$

O 원자 수: $1 + 2a = 2b + c$

따라서 $a=3$, $b=2$, $c=3$ 이므로 $a \times b = 6$ 이다.

문제 속 자료 화학 반응식의 계수 맞추기

간단한 화학 반응식에서는 반응 전후 원자의 종류와 개수를 비교하여 화학 반응식의 계수를 맞춘다.



· C: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 의 계수가 1이므로 반응 전 C의 원자 수가 2이다. 따라서 화살표 오른쪽의 생성물 CO_2 의 계수는 2이다.

· H: H의 원자 수가 6이므로 화살표 오른쪽의 H_2O 의 계수는 3이다.

· O: b 가 2, c 가 3이므로 화살표 오른쪽의 O의 원자 수는 총 7이다. 화살표 왼쪽의 O 원자 수는 $1 + 2a$ 이므로 a 는 3이다.

▶ 완성된 화학 반응식: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

- 023 답 ④** | ④ 암모니아 분자는 N와 H 2종류의 원소로 이루어져 있다.

오답 피하기

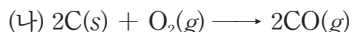
① 화학 반응식에서 반응 전후의 질소, 수소 원자의 수가 같으므로 $a=1$, $b=3$ 이다.

② 수소와 질소는 반응물이고 생성물은 암모니아이다.

③ 화학 반응이 일어날 때 원자의 종류와 개수는 반응 전후 변화가 없다.

⑤ 암모니아 2분자를 생성하기 위해 질소 원자 2개가 필요하다.

024 답 ③ | 화학 반응에서 반응 전후의 원자 종류와 개수가 같아야 하므로 (가)와 (나)의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



ㄱ. $a=1, b=1$ 이므로 $a+b=2$ 이다.

ㄴ. ㉠은 CO이다.

오답 피하기

ㄷ. (가)에서 반응하는 몰비는 $C : O_2 = 1 : 1$ 이고, (나)에서 반응하는 몰비는 $C : O_2 = 2 : 1 = 1 : \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 같은 온도와 압력에서 1몰의 C가 모두 반응할 때 필요한 O_2 의 최소 부피비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.

025 답 ③ | ㄱ, ㄴ. 탄산 칼슘($CaCO_3$)과 묽은 염산(HCl)의 반응식에서 반응물과 생성물의 원자 종류와 개수를 맞추면 x 는 2, (가)는 CO_2 이다.

오답 피하기

ㄷ. 질량 보존 법칙에 의해 반응 전후 물질의 질량 합은 같다.

026 답 ② | A_2 분자 1개와 AB 분자 2개가 반응하여 A_2B 분자 2개를 생성하므로 화학 반응식은 $A_2 + 2AB \longrightarrow 2A_2B$ 이다.

027 답 ④ | ㄴ. AB 분자 4개가 B_2 분자 2개와 반응하여 AB_2 분자 4개를 생성한다. 화학 반응식에서 계수비는 분자 수의 비이므로 $4AB(g) + 2B_2(g) \longrightarrow 4AB_2(g)$ 이다. 이때 계수를 가장 간단한 정수로 나타내면 화학 반응식은 $2AB(g) + B_2(g) \longrightarrow AB_2(g)$ 이다.

ㄷ. 반응 후 반응물 AB가 2개 남아 있으므로 B_2 를 더 넣으면 생성물의 양이 증가한다.

오답 피하기

ㄱ. 생성물은 AB_2 1가지이다.

028 답 ① | ㄱ. 반응 전의 실린더 속에 A 분자 5개와 B 분자 9개가 존재하며 반응 후 실린더 속에 A 분자 2개, C 분자 6개가 있다. 즉, A 분자 2개는 반응에 참여하지 않았으므로, A 분자 3개와 B 분자 9개가 반응하여 C 분자 6개가 생성되는 것이다. 따라서 화학 반응식은 $A + 3B \longrightarrow 2C$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. C 분자 2개의 질량은 A 분자 1개와 B 분자 3개의 질량 합과 같다. 따라서 (C 분자량 $\times 2 =$ A 분자의 분자량 + B 분자의 분자량 $\times 3$)이므로 C의 분자량은 $\frac{(A의 분자량) + (3 \times B의 분자량)}{2}$ 이다.

ㄷ. 실린더의 부피는 반응 전보다 반응 후에 줄어든다. 기체의 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이며, 질량 보존 법칙에 의해 반응 전후 실린더 속 혼합 기체의 질량은 일정하므로 밀도는 증가한다.

029 답 ② | 반응 전에 XY가 3개, Y_2 가 1개 있고, 반응 후에는 XY 1개와 XY_2 2개가 있다. XY 1개는 반응에 참여하지 않았으므로 화학 반응식으로 나타내면 $2XY + Y_2 \longrightarrow 2XY_2$ 이다.

ㄷ. 반응 전후 원자의 종류와 개수가 같으므로 용기에 존재하는 물질의 총 질량은 보존된다.

오답 피하기

ㄱ. 생성물의 종류는 XY_2 1가지이다.

ㄴ. 반응하는 XY와 Y_2 의 몰비는 화학 반응식에서 계수비와 같으므로 2 : 1이다.

030 답 ③ | ㄱ. 화학 반응식을 완성하기 위해 $M(s)$ 와 $H_2(g)$ 의 몰비를 구해야 한다. 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ 이고, 반응한 $M(s)$ 의 양은 w g으로 주어졌으므로 M의 원자량을 알면 $M(s)$ 의 양(mol)을 구할 수 있다.

ㄴ. 화학 반응식을 완성하기 위해 H_2 의 양(mol)도 알아야 한다. H_2 의 부피를 측정하였으므로, $t^\circ C$, 1 기압에서 기체 1몰의 부피를 알면 $H_2(s)$ 의 양(mol)을 구할 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 화학 반응식 완성에 반응한 HCl의 부피는 필요없다.

031 답 ② | 화학 반응식을 보면 금속 M이 1몰 반응할 때 수소 기체 1몰이 발생한다. 금속 M 1.2 g과 반응하여 발생한 수소 기체의 부피가 1.12 L이므로 수소 기체의 양(mol)은 $\frac{1.12 L}{22.4 L} = 0.05$ 몰이다. 따라서 금속 M의 원자량은 $\frac{1.2}{0.05} = 24$ 이다.

문제 속 자료

화학 반응식의 양적 관계

[화학 반응식]



→ 반응식의 계수비=몰비=M : H_2 = 1 : 1

[실험 결과]

실험이 끝난 후 $0^\circ C$, 1 기압에서 발생한 H_2 의 부피 = 1.12 L

→ H_2 의 양(mol) = $\frac{1.12}{22.4} = 0.05$ 몰

원자와 분자의 양(mol) 구하기

원자의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{원자량}}$

분자의 양(mol) = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{분자량}} = \frac{\text{분자 수}}{6.02 \times 10^{23} \text{개}} = \frac{\text{부피(L)}}{22.4} (0^\circ C, 1 \text{ 기압})$

- 032 답 ①** | ㄱ. 화학 반응식에서 반응 전후의 원자의 종류와 개수가 변하지 않으므로 화학 반응식을 완성시키면 $M(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MCl_2(aq) + H_2(g)$ 이다. 따라서 $a=2$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. 그래프를 통해 금속 $M(s)$ 이 충분한 양의 염산($HCl(aq)$)과 반응하여 수소 기체(H_2) 5.6 L를 생성하였고, H_2 는 $\frac{5.6}{22.4} = 0.25$ 몰 생성되었음을 알 수 있다. 반응한 6 g의 M 도 0.25몰이므로 M 1몰은 $6\text{ g} \times 4 = 24\text{ g}$ 이다. M 1몰의 질량이 24 g이므로 M 의 원자량은 24이다.

ㄷ. M 1몰이 24 g이므로 M 12 g은 $\frac{12}{24} = 0.5$ 몰이다. 따라서 M 12 g과 반응하여 생성되는 H_2 는 0.5몰이므로 H_2 질량은 1 g이다.

- 033 답 ①** | 1 기압에서 기체 1몰의 부피가 24 L이므로 실험 I에서 생성된 $CH_4(g)$ 48 mL는 $\frac{0.048\text{ L}}{24\text{ L/몰}} = 2 \times 10^{-3}$ 몰이고, (나)에서 반응물과 생성물의 반응 몰비는 $C : H_2 : CH_4 = 1 : 2 : 1$ 이므로 반응한 C 는 2×10^{-3} 몰, H_2 는 4×10^{-3} 몰이다. M 과 H_2 의 반응 몰비가 1 : 1이므로 M 의 양(mol)은 4×10^{-3} 몰이다.

실험 I의 (가)에서 반응한 M w mg은 4×10^{-3} 몰이므로 M 의 원자량은 $\frac{w}{4}$ 이다. 실험 I의 (나)에서 반응한 C 는 2×10^{-3} 몰이고, 원자량이 12이므로 반응한 C 의 질량은 $2 \times 10^{-3} \times 12 = 24\text{ mg}$ 이고 반응하지 않고 남은 C 의 질량이 12 mg이므로 반응 전 C 의 질량은 $24 + 12 = 36\text{ mg}$ 이다. 따라서 $a=36$ 이다.

M 은 4×10^{-3} 몰이므로 실험 II의 (가)에서 M $2w$ mg은 $2 \times 4 \times 10^{-3}\text{ 몰} = 8 \times 10^{-3}\text{ 몰}$ 이다. M $2w$ mg을 충분한 양의 HCl 과 반응시키면 H_2 8×10^{-3} 몰이 생성된다. (나)에서 H_2 8×10^{-3} 몰을 C 36 mg과 반응시키면 C 가 3×10^{-3} 몰이므로 CH_4 가 3×10^{-3} 몰이 생성된다. 따라서 x 는 3이므로 $\frac{a}{x} \times (M\text{의 원자량}) = \frac{36}{3} \times \frac{w}{4} = 3w$ 이다.

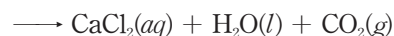
- 034 답 ①** | (가)에서는 페트병에 공기가 들어 있으며 (다)에서는 페트병에 이산화 탄소만 들어 있다. 드라이아이스에서 발생한 이산화 탄소가 공기보다 밀도가 크므로 공기를 밀어내어 결국 이산화 탄소만 페트병에 남게 된다. '(다)에서 측정된 질량-(가)에서 측정된 질량'은 '이산화 탄소의 질량-공기의 질량'이므로 이산화 탄소의 질량을 구하려면 공기의 질량을 더해 주어야 한다. 따라서 공기의 질량을 알아야 하며, 공기의 질량은 '공기의 밀도 \times 페트병의 부피'로 구할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. ㄷ. 이산화 탄소 질량을 구할 때, (나)에서 넣어 준 드라이아이스의 부피와 물을 채운 페트병의 질량은 필요없다. (라)에서 페트병의 부피를 알기 위해, 물을 채워 눈금실린더로 부피를 측정한 것이다.

- 035 답 ④** | CO_2 의 질량은 (다)에서 측정한 w_2 에서 페트병의 질량을 뺀 것으로 (b -페트병의 질량)이다. 페트병의 질량은 (가)에서 측정한 w_1 에서 공기의 질량을 뺀 것으로 (a -공기의 질량)이다. 따라서 CO_2 의 질량은 ' $b-(a-\text{공기의 질량})$ '이므로 ' $b-a+\text{공기의 질량}$ '이다. 공기의 질량은 '공기의 밀도 \times 부피'이므로 1.2×0.2 이다. 따라서 (바)의 식을 이용하여 CO_2 를 구하면 $\frac{(b-a+1.2 \times 0.2) \times 300}{1 \times 0.2} \times 0.08$ 이다. 식을 계산하면 $120(b-a+0.24)$ 이다.

- 036 답 ⑤** | $CaCO_3(s)$ 과 $HCl(aq)$ 의 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄴ. 생성된 기체의 질량은 반응 전 $CaCO_3$ 의 질량(w_1)과 반응 전 삼각 플라스크의 질량(w_2)을 더한 값에서 반응 후 삼각 플라스크의 질량(w_3)을 뺀 값으로 ($w_1 + w_2 - w_3$)이다.

ㄷ. 반응한 $CaCO_3$ 와 생성된 CO_2 의 몰비는 화학 반응식의 계수비를 통해 알 수 있다. 반응물 $CaCO_3$ 의 계수가 1이고, 생성된 CO_2 의 계수가 1이므로 몰비는 1 : 1이다.

오답 피하기

ㄱ. 실험 I, II, III의 생성된 기체의 질량을 보면 $CaCO_3$ 의 질량이 늘어날수록 생성된 기체의 질량이 일정하게 0.44 g씩 증가하는 것을 볼 수 있다. 하지만 III과 IV 사이에서는 0.44 g에 미치지 못하고 0.12 g만 생성된 것을 볼 수 있다. 즉, $CaCO_3$ 의 질량이 3.00~4.00 g일 때 HCl 이 한계 반응물이 되어 CO_2 의 생성량이 더 증가하지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 $CaCO_3$ 5.00 g에서 x 는 1.44 g이다.

문제 속 자료

화학 반응의 몰비

탄산 칼슘과 묽은 염산이 반응할 때 발생하는 이산화 탄소의 양 계산
화학 반응의 계수비는 반응물과 생성물의 몰비와 동일하다.

[1단계] 탄산 칼슘과 묽은 염산이 반응하면 이산화 탄소 기체가 생성되어 빠져 나가므로 반응 후 질량이 감소한다. (반응 전후 질량 차이 = 빠져 나간 이산화 탄소 기체의 질량)

[2단계] 반응한 물질과 생성된 물질의 몰비는 반응한 물질의 질량에 관계 없이 항상 일정하다.

[3단계] 반응물과 생성물의 몰비는 화학 반응식의 계수비와 같다.

탄산 칼슘과 묽은 염산의 반응에서 양적 관계 이해

탄산 칼슘과 묽은 염산의 반응에서 탄산 칼슘의 질량이 증가할수록 생성된 이산화 탄소의 질량도 증가 \Rightarrow 두 물질의 몰비는 항상 일정(1 : 1) \Rightarrow 화학 반응에서 물질의 몰비는 화학 반응식의 계수비와 같다.

- 037 답 ⑥** | ㄴ, ㄷ. 화학 반응에서 몰 관계를 비교하기 위해서는 반응물과 생성물의 양을 몰로 나타내야 한다. 반응한 탄산 칼슘의 양(mol)은 $\frac{\text{탄산 칼슘의 질량}}{\text{탄산 칼슘의 화학식량}}$ 으로부터 알 수 있다. 생성된 이산화 탄소의 양(mol)은 $\frac{\text{이산화 탄소의 질량}}{\text{이산화 탄소의 분자량}}$ 으로부터 구한다.

오답 피하기

ㄱ. 실험에서 충분한 양의 묽은 염산을 사용하였으므로 묽은 염산의 농도는 필요하지 않다.

- 038 답 ①** | ㄴ. (나)에서 탄산 칼슘 1.0 g을 삼각 플라스크에 넣었을 때 모두 반응하였으므로 반응한 CaCO_3 은 $\frac{1.0}{100} = 0.01$ 몰이다.

오답 피하기

ㄱ. 묽은 염산과 삼각 플라스크의 질량(w_1)에 탄산 칼슘을 1 g 넣으면 CO_2 가 발생하므로 전체 질량은 감소한다. 즉, $w_1 + 1.0 = w_2 + \text{발생한 } \text{CO}_2 \text{의 질량}$ 이므로 $w_1 + 1.0 > w_2$ 이다.

ㄷ. 반응한 CaCO_3 과 생성된 CO_2 의 몰비는 화학 반응식의 계수비를 통해 알 수 있다. 생성된 CO_2 의 양(mol)은 반응한 CaCO_3 의 양(mol)의 계수비가 1 : 1로 같으므로 0.01몰이다.

- 039 답 ③** | 화학 반응식으로부터 반응 몰비는 $A : B : C = 1 : 2 : 2$ 이다. 실험 I에서 반응 후 존재하는 B와 C의 몰비가 1 : 1이며 A가 모두 소모되었으므로 반응 전후의 물질의 양(mol)을 나타내면 다음과 같다.

	A	+	2B	→	2C
반응 전 양(몰)	a		4a		0
반응한 양(몰)	-a		-2a		+2a
반응 후 양(몰)	0		2a		2a

따라서 반응 전 A와 B의 몰비는 1 : 4이다.

실험 II에서 반응 후 존재하는 A와 C의 몰비가 1 : 1이며 B가 모두 소모되었으므로 반응 전후의 물질의 양(mol)을 나타내면 다음과 같다.

	A	+	2B	→	2C
반응 전 양(몰)	3b		2b		0
반응한 양(몰)	-b		-2b		+2b
반응 후 양(몰)	2b		0		2b

따라서 반응 전 A와 B의 몰비는 3 : 2이다.

ㄱ. 실험 I에서 A와 B는 1 : 2의 몰비로 반응하고, 반응 전 A와 B의 몰비는 1 : 4이다. 즉, B는 반응물 3.2 g 중 절반인 1.6 g이 반응하고 나머지 절반인 1.6 g이 남는다.

ㄴ. 실험 I에서 반응 전후의 질량을 나타내면 다음과 같다.

	A	+	2B	→	2C
반응 전 질량(g)	0.7		3.2		0
반응한 질량(g)	-0.7		-1.6		+2.3
반응 후 질량(g)	0		+1.6		+2.3

질량 보존 법칙에 의해 반응물과 생성물의 질량비는

$A : B : C = 0.7 : 1.6 : 2.3$ 이고 몰비는 계수비와 같으므로

$A : B : C = 1 : 2 : 2$ 이다. 분자량 = $\frac{\text{질량}}{\text{물질의 양(mol)}}$ 이므로

분자량비는 $A : B : C = \frac{0.7}{1} : \frac{1.6}{2} : \frac{2.3}{2} = 14 : 16 : 23$

이다. 따라서 C의 분자량이 46일 때 A의 분자량은 28이다.

오답 피하기

ㄷ. 실험 I과 실험 II에서 반응한 질량은 1.6 g으로 동일하므로 실험 II에서 반응한 A의 질량은 0.7 g이다. 반응 후 몰비가 $A : C = 1 : 1$ 이 되기 위해서 반응 전 A의 질량은 반응한 A의 질량의 3배가 되어야 하므로 2.1 g이다.

- 040 답 ①** | 실험 I과 II의 반응 전과 반응 후의 전체 물질의 양(mol)을 비교하면 각각 $4n > 2n$, $5n > 2n$ 이므로 반응물의 계수 합(1+2)이 생성물의 계수의 합(c)보다 커야 한다. 따라서 c는 1 또는 2이다.

실험 I에서 반응 전 전체 기체의 양(mol)은 $4n$ 이므로 A가 x 몰이면 B는 $(4n - x)$ 몰이다. 실험 I에서 A가 모두 소모되었으며 반응 전후의 물질의 양(mol)을 나타내면 다음과 같다.

	A	+	2B	→	cC
반응 전 양(몰)	x		4n-x		0
반응한 양(몰)	-x		-2x		+cx
반응 후 양(몰)	0		4n-3x		cx

반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $4n - 3x + cx = 2n$ 이다. $c=1$ 인 경우, $4n - 2x = 2n$ 이므로 $x=n$ 이다. 실험 I의 x에 n을 대입하면 다음과 같다.

	A	+	2B	→	C
반응 전 양(몰)	n		3n		0
반응한 양(몰)	-n		-2n		n
반응 후 양(몰)	0		n		n

따라서 실험 I에서 반응 전 A, B는 각각 n, 3n몰이고 반응 후 B, C는 모두 n몰이다.

$c=2$ 인 경우, $4n - x = 2n$ 이므로 $x=2n$ 이다. 따라서 실험 I의 x에 2n을 대입하면 다음과 같다.

	A	+	2B	→	C
반응 전 양(몰)	2n		2n		0
반응한 양(몰)	-2n		-4n		4n
반응 후 양(몰)	0		-2n		4n

반응 후 B의 양(mol)이 음의 값이 되어 불가능한 경우이므로 $c=1$ 이다.

실험 II에서 반응 전 전체 기체의 양(mol)은 $5n$ 이므로 B가 y 몰이라면, A는 $(5n-y)$ 몰이다. 실험 II에서 B가 모두 소모되었으며 반응 전후의 물질의 양(mol)을 나타내면 다음과 같다.

	A	+	2B	→	C
반응 전 양(몰)	5n-y		y		0
반응한 양(몰)	$-\frac{y}{2}$		-y		$+\frac{y}{2}$
반응 후 양(몰)	$5n-\frac{3y}{2}$		0		$\frac{y}{2}$

반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $5n-\frac{3y}{2}+\frac{y}{2}=2n$ 이므로 $y=3n$ 이다. 따라서 실험 II의 y 에 $3n$ 을 대입하면 다음과 같다.

	A	+	2B	→	C
반응 전 양(몰)	2n		3n		0
반응한 양(몰)	$-\frac{3}{2}n$		-3n		$\frac{3}{2}n$
반응 후 양(몰)	$\frac{1}{2}n$		0		$\frac{3}{2}n$

따라서 실험 II에서 반응 전 A, B는 각각 $2n$ 몰, $3n$ 몰이고 반응 후 A, C는 각각 $0.5n$ 몰, $1.5n$ 몰이다.

ㄱ. 실험 I과 II에서 반응 전 B의 양(mol)은 각각 $3n$ 으로 서로 같다.

오답 피하기

ㄴ. 실험 I에서 C가 n 몰 생성되었고, 실험 II에서는 C가 $1.5n$ 몰이 생성되었다. 따라서 질량은 실험 II에서가 I에서의 1.5배이다.

ㄷ. 질량 보존 법칙에 의해 반응 전후 전체 기체의 질량은 변하지 않는다. A, B의 분자량을 각각 M_A , M_B 라고 하면, 실험 I의 전체 질량은 $n \times M_A + 3n \times M_B = 34$ g이고, 실험 II의 전체 질량은 $2n \times M_A + 3n \times M_B = 62$ g이다. 따라서 $M_A = \frac{28}{n}$, $M_B = \frac{2}{n}$ 이므로 분자량은 A가 B의 14배이다.

041 답 ⑤ | 실험 I에서 반응 전 전체 기체의 부피가 14.4 L이고, 기체 1몰의 부피는 24 L이므로 $\frac{14.4}{24} = 0.6$ 몰이다. 기체의

부피비는 몰비와 같기 때문에 반응 전후의 부피비가 몰비와 같다. 반응 전후의 부피비가 4 : 3이고, 반응 후의 양(mol)을 x 라고 하면 반응 전후의 몰비는 $0.6 : x$ 이므로 $4 : 3 = 0.6 : x$ 이다. 따라서 x 는 0.45이다. 반응 전과 후에 존재하는 실린더 내 기체의 양(mol)은 다음과 같다.

	2A	+	B	→	2C
반응 전 양(몰)	2y		0.6-2y		0
반응한 양(몰)	-2y		-y		+2y
반응 후 양(몰)	0		0.6-3y		2y

반응 후 남아 있는 기체의 양(mol)은 $0.6-y=0.45$ 이므로 y 는 0.15몰이다. y 에 0.15를 대입하면 기체의 양(mol)은 다음과 같다.

	2A	+	B	→	2C
반응 전 양(몰)	0.3		0.3		0
반응한 양(몰)	-0.3		-0.15		+0.3
반응 후 양(몰)	0		0.15		0.3

ㄱ. 실험 I에서 반응 전 A와 B의 양(mol)은 0.3몰이고, A와 B의 질량이 각각 9.0 g, 9.6 g이므로, A와 B의 분자량은 각각 30, 32이다. 반응 후 남은 B의 질량은 0.15 몰 \times 32 g/몰 = 4.8 g이다.

ㄴ. 질량 보존 법칙에 의해 반응 전과 반응 후의 질량은 같아야 하므로 반응 전 A와 B의 질량이 $9.0 + 9.6 = 18.6$ g이고, 반응 후 A는 완전히 소모되어 0이므로 B와 C의 질량의 합이 18.6 g이 된다. B가 4.8 g이므로 C는 13.8 g이다. 따라서 C의 분자량은 $\frac{13.8}{0.3} = 46$ 이다.

ㄷ. 실험 II의 반응 전과 후에 존재하는 실린더 내 기체의 양(mol)을 구하여 나타내면 다음과 같다.

	2A	+	B	→	2C
반응 전 양(몰)	0.2		0.7		
반응한 양(몰)	-0.2		-0.1		+0.2
반응 후 양(몰)	0		0.6		0.2

반응 전과 후의 몰비가 9 : 8이므로 $x : y = 9 : 8$ 이다.

042 답 ④ | 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 분자 수에 비례한다.

ㄴ. 아보가드로 법칙에 의해 (가)와 (나)의 단위 부피당 분자 수는 같다.

ㄷ. 보기 ㄱ에서 A와 B의 분자량비를 구하면 A의 분자량이 B의 $\frac{1}{2}$ 이므로 (나)의 질량은 (가)의 2배이고, (나)의 부피는 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 밀도비는 (가) : (나) = 3 : 4이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에 A와 같은 질량의 B를 넣었을 때 부피가 1 L 증가했으므로 B의 부피는 1 L이다. 따라서 A와 B의 부피비는 2 : 1이고 분자 수비도 2 : 1이다. 물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ 이므로 분자량 = $\frac{\text{질량}}{\text{물질의 양(mol)}}$ 이다. A와 B의 질량이 같으므로 'A의 분자량 : B의 분자량 = $\frac{1}{2} : 1$ '이다. 따라서 A의 분자량은 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

043 답 ④ | 기체 A와 B의 질량은 같고, 반응 후 남은 B와 C의 질량비가 3 : 4이므로 전체 기체의 질량을 $7x$ 로 둔다. 질량 보존 법칙에 의해 반응 전 기체 A와 B의 질량 합도 $7x$ 이고, 기체 A와 B의 질량이 같으므로 A, B의 질량은 각각 $3.5x$ 이다. 반응 전과 후에 실린더 내에 존재하는 기체의 질량은 다음과 같다.

	A	+	2B	→	C
반응 전 질량(g)	3.5x		3.5x		0
반응한 질량(g)	-3.5x		-0.5x		+4x
반응 후 질량(g)	0		3x		4x

ㄴ. 보기 ㄱ에서 A, B, C의 분자량비는 14 : 1 : 16이다. 반응 후 실린더에는 B가 $3x$ g, C가 $4x$ g 남아 있다.

'물질의 양(mol) = $\frac{\text{질량}}{\text{분자량}}$ ' 이므로 실린더에 남은 'B의 양(mol) : C의 양(mol) = $\frac{3x}{1} : \frac{4x}{16}$ ' 이다. 정리하면 B와 C의 몰비는 12 : 1이다.

ㄷ. 보기 ㄴ에서 실린더에 남은 B와 C의 몰비는 12 : 1이므로 남은 B와 C의 양(mol)은 각각 $12n$, n 이다. 따라서 반응 전과 후 실린더 속 A~C의 양(mol)은 다음과 같다.

	A	+	2B	→	C
반응 전 양(몰)	n		14n		0
반응한 양(몰)	-n		-2n		+n
반응 후 양(몰)	0		12n		n

반응 전과 후의 전체 기체의 질량은 같고 기체의 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이다. 질량이 같으므로 밀도는 부피에 반비례하며 부피는 물질의 양(mol)과 비례한다. 따라서 반응 전과 후의 밀도비는 $\frac{1}{n+14n} : \frac{1}{12n+n}$ 이므로 $\frac{1}{15} : \frac{1}{13} = 13 : 15$ 이다.

오답 피하기

ㄱ. 기체 A~C의 반응에서 몰비는 화학 반응식을 통해 1 : 2 : 1인 것을 알 수 있고, 질량비는 $3.5x : 0.5x : 4x = 7 : 1 : 8$ 이므로 분자량(= $\frac{\text{질량}}{\text{물질의 양(mol)}}$)의 비는 14 : 1

: 16이다. 따라서 A와 B의 분자량비는 14 : 1이다.

044 답 ④ | ㄱ. 반응 전후 X와 Y의 질량 차이만큼 O_2 가 반응하므로 $160 \text{ g} - 128 \text{ g} = 32 \text{ g}$ 이다. 반응한 O_2 의 양(mol)은 $\frac{32 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 1$ 몰이다. X와 O_2 는 2 : 1로 반응하므로 반응한 X의 양(mol)은 2몰이고, 반응 전 전체 기체는 5몰이다. 같은 온도, 압력에서 기체의 부피비와 몰비는 같다. 따라서 피스톤의 높이가 $5h : 4h$ 이므로 반응 전후 몰비는 5 : 4이다. 반응 후 전체 기체는 4몰이고, O_2 는 반응 전 3몰에서 반응 후 2몰 남으므로 생성된 Y는 2몰이다. 따라서 반응 계수 $a = 2$ 이다.

ㄷ. X 2몰의 질량은 128 g이고, 반응 후 남아 있는 O_2 2몰을 모두 반응시키기 위해 추가로 필요한 X는 최소 4몰이므로 2몰의 질량 $\times 2 = 128 \times 2 = 256 \text{ g}$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. Y 2몰의 질량이 160 g이므로 분자량은 $\frac{160}{2} = 80$ 이다.

045 답 ② | 실험 I에서 A_2 가 모두 반응하여 소모되고, B_2AB_3 만 남는다. 반응 전과 후에 존재하는 실린더 내 기체의 양(mol)은 다음과 같다.

	A_2	+	$3B_2$	→	$2AB_3$
반응 전 양(몰)	a		b		
반응한 양(몰)	-a		-3a		+2a
반응 후 양(몰)	0		b-3a		2a

실린더 내 반응 전 A_2 가 a몰, B_2 가 b몰이고 반응 후 A_2 가 모두 반응하였다. 화학 반응식에 따르면 A_2 와 B_2 가 1 : 3의 비로 반응하므로 $a : 3a$ 로 반응하고 AB_3 가 2a 생성된다.

반응 전의 기체 양(mol)의 합은 $(a+b)$ 이고, 반응 후의 기체 양(mol)의 합은 $(b-3a+2a) = (b-a)$ 이다. 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 부피에 비례하므로 $(a+b) : (b-a) = 9 \text{ L} : 6 \text{ L}$ 이다. 따라서 $5a = b$ 이다.

실험 I과 실험 II에서 반응 전 기체의 양(mol)의 합은 $(a+b)$ 로 같고, 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)이 같으면 기체의 부피도 같으므로 실험 II에서 반응 전 부피는 9 L이다. 실험 II에서 B_2 가 모두 반응하여 소모되고, A_2 와 AB_3 만 남는다. 반응 전과 후에 존재하는 실린더 내 기체의 양(mol)은 다음과 같다.

	A_2	+	$3B_2$	→	$2AB_3$
반응 전 양(몰)	5a(=b)		a		
반응한 양(몰)	$-\frac{1}{3}a$		-a		$+\frac{2}{3}a$
반응 후 양(몰)	$\frac{14}{3}a$		0		$\frac{2}{3}a$

실린더 내 반응 전 물질의 양(mol)은 A_2 가 b 몰, B_2 가 a 몰이고 반응 후 B_2 가 모두 반응하였다. 실험 I을 통해 $b=5a$ 이므로 A_2 를 b 대신 $5a$ 로 계산한다.

반응 전의 기체 양(mol)의 합은 $6a$ 이고, 반응 후의 기체 양(mol)의 합은 $\frac{14}{3}a + \frac{2}{3}a$ 이므로 $\frac{16}{3}a$ 이다.

따라서 $6a : \frac{16}{3}a = 9L : xL$ 이므로 x 는 8이다.

046 답 ① | 기체 X_2 와 Y_2 가 반응하여 XY 를 생성하므로 화학 반응식은 $X_2 + Y_2 \longrightarrow 2XY$ 이다. X_2 와 Y_2 는 1 : 1의 몰 비로 반응한다.

ㄴ. 기체의 밀도는 온도와 압력이 같을 때 같은 부피에서 분 자량에 비례하고, X_2 와 Y_2 는 이원자 분자이므로 기체의 밀 도비는 원자량비와 같다. (가)에서 기체의 밀도비는 $X_2 : Y_2 = 7 : 8$ 이므로 원자량비는 $X : Y = 7 : 8$ 이다.

오답 피하기

ㄱ. 같은 온도와 압력에서 기체의 부피는 물질의 양(mol)에 비례하며, (가)에서 X_2 의 부피가 Y_2 의 부피보다 크므로 X_2 의 양(mol)이 Y_2 의 양(mol)보다 많다. 따라서 (나)에서 쿡 a를 열면 Y_2 가 모두 반응한다.

ㄷ. (나)에서 반응 후 혼합 기체에 대한 기체 XY 의 질량비 가 $\frac{15}{22}$ 이므로 생성된 XY 의 질량이 $15x$ 이면 남은 기체 X_2 의 질량은 $7x$ 이다. X 와 Y 의 원자량비가 7 : 8이므로 생성 된 XY 가 $15x$ 일 때 반응한 X_2 는 $7x$, Y_2 는 $8x$ 이며, (가)~(다)에서 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

단계		질량비			부피비	밀도비
		X_2	Y_2	XY		
(가)	과정	14	8	0		
	반응	-7	-8	+15		
(나)	결과	7	0	15	3	$\frac{22}{3}$
	과정		+8			
(다)	반응	-7	-8	+15		
	결과	0	0	30	4	$\frac{30}{4}$

반응 후 기체의 밀도비는 (나) : (다) = 44 : 45이다.

047 답 ⑤ | ㄱ. 20 °C, 1 기압에서 기체 1몰의 부피가 24 L이 다. 부피비는 몰비와 같으므로 (가)에서 X_2 12 L는 $\frac{12}{24} = 0.5$ 몰에 해당한다.

ㄴ. (나)에서 용기의 부피가 6 L이고, 물질의 양(mol)은 $\frac{6}{24} = 0.25$ 몰이다. (가)에서 X_2 0.5몰의 질량이 16 g이므로

(나)에 X_2 0.25몰의 질량은 8 g이다.

ㄷ. X_2 0.5몰의 질량이 16 g이므로 1몰의 질량은 32 g이다. 따라서 X 의 원자량은 16이다.

048 답 ② | [자료]의 그래프에서 기체 A 4 g이 기체 B와 반응하 여 기체 C 5 g이 되었으므로 질량비는 $A : B : C = 4 : 1 : 5$ 이다.

쿡 I을 열면 기체 A 2.0 g과 기체 B 2.5 g 중에서 0.5 g이 4 : 1의 질량비로 반응하여 기체 C 2.5 g을 생성하고, 기체 B 2.0 g이 남는다.

	$2A$	$+$	bB	\longrightarrow	$2C$
반응 전 질량(g)	2.0		2.5		
반응한 질량(g)	-2.0		-0.5		+2.5
반응 후 질량(g)	0		2.0		2.5

질량비 4 : 1 : 5로 반응

기체 B의 분자량을 M_B , 기체 C의 분자량을 M_C 라고 하면 B와 C의 계수비=분자 수비이므로,

$$b : 2 = \frac{0.5}{M_B} : \frac{2.5}{M_C} \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

[실험 결과]에서 B와 C의 분자 수비가

$$2 : 1 = \frac{2}{M_B} : \frac{2.5}{M_C} \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

①에서 $M_B = \frac{2}{5}M_C$ 임을 구하여 이를 ②에 대입하면,

$$b : 2 = \frac{5}{4M_C} : \frac{2.5}{M_C}, \frac{5}{2M_C} = \frac{b \times 2.5}{M_C} \text{이므로, } b=1 \text{이다.}$$

쿡 II를 열면 기체 A w g과 과정 (나)에서 남은 기체 B 2.0 g이 반응하게 된다.

	$2A$	$+$	B	\longrightarrow	$2C$
반응 전 질량(g)	w		2.0		2.5
반응한 질량(g)	-8		-2.0		+10.0
반응 후 질량(g)	$w-8$		0		12.5

질량비 4 : 1 : 5로 반응

기체 A의 분자량을 M_A 라고 하면 A와 C의 계수비=분자 수비이므로,

$$2 : 2 = 1 : 1 = \frac{8}{M_A} : \frac{10}{M_C} \quad \cdots \cdots \textcircled{3}$$

[실험 결과]에서 A와 C의 몰비가

$$2 : 5 = \frac{w-8}{M_A} : \frac{12.5}{M_C} \quad \cdots \cdots \textcircled{4}$$

③에서 $M_A = \frac{4}{5}M_C$ 임을 구하여 이를 ④에 대입하면,

$$2 : 5 = \frac{5(w-8)}{4M_C} : \frac{12.5}{M_C}, \frac{25(w-8)}{4M_C} = \frac{25}{M_C} \text{이므로, } w=12 \text{이다. 따라서 } b=1, w=12 \text{이므로, } b \times w = 1 \times 12 = 12 \text{이다.}$$

049 답 ③ | 러더퍼드가 얇은 금박에 α 입자를 충돌시키는 실험을 한 결과, 대부분의 α 입자들은 거의 휘지 않고 금박을 그대로 통과하지만, 극소수의 α 입자들이 튕겨 나오는 현상을 관찰하였다. 따라서 원자의 대부분은 빈 공간이고, 중심에 (+)전하를 띠는 매우 작고 원자 질량의 대부분을 차지하는 입자가 있다는 것을 알아냈으며, 이를 원자핵이라고 하였다.

050 답 ④ | 민수는 러더퍼드가 사용한 금($_{79}\text{Au}$)박 대신 원자핵의 전하량이 작은 알루미늄($_{13}\text{Al}$)박으로 α 입자 산란 실험을 하였고, 실험 결과 경로가 휘거나 튕겨 나온 α 입자의 수가 감소한 것을 발견하였다. 이는 민수가 원자핵의 전하량이 경로가 휘거나 튕겨 나온 α 입자의 수에 영향을 미칠 것이라는 가설을 세우고 실험을 진행한 것이다.

오답 피하기

- ① 원자에서 (-)전하를 띠는 입자는 전자로, 이는 톰슨의 음극선 실험과 관련이 있다.
- ② 원자에서 전자의 위치를 확률적으로만 나타낼 수 있다는 것은 불확정성의 원리와 관련이 있다.
- ③ 전자가 원자핵 주변의 허용된 원형 궤도를 따라 움직이는 것은 수소 원자의 선 스펙트럼을 통해 알아낼 수 있다.
- ⑤ 원자에서 (-)전하를 띤 전자가 퍼져 있는 (+)전하 구름에 무질서하게 분포한다는 것은 톰슨의 원자 모형과 관련이 있다.

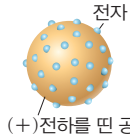
문제 속 자료 톰슨의 전자 발견과 원자 모형

톰슨의 음극선 실험

음극선은 외부에서 가해진 전기장이나 자기장에 의해 휘어진다. → 음극선은 (-)전하를 띠는 입자의 흐름 → 전자의 발견

톰슨의 원자 모형

(+)전하를 띤 부드러운 공 모양의 물체에 (-)전하를 띤 전자가 드문드문 박혀 있는 모형



051 답 ⑤ | ㄴ. α 입자를 산란시킨 결과를 통해 원자핵에 (+)전하가 밀집되어 있음을 알 수 있다.

ㄷ. 대부분의 α 입자가 금박을 통과하였으므로 원자핵의 크기는 원자에 비해 매우 작다는 것을 알 수 있다. 또한 (+)전하를 띤 α 입자가 반발력을 받아 튕겨 나오려면 원자 내부에 (+)전하를 띠는 질량이 매우 큰 입자가 존재한다는 것을 의미한다. 따라서 원자핵의 질량은 원자 질량의 대부분을 차지한다.

오답 피하기

ㄱ. α 입자는 헬륨 원자핵(He^{2+})으로 (+)전하를 띠는 입자이다.

052 답 ④ | ㄱ. 대부분의 α 입자가 금박을 통과하였으므로 원자의 대부분은 빈 공간이다.

ㄴ. (+)전하를 띠는 α 입자의 일부가 휘어진 것과 극히 일부가 큰 각도로 튕겨 나온 것은 원자핵이 α 입자와 같은 전하를 띠고 있기 때문이다.

오답 피하기

ㄷ. 러더퍼드 α 입자 산란 실험으로 전자의 에너지 준위를 알 수 없다.

053 답 ② | 톰슨은 음극선에 전기장을 걸어 주면 음극선이 (+)극 쪽으로 휘는 것을 관찰하고, 음극선은 (-)전하를 띤 입자의 흐름임을 알아내었다. 그리고 전기적으로 중성인 원자에 높은 전압을 걸어 주었을 때 음극선과 같은 전자의 흐름이 생기려면 (+)전하를 띤 공에 (-)전하를 띤 전자가 박혀 있어야 한다고 생각했다.

오답 피하기

- ① 돌턴의 원자 모형으로, 더 이상 쪼갤 수 없는 입자를 원자라고 주장하였다. 따라서 전자를 설명할 수 없다.
- ③ 러더퍼드의 원자 모형이다.
- ④ 보어의 원자 모형이다.
- ⑤ 현대적 원자 모형이다.

문제 속 자료 원자 모형의 변천 과정과 한계점

원자 모형의 변천

돌턴(쪼개지지 않는 원자) → 톰슨(전자 발견) → 러더퍼드(원자핵 발견) → 보어(전자가 원 운동하는 궤도 제안) → 현대(전자 존재 확률 분포의 오비탈)

과학자	돌턴	톰슨	러더퍼드
모형			
한계점	톰슨의 음극선 실험 결과 설명 불가능	러더퍼드의 알파 입자 산란 실험 결과 설명 불가능	수소의 선 스펙트럼 설명 불가능

과학자	보어	현대 모형
모형		
한계점	2개 이상의 전자를 가지는 다전자 원자의 선 스펙트럼 설명 불가능	점은 전자의 개수를 의미하는 것이 아니라 전자가 존재할 수 있는 확률 분포를 나타냄

054 답 ③ | ㄱ. (나)는 원자핵으로, 러더퍼드 알파 입자 산란 실험을 통해 원자의 대부분은 빈 공간이며, 원자 중심에 (+)전하를 띤 원자핵이 존재한다는 것을 발견했다.

ㄴ. (가)는 전자로, 음극선 실험을 통해 (-)전하를 띤 전자

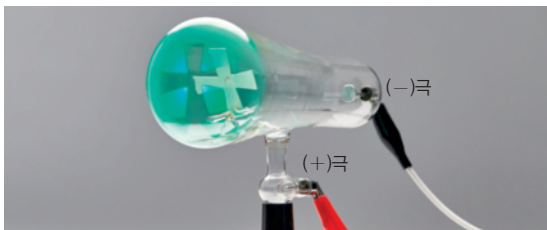
를 발견했다. (가)는 전자, (나)는 원자핵으로 전자가 원자보다 먼저 발견되었다.

오답 피하기

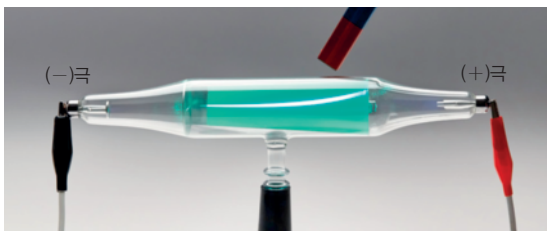
ㄷ. (가)는 전자, (나)는 원자핵으로 입자 1개의 질량은 전자가 원자핵보다 작다.

- 055 답 ①** | 문제에서 설명하는 입자는 전자이며, 음극선은 전자의 흐름이다. 음극선의 직진하는 성질은 진공관에 음극선이 지나는데 물체를 놓아두면 그림자가 생기는 것으로 알 수 있다. 음극선은 (-)전하를 띠고 있어 진행 방향에 전기장을 걸어주면 (+)극 쪽으로 일정하게 휜다. 전자는 불연속적인 에너지 준위를 가지므로 선 스펙트럼이 관찰된다.

문제 속 자료 **통슨의 음극선 실험**



① 진공 유리관 내부에 물체를 놓아두면 (-)극의 반대쪽에 그림자가 생긴다. ➡ 음극선이 (-)극에서 나와 (+)극으로 직진하기 때문이다.



② 음극선에 자석을 갖다 대면 음극선이 (+)극 쪽으로 휜다 ➡ 음극선이 (-)전하를 띠고 있다.



③ 음극선의 진로에 바람개비를 설치하면 바람개비가 회전한다. ➡ 바람개비에 질량을 가진 입자가 부딪혔기 때문이며, 음극선이 질량을 가진 입자임을 알 수 있다.

- 056 답 ④** | 음극선은 (-)전하를 띠는 입자의 흐름이므로 전기장에서 (+)극 쪽으로 휘어진다. (+)극이 아래쪽에 있으므로 형광관의 아래쪽에 밝은 점이 나타날 것이다.

- 057 답 ③** | ㄱ. 원자는 양성자수와 전자 수가 같다. 따라서 A와

B의 양성자의 수가 각각 1, 2이므로 (가)는 중성자이다.

ㄷ. 질량수는 양성자수 + 중성자수이다. A와 B의 질량수는 3이므로 질량수가 같다.

오답 피하기

ㄴ. A는 양성자수가 1이므로 H 원자로, ^3_1H 이고, B는 양성자수가 2이므로 He 원자로, ^3_2He 이다. 따라서 B는 ^2_1H 의 동위 원소가 아니다.

문제 속 자료 **원자의 표시**

원자의 표시 방법

원자를 표시할 때 원자 번호는 원소 기호의 왼쪽 아래, 질량수는 왼쪽 위에 표시한다.

예 탄소 원자의 표시



- 058 답 ④** | ㄱ. 3가지 이온의 전자 수는 x 로 모두 같다. A^- 의 양성자수가 9이므로 전자 수는 10이다. 따라서 $x=10$ 이다.

ㄴ. 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이다. B^{m+} 의 양성자수와 중성자수의 합이 23이므로 $11+y=23$ 이다. 따라서 y 는 12이다. C^{n+} 의 양성자수와 중성자수의 합은 $12+12=24$ 이므로 z 는 24이다.

오답 피하기

ㄷ. B^{m+} 은 양성자수가 11이고 전자 수가 10이므로 m 은 1이고, C^{n+} 은 양성자수가 12이고 전자 수가 10이므로 n 은 2이다.

- 059 답 ④** | (가) 이온에서 양성자수가 8이고 질량수가 16이므로 중성자수는 8이다. 표에서 A는 중성자를, B는 전자를 나타낸다.

ㄴ. (가)는 양성자가 8, 중성자가 8, 전자가 10이므로 전자 수가 양성자수보다 많다. 따라서 음이온이다.

ㄷ. (나)와 (다)는 원자이다. (나)는 질량수가 24이고 중성자수가 12이므로 양성자수도 12이다. (다)는 전자 수가 12이므로 양성자수도 12이다. 따라서 (나)와 (다)는 양성자수가 12로 같고 중성자수가 다르기 때문에 동위 원소이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)의 질량수가 16이므로 중성자수는 '질량수 - 양성자수 = 8'이다. B가 10이므로 중성자가 아닌 전자이다. 따라서 A는 중성자, B는 전자이다.

- 060 답 ①** | A^- 의 전자 수가 10이므로 양성자수는 9이다. 질량

수는 양성자수와 중성자수를 합한 값이기 때문에 $x=19$ 이다. B^+ 의 질량수는 23이고 중성자수가 12이므로 양성자수는 $23-12=11$ 이다. 따라서 전자 수 $y=10$ 이다. $x+y$ 의 값은 $19+10=29$ 이다.

- 061 답 ⑤** | $^{16}_8O^{2-}$ 의 양성자수는 8, $^{19}_9F$ 의 양성자수는 9이다. $^{16}_8O^{2-}$ 은 -2가 음이온이므로 전자가 양성자보다 2개 더 많다. 따라서 전자 수가 10이므로 (다)는 전자이다. $^{19}_9F$ 의 질량수는 19이므로 중성자수는 질량수-양성자수= $19-9=10$ 이다. 따라서 (가)가 중성자, (나)가 양성자, (다)가 전자이며 표를 완성하면 다음과 같다.

원자 또는 이온	구성 입자 수		
	중성자	양성자	전자
$^{16}_8O^{2-}$	8	8	10
$^{19}_9F$	10	9	9

- 062 답 ③** | 원자에서 원자 번호=양성자수=전자 수이다. 그래프의 원자 번호와 중성자수를 정리하면 다음과 같다.

구분	원자 번호	양성자수	중성자수	전자 수
A	6	6	6	6
B	8	8	8	8
C	8	8	10	8
D	10	10	10	10

- ㄱ. A는 원자 번호가 6번으로 양성자수가 6이므로, 양성자수와 중성자수가 같다.
 ㄴ. 중성 원자는 양성자수와 전자 수가 같으므로 B와 C는 전자 수가 8로 같다.

오답 피하기

- ㄷ. 동위 원소는 양성자수가 같아야 한다. C와 D는 양성자수가 각각 8, 10으로 서로 다르므로 동위 원소가 아니다.

- 063 답 ③** | 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이고, 중성 원자에서 양성자수=전자 수=원자 번호이므로 그래프의 중성자수와 질량수를 정리하면 다음과 같다.

원자 또는 이온	양성자수	중성자수	전자 수	질량수
A	8	8	8	16
B	7	8	7	15
C^{2-}	8	10	10	18

- ㄱ. A의 양성자수는 16(질량수) - 8(중성자수)=8이다.
 ㄷ. C^{2-} 은 전자 2개를 얻어 형성된 음이온이므로 전자 수가 10이다.

오답 피하기

- ㄴ. A와 B는 양성자수가 각각 8, 7이므로 동위 원소가 아니다.

- 064 답 ①** | (-)전하를 띤 입자가 전자이다. 중성 원자에서 '양성자수=전자 수'이므로, ●입자가 양성자이며, 원자 X는 전자 3개, 양성자 3개, 중성자 4개를 가진다.

- ㄱ. 원자 번호=양성자수이므로, X의 원자 번호는 3이다.

오답 피하기

- ㄴ. ○는 중성자로, 중성자수가 변하면 동위 원소가 된다. 중성 원자가 이온이 되려면 전자를 얻거나 잃어야 한다.
 ㄷ. 전자는 양성자나 중성자에 비해 질량이 매우 작으므로 원자 질량에 거의 영향을 주지 않는다.

- 065 답 ⑤** | (가)와 (나)는 모두 전자 수가 6이므로, 양성자수도 6이다. 질량수는 '양성자수+중성자수'이므로 (가)의 질량수는 12, (나)의 질량수는 14이다.

- ㄱ. 전자 수와 같은 값을 가지는 A는 양성자, B는 중성자이다.
 ㄴ. (가)와 (나)는 양성자수가 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다.
 ㄷ. (나)의 질량수는 $14(=6+8)$ 이므로 ^{14}N 과 질량수가 같다.

- 066 답 ④** | 중성 원자에서 '전자 수=양성자수=원자 번호'이다. 원자핵 주변을 도는 ●은 전자이고 ●와 개수가 같은 입자인 ○이 양성자이며, ●는 중성자이다.

- ㄴ. 질량수는 '양성자수+중성자수'이므로, A는 3, B는 3, C는 4이다.
 ㄷ. 동위 원소는 양성자수가 같고 중성자수가 다른 원소이다. 각 원소의 양성자수는 A는 1, B는 2, C는 2이다. B와 C는 양성자수는 같고 중성자수는 다르므로 동위 원소이다.

오답 피하기

- ㄱ. ●는 중성자이다.

- 067 답 ①** | 중성 원자에서 '양성자수=전자수'이고 동위 원소는 양성자수는 같고 중성자수가 다른 원소를 말한다. 각 원소에서 입자 수 비율이 같은 것은 양성자와 전자이다.

(가)에서 입자 수의 비율이 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$ 이므로 차례로 중성자, 양성자, 전자를 의미한다. 즉, 중성자 : 양성자 = 2 : 1이고, 질량수가 3이므로 이 원소는 중성자 2개, 양성자 1개를 가진 3중 수소(3H)이다.

(나)는 (가)와 동위 원소이므로 양성자수는 (가)와 같은 1개이다. (나)에서 각 입자 수의 비율은 $\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}$ 로 같으므로 중성자수도 1개가 되어 질량수는 2가 된다.

(다)는 입자 수비가 $\frac{2}{5}, \frac{2}{5}, \frac{1}{5}$ 이므로 비율이 같은 $\frac{2}{5}$ 가 양성자와 전자이며, 비율이 $\frac{1}{5}$ 인 입자가 중성자이다. 즉, 양성자 : 중성자 = 2 : 1이고, 질량수가 3이므로 양성자 2개, 중성자 1개가 있는 원자이다.

오답 피하기

ㄴ. x 는 2이다.

ㄷ. (가)의 중성자수는 2, (다)의 중성자수는 1로, (가)가 (다)의 2배이다.

068 답 ② | X 원자 2개로 이루어진 분자 X_2 의 분자량은 70, 72, 74 세 종류이다. 즉, X의 동위 원소에 따라 구분하면 X_2 분자의 종류가 3가지라는 의미이다. X의 동위 원소가 두 개일 경우 각각을 aX , bX 라 하면 두 동위 원소가 만들 수 있는 분자 X_2 의 종류는 다음과 같이 구할 수 있다.

	aX	bX
aX	$^aX^aX$	$^aX^bX$
bX	$^aX^bX$	$^bX^bX$

즉, 분자 X_2 의 종류는 $^aX^aX$, $^aX^bX$, $^bX^bX$ 세 종류이다.

aX 의 원자량 > bX 의 원자량'으로 가정하면

	$^aX^aX$	$^aX^bX$	$^bX^bX$
분자량	74	72	70
존재수(상댓값)	1	6	9

즉, aX 의 원자량은 37, bX 의 원자량은 35이며, 존재비는

$^aX : ^bX = (1+3) : (9+3) = 1 : 3$ 이다.

평균 원자량은 원자량에 존재 비율을 곱하여 구한다. 즉,

$$\left(37 \times \frac{1}{4}\right) + \left(35 \times \frac{3}{4}\right) = 35.5 \text{이다.}$$

오답 피하기

X의 동위 원소가 3종류일 경우 aX , bX , cX 가 되며, 이 원소로 생성될 수 있는 분자 X_2 의 종류는 $^aX^aX$, $^aX^bX$, $^aX^cX$, $^bX^bX$, $^bX^cX$, $^cX^cX$ 로 6종류이다.

069 답 ③ | 그림에서 액체 상태의 물을 이루는 수소는 질량수가 1인 1H 이고, 얼음 A는 질량수가 1인 수소(1H), 얼음 B는 질량수가 2인 중수소(2H)로 되어 있다.

ㄱ. 어떤 물체를 물에 띄웠을 때, 물체의 밀도가 물보다 크면 바닥으로 가라앉고, 물보다 작으면 물에 뜬다. 얼음 B는 중수소로 이루어져 있어 물보다 무겁다.

ㄷ. H_2O 에서 O의 질량수는 같으므로 H의 질량수만 비교하면 된다. 얼음 A에서 수소의 질량수는 1이고, 얼음 B에서 수소의 질량수는 2이므로 얼음 B가 얼음 A보다 더 크다.

오답 피하기

ㄴ. 동위 원소의 질량수가 다른 까닭은 중성자수가 다르기 때문이다. 수소의 동위 원소 중 1H 은 중성자는 없고 양성자 1개로 이루어져 있다.

070 답 ⑤ | ^{35}X 와 ^{37}X 는 원소 X의 동위 원소로, 중성자수가 달라 질량수가 다르다.

ㄱ. 동위 원소는 양성자수와 전자 수가 같으므로 화학적 성질은 같다.

ㄴ. 동위 원소에서 질량수가 클수록 중성자수가 많다. 즉, 원자가 가진 중성자수는 ^{37}X 이 ^{35}X 보다 크다.

ㄷ. ^{35}X 의 원자량이 35, 존재 비율이 $\frac{3}{4}$ 이며, ^{37}X 의 원자량이 37, 존재 비율이 $\frac{1}{4}$ 이므로

평균 원자량 = $\left(35 \times \frac{3}{4}\right) + \left(37 \times \frac{1}{4}\right) = 35.5$ 이다.

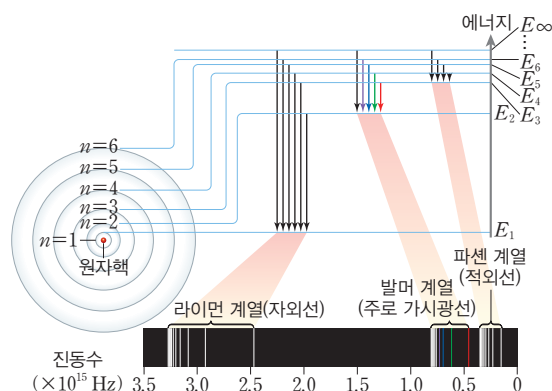
071 답 ④ | ㄱ. 수소 원자의 스펙트럼이 불연속적인 선으로 나타났으므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

ㄷ. 가시광선 영역에서 파장이 긴 쪽에서 두 번째 선인 b는 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이가 일어날 때 방출하는 빛에 의해 나타난다. $4p$ 는 주 양자수가 4, $2s$ 는 주 양자수가 2이다.

오답 피하기

ㄴ. a선의 빛을 방출한 수소 원자의 전자는 $n=2$ 인 전자 껍질에 있으므로 들뜬상태이다.

문제 속 자료 수소 원자의 스펙트럼



스펙트럼 계열	스펙트럼 영역	전자 전이
라이먼	자외선	$n \geq 2$ 인 전자 껍질 $\rightarrow n=1$ 인 전자 껍질로 전이
발머	가시광선	$n \geq 3$ 인 전자 껍질 $\rightarrow n=2$ 인 전자 껍질로 전이
파셴	적외선	$n \geq 4$ 인 전자 껍질 $\rightarrow n=3$ 인 전자 껍질로 전이

- 072 답 ⑤** | ㄴ. a선은 라이먼 계열(자외선 영역)에서 가장 긴 파장이므로 L 껍질에서 K 껍질로의 전자 전이에 해당한다.
 ㄷ. 수소 방전관에 가하는 에너지를 변화시켜도 수소 원자 오비탈의 에너지 준위는 일정하므로 빛의 파장은 변하지 않는다.

오답 피하기

ㄱ. 빛에너지의 크기는 파장에 반비례하므로 스펙트럼 선의 에너지 크기는 파장이 짧은 a가 가장 크고, c가 가장 작다. 따라서 에너지 크기는 $a > b > c$ 이다.

- 073 답 ⑤** | ㄴ. 이온화되는 것은 전자가 무한대로 가는 것이다. $3p(n=3)$ 에서 이온화될 때 필요한 에너지는

$$\Delta E = -\frac{k}{\infty^2} - \left(-\frac{k}{3^2}\right) = \frac{k}{9} \text{이고, } 656 \text{ nm 선에 해당하는}$$

$$\text{빛에너지는 } \Delta E = -\frac{k}{3^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{5}{36}k \text{이다. 따라서 } 3p$$

오비탈의 에너지가 656 nm 선에 해당하는 에너지보다 작다.

ㄷ. $n=2 \rightarrow n=4$ 로 전자가 전이될 때 흡수한 에너지는

$$\Delta E = -\frac{k}{4^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{3}{16}k \text{이므로 } 656 \text{ nm 선에 해당하는}$$

는 빛에너지 $\left(\frac{5}{36}k\right)$ 의 $\frac{27}{20}$ 배이다.

오답 피하기

ㄱ. 가시광선 영역의 빛은 발머 계열에 속한다.

- 074 답 ②** | ㄴ. 발머 계열 중 가장 긴 파장은 빨강이며 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 방출되는 빛이다. 초록 빛은 발머 계열에서 빨강 다음으로 2번째로 긴 파장에 해당되므로 $n=4$ 에서 $n=2$ 로 전자가 전이할 때 방출된다.

오답 피하기

ㄱ. 보라는 빨강, 초록, 파랑 다음으로 4번째로 긴 파장에 해당되므로 $n=6$ 에서 $n=2$ 로 전자가 전이할 때 방출되는 빛이다.

$$\text{이때 방출하는 빛에너지는 } -\frac{k}{6^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{2}{9}k \text{이다.}$$

ㄷ. 빨강 빛은 발머 계열 중 가장 파장이 긴 빛으로 $n=3 \rightarrow n=2$ 로 전자 전이할 때 나온다. 빨강 빛을 쪼여 주면 이만큼의 에너지를 흡수하는 것이므로 2s 오비탈($n=2$)에 있는 전자는 세 번째 전자 껍질($n=3$)로 전이된다. 전자가 이온화되는 것은 전자가 무한대로 가는 것이다.

- 075 답 ②** | ㄷ. a에서 방출하는 빛에너지는 $n=2 \rightarrow n=1$, c에서 방출하는 빛에너지는 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출하므로 에너지 크기는 a가 c보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. a는 $n=1$ 로 전이되므로 라이먼 계열이고, 방출되는 빛

은 자외선이다. λ_1 은 가시광선으로 a는 λ_1 보다 파장이 짧다.
 ㄴ. b는 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전자 전이되므로 가시광선 영역의 선 스펙트럼 중 파장이 가장 긴 빨강에 해당된다. 보라는 긴 파장부터 4번째로 긴 파장에 해당하므로 $n=6$ 에서 $n=2$ 로 전자가 전이될 때 방출되는 빛이다.

- 076 답 ③** | ㄱ. A에 해당하는 빛의 파장은 λ_1 이므로 가시광선 영역에 해당한다. 가시광선 영역은 $n=2$ 로의 전자 전이이므로 A는 $n=2$ 로의 전자 전이이다. 따라서 $a=2$ 이다.

$$\text{ㄷ. A에서 방출되는 빛에너지는 } \Delta E = -\frac{k}{6^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{8}{36}k$$

$$\text{이고, B에서 방출되는 빛에너지는 } \Delta E = -0 - \left(-\frac{k}{3^2}\right) = \frac{1}{9}k$$

$$= \frac{4}{36}k \text{이므로 } \frac{\text{B에서 방출되는 빛에너지}}{\text{A에서 방출되는 빛에너지}} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

오답 피하기

ㄴ. λ_1 은 $n=6$ 에서 $n=2$ 로 전자 전이될 때 방출되는 빛의 파장이고, λ_2 는 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전자 전이될 때 방출되는 빛의 파장이므로 λ_2 가 발머 계열 중 파장이 가장 길다.

- 077 답 ③** | ㄱ. 자외선 영역은 $n=1$ 로 전자 전이될 때에 해당하므로 a와 b, 2가지이다.

ㄷ. 가시광선 영역은 $n \geq 3$ 인 전자 껍질에서 $n=2$ 인 전자 껍질로 전자가 전이할 때에 해당한다. (가)는 가시광선 영역의 전자 전이 중 에너지가 가장 작으므로(가시광선 영역에서 파장이 가장 긴 것을 의미한다.) $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이하는 c에 해당한다.

오답 피하기

ㄴ. b는 가장 큰 에너지를 방출하므로 파장이 가장 짧다.

- 078 답 ③** | ㄱ. 발머 계열은 $n \geq 3$ 인 전자 껍질에서 $n=2$ 인 전자 껍질로 전자가 전이할 때 나타난다. B에서 방출되는 에너지는

$$\Delta E = E_n - E_2 = E_n - \left(-\frac{k}{4}\right) = \frac{3}{16}k \text{이므로 } E_n = -\frac{k}{4^2}$$

이다. 따라서 $n=4$ 이므로 B는 $n=4 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이이다.

ㄴ. A는 B보다 에너지가 작으므로 $n=3 \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이이다. 따라서 A에서 방출되는 에너지는

$$-\frac{k}{3^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{5}{36}k \text{이다.}$$

오답 피하기

ㄷ. 434 nm의 빛의 파장은 $n=5 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이이다. C는 $n=\infty \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이이므로 이때 방출되는 빛의 파장은 434 nm보다 짧다.

079 답 ㉔ | 원자 A의 바닥상태 전자 배치에서 에너지 준위가 같은 2개의 $2p$ 오비탈에 전자가 각각 1개씩 들어 있다. 따라서 원자 A의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 이므로 원자가 전자 수는 4이다.

080 답 ㉕ | L 전자 껍질의 오비탈은 $2s, 2p_x$ 오비탈이고, $1s$ 오비탈은 K 전자 껍질의 오비탈이므로 (다)에 해당한다. p 오비탈은 에너지 준위가 같고 방향이 다른 세 개의 p_x, p_y, p_z 오비탈이 있으므로 (가)에 해당한다. 따라서 (가)는 $2p_x$, (나)는 $2s$, (다)는 $1s$ 오비탈이다.

081 답 ㉕ | ㄱ. s 오비탈과 p 오비탈의 수용 가능한 최대 전자 수는 모두 2개로 같다.
 ㄴ. 다전자 오비탈의 에너지 준위는 $2s < 2p_x = 2p_y = 2p_z$ 이므로 (가) < (나) = (다) = (라)이다.
 ㄷ. 질소(${}_7\text{N}$) 원자는 전자 수가 7이므로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이다. 따라서 오비탈에 배치된 전자 수는 (가)가 2개, (나), (다), (라)가 1개로 같다.

문제 속 자료 오비탈의 에너지 준위

수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위

주 양자수가 커질수록 원자핵에서 전자가 멀어지므로 원자핵과의 인력이 약해져 에너지 준위가 높아진다.

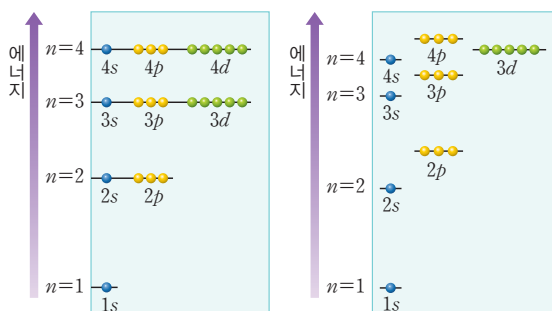
$$1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s = 4p = 4d = 4f \dots$$

다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위

다전자 원자는 원자핵과 전자 사이의 전기적 인력뿐만 아니라 전자들 사이에 반발력이 작용한다. 따라서 주 양자수뿐만 아니라 오비탈의 종류도 에너지 준위에 영향을 미치게 된다.

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < \dots$$

수소와 다전자 원자의 오비탈 에너지 준위



082 답 ㉑ | s 오비탈과 p 오비탈에서 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈을 모형으로 나타낸 것이므로 (가)는 $1s$ 오비탈, (나)는 $2p$ 오비탈이다.
 ㄱ. (가)는 $1s$ 오비탈로 구형이므로 핵으로부터 거리가 같은

면 방향에 관계없이 전자를 발견할 확률이 같다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 $2p$ 오비탈로, $2p_x, 2p_y, 2p_z$ 오비탈에 각각 전자가 2개씩 채워진다. A와 B는 $2p_x$ 오비탈로 각각 전자 1개가 채워진다.

ㄷ. 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 $1s < 2p$ 이다. 따라서 (가)와 (나)의 에너지 준위는 다르다.

083 답 ㉕ | ㄱ. 다전자 원자의 오비탈 에너지 준위는 $4s < 3d$ 이므로 $3d$ 오비탈 대신 $4s$ 오비탈을 그려야 한다.

ㄴ. $3d$ 오비탈보다 $4s$ 오비탈의 에너지 준위가 낮기 때문에 홀전자를 $4s$ 오비탈에 배치해야 한다.

ㄷ. 파울리 배타 원리에 따르면 1개의 오비탈에 들어갈 수 있는 전자 수는 최대 2개이며, 이때 두 전자의 스핀 방향이 반대여야 한다. 따라서 $3s$ 오비탈의 두 전자는 스핀 방향을 서로 반대 방향으로 바꿔야 한다.

084 답 ㉔ | ㄱ. 파울리 배타 원리에 따르면 1개의 오비탈에 들어갈 수 있는 전자 수는 최대 2개이며, 이때 두 전자의 스핀 방향은 반대이다. 따라서 한 개의 오비탈에 전자가 최대 2개까지 들어간다.

ㄷ. ${}_{20}\text{Ca}$ 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ 이므로 원자가 전자 수는 2개이다.

오답 피하기

ㄴ. ${}_7\text{N}$ 의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이므로 홀전자 수는 3개이다.

085 답 ㉕ | ① 수소 원자의 에너지 준위는 $E_n = -\frac{1312}{n^2} \text{ kJ/mol}$

이며, 주 양자수 n 에 따라 전자는 특정한 에너지 값을 갖는다. 따라서 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

② A에서 방출되는 빛은 자외선, B에서 방출되는 빛은 가시광선 영역에 해당한다.

③ A에서 방출되는 빛에너지는

$$-\frac{1312}{4^2} - \left(-\frac{1312}{1^2}\right) = \frac{15}{16} \times 1312 \text{ kJ/mol 이고,}$$

B에서 방출되는 빛에너지는

$$-\frac{1312}{4^2} - \left(-\frac{1312}{2^2}\right) = \frac{3}{16} \times 1312 \text{ kJ/mol 이다.}$$

따라서 A에서 방출되는 빛에너지는 B의 5배이다.

④ 각 전자 껍질의 오비탈의 수는 K 껍질($n=1$)에 1개, L 껍질($n=2$)에 4개, M 껍질($n=3$)에 9개, N 껍질($n=4$)에 16개이므로 n 번째 전자 껍질에 있는 오비탈 수는 n^2 이다.

오답 피하기

⑤ 수소 원자에서는 $2s$ 와 $2p$ 오비탈의 준위가 같다. 따라서 $4s$ 에서 $2s$ 로 전이될 때 방출되는 빛의 파장은 $4s$ 에서 $2p$ 로 전이될 때 방출되는 빛의 파장과 같다.

086 답 ④ | ㄱ. (가)에서 3개의 $2p$ 오비탈($2p_x, 2p_y, 2p_z$)의 에너지 준위가 같으므로 쌍을 원리를 만족한다.

ㄴ. (나)는 $2p$ 오비탈에 2개의 전자가 각각 홀전자로 채워졌으므로 훈트 규칙을 만족한다.

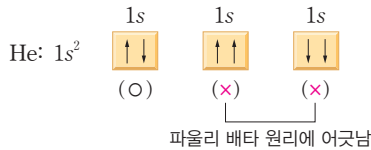
오답 피하기

ㄷ. (다)는 $2s$ 오비탈에 스핀 방향이 같은 전자 2개가 채워졌으므로 파울리 배타 원리를 만족하지 않는다.

문제 속 자료 원자의 전자 배치

파울리 배타 원리

하나의 오비탈에는 최대 2개의 전자가 채워질 수 있으며, 두 전자의 스핀 방향은 서로 달라야 한다.



훈트 규칙

에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때 가능한 한 전자는 쌍을 이루지 않게 배치될 때 가장 안정하다.



(가)처럼 3개의 $2p$ 오비탈 중 한 오비탈에 전자 2개가 동시에 들어가면 전자들 사이의 반발이 커져 불안정하다. 전자 2개가 각각 다른 오비탈에 들어간 (나)의 전자 배치가 더 안정하다.

쌍을 원리

바닥상태인 원자의 전자 배치는 에너지가 낮은 오비탈부터 순서대로 전자를 채워 나간다.

주기	원자 번호	원소 기호	$n=1$ 1s	$n=2$ 2s 2p(x, y, z)	전자 배치
2	3	Li	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	$1s^2 2s^1$
	4	Be	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$1s^2 2s^2$
	5	B	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$1s^2 2s^2 2p^1$
	6	C	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$1s^2 2s^2 2p^2$
	7	N	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$1s^2 2s^2 2p^3$
	8	O	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$1s^2 2s^2 2p^4$
	9	F	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$1s^2 2s^2 2p^5$
	10	Ne	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$1s^2 2s^2 2p^6$

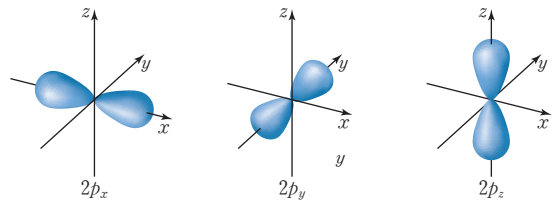
087 답 ① | ㄱ. 수소 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s^1$ 이므로 $2p_z^1$ 은 들뜬상태의 전자 배치이다.

오답 피하기

ㄴ. $2p$ 오비탈에서 $1s$ 오비탈로 전자가 전이되는 것은 $n=2 \rightarrow n=1$ 이 되므로 자외선 영역의 빛이 방출된다.

ㄷ. s 오비탈은 방향에 관계없이 원자핵으로부터 같은 거리에서 전자를 발견할 확률이 같지만, p 오비탈은 핵으로부터의 거리와 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 다르다.

문제 속 자료 p 오비탈의 방향성



p 오비탈은 아령 모양으로 x 축, y 축, z 축에 놓여 있는 p_x, p_y, p_z 3개의 오비탈이 있다. 핵으로부터의 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 다르기 때문에 방향성이 있다고 한다. p 오비탈은 $n=1$ 인 전자 껍질에는 존재하지 않고, $n=2$ 인 전자 껍질부터 존재한다. p 오비탈도 주 양자수가 커질수록 오비탈의 크기는 커지고 에너지 준위는 높아진다.

088 답 ② | ② B는 쌍을 원리, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙을 모두 만족하므로 바닥상태이다.

오답 피하기

① A는 원자가 전자 수가 4개이다.

③ C는 전자가 채워진 전자 껍질 수가 3개이다.

④ 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 핵전하량이 증가하므로 원자 반지름이 작아진다. 따라서 원자 반지름은 A가 B보다 크다.

⑤ A의 홀전자 수는 2개, C의 홀전자 수는 1개이므로 홀전자 수는 C가 A보다 적다.

089 답 ⑤ | ⑤ C와 D는 에너지 준위가 같다. 따라서 A에서 C로 변할 때와 A에서 D로 변할 때의 에너지 변화량은 같다.

오답 피하기

① A는 질소 원자의 바닥상태 전자 배치이며, C와 D는 질소 원자의 들뜬상태 전자 배치이다. 바닥상태의 전자 배치는 A 뿐이다.

② A는 바닥상태이고, C는 들뜬상태이다. 바닥상태에서 들뜬상태로 되면 에너지를 흡수한다.

③ 훈트 규칙은 오비탈에 전자가 채워질 때는 가능한 전자가 쌍을 이루지 않게 배치될 때 더 안정하다는 것이다. C와 D는 $2p$ 오비탈 중 비어 있는 오비탈이 있는데 각각 $2p_x, 2p_z$ 오비탈에서 전자들이 쌍을 이루므로 훈트 규칙에 어긋난다.

④ 파울리 배타 원리는 1개의 오비탈에 들어갈 수 있는 전자 수는 최대 2개이며, 이때 두 전자의 스핀 방향은 반대여야 한다. 파울리 배타 원리에 어긋나는 전자 배치는 B이다.

090 답 ① | ㄱ. B^+ 은 $2p_z$ 오비탈에 전자 수가 2개가 되어야 하는데 $3s$ 오비탈에 전자가 들어갔으므로 쌓음 원리에 위배된다. C^- 은 $2p_y$ 오비탈에 전자 수가 2개가 되어야 하는데 $3s$ 오비탈에 전자가 들어갔으므로 쌓음 원리에 위배된다. 쌓음 원리를 만족하는 전자 배치는 A 한 가지이다.

오답 피하기

ㄴ. A의 원자가 전자는 $2s$ 오비탈의 2개와 $2p$ 오비탈의 4개로 총 6개이다.

ㄷ. B는 전자 수가 11개이므로 3주기 원소이고, C는 전자 수가 9개이므로 2주기 원소이다. 따라서 B와 C는 다른 주기의 원소이다.

문제 속 자료 이온의 전자 배치

원자가 이온이 될 때는 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가지려는 경향이 있다.

양이온의 전자 배치

양이온이 될 때 에너지가 가장 높은 오비탈의 전자를 잃는다.

구분	K 껍질	L 껍질	M 껍질	전자 배치
	1s	2s 2p _x 2p _y 2p _z	3s 3p _x 3p _y 3p _z	
^{12}Mg	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ 	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
$^{12}\text{Mg}^{2+}$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$	 	$1s^2 2s^2 2p^6$

음이온의 전자 배치

음이온이 될 때는 비어 있는 오비탈 중 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈에 전자가 채워진다.

구분	K 껍질	L 껍질	전자 배치
	1s	2s 2p _x 2p _y 2p _z	
^8O	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ \uparrow 	$1s^2 2s^2 2p^4$
$^8\text{O}^{2-}$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$	$1s^2 2s^2 2p^6$

091 답 ① | ㄱ. A와 B는 전자가 3개이므로 같은 원소이다.

오답 피하기

ㄴ. C^- 의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이므로 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 이다. 따라서 원자가 전자는 7개이다.

ㄷ. A, B, C의 바닥상태에서 전자 껍질 수는 2개로 모두 같다.

092 답 ② | ㄴ. C^+ 의 전자 수가 10개이므로 C의 전자 수(=원자 번호)는 11이다.

오답 피하기

ㄱ. A^{2-} 와 B^- 과 전자 수가 10개이므로 A의 전자 수는 8, B의 전자 수는 9이다. 따라서 A와 B는 2주기 원소이다. C

의 전자 수는 11개로 3주기 원소이다.

ㄷ. 원소 A, B, C의 전자 배치는 다음과 같다.

	1s	2s	2p	3s
A:	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ \uparrow 	
B:	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ \uparrow	
C:	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$	\uparrow

따라서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 A와 B는 5개, C는 6개이다.

093 답 ② | 원자 X와 Y의 안정한 이온은 X^{2-} 과 Y^{3+} 이다.

ㄴ. 바닥상태일 때 원자 X의 홀전자 수는 2개이고, 원자 Y의 홀전자 수는 1개이다. X^{2-} 과 Y^{3+} 에서 홀전자는 모두 0이므로 공통적으로 감소한다.

오답 피하기

ㄱ. X가 전자 2개를 얻어 X^{2-} 이 되면 핵전하량은 동일하지만 전자 수가 증가하여 전자 사이에 반발력이 커지므로 반지름이 증가한다. Y는 전자 3개를 잃어 Y^{3+} 이 되면 전자 껍질 수가 감소하므로 반지름이 감소한다.

ㄷ. 원자 X의 전자 껍질 수는 2개, 원자 Y의 전자 껍질 수는 3개이다. X^{2-} 의 전자 껍질 수와 Y^{3+} 의 전자 껍질 수는 모두 2이므로 X는 변화가 없고, Y는 감소한다.

094 답 ② | ㄷ. (다)는 에너지 준위가 같은 $2p$ 오비탈에 전자가 배치될 때, 홀전자 수가 최대가 되도록 배치되었으므로 훈트 규칙을 만족한다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 전자가 낮은 에너지 준위부터 차례대로 채워지지 않고, $2s$ 오비탈에 있는 전자 1개가 높은 에너지 준위인 $2p$ 오비탈에 배치된 들뜬상태의 전자 배치이다.

ㄴ. (나)에서 (다)의 전자 배치가 될 때 전자가 떨어져 나가야 하므로 에너지가 흡수된다.

095 답 ② | ① A는 1족 원소로 금속 원소이다.

③ C는 17족 원소로 원자가 전자 수가 7로 가장 많다.

④ 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 클수록 증가하므로 D가 A보다 크다.

⑤ D의 안정한 이온은 Ne의 전자 배치와 같고, E의 안정한 이온은 Ar의 전자 배치와 같다. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 크므로 E가 D보다 크다.

오답 피하기

② 원자 B는 원자 번호 4인 베릴륨으로 양성자수는 4이다.

096 답 ③ | 이온화 에너지가 가장 작은 B는 (라)이다. 바닥상태에서 전자 껍질 수는 $A > D$ 이므로 A는 (라)를 제외한 (가), (나), (다) 중 전자 껍질 수가 가장 많은 (다)이다. A와 C의 이온이 옥텟 규칙을 만족할 때 두 이온의 전하 합이 0이다. A가 1족 원소이므로 C는 17족 원소이어야 하므로 C는 (나)이다. 따라서 (가)~(라)에 A~D를 대입하면 주기율표는 다음과 같다.

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2					D		C	
3	A							
4	B							

ㄱ. 원자 반지름은 같은 족에서 원자 번호가 클수록 크므로 $B > A$ 이다.

ㄴ. 전기 음성도는 2주기 17족 원소인 C가 4주기 1족 원소인 B보다 크다.

오답 피하기

ㄷ. C와 D는 같은 주기이며, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크므로 $C > D$ 이다.

097 답 ② | 금속 원소는 1가지이므로 2주기 1족이나 3주기 2족 중 하나만 A~C에 해당한다. 원자 반지름이 $A > B > C$ 이므로 B는 3주기 15족, C는 2주기 16족 원소이다. 따라서 A는 3주기 2족 원소이다.

ㄷ. A와 C의 이온의 전자 배치는 Ne과 같고 핵전하량은 A가 C보다 크므로 A의 이온 반지름이 가장 작다. B 이온의 전자 배치는 Ar의 전자 배치와 같으므로 이온 반지름이 가장 크다. 따라서 이온 반지름은 $A < C < B$ 이다.

오답 피하기

ㄱ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 커지므로 $B > A$ 이다.

ㄴ. 전기 음성도는 2주기 비금속 원소인 C가 가장 크다. 따라서 전기 음성도는 $A < C$ 이다.

098 답 ① | X, Y, Z가 순서대로 주기율표의 (가), (나), (다) 영역에 속하므로 원자 번호가 $X > Z > Y$ 이기 위해서는 X는 3주기, Y와 Z는 2주기여야 한다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 제1 이온화 에너지가 증가한다. 하지만 예외가 있는데 15족보다 16족의 이온화 에너지가 작다. 같은 오비탈의 전자 사이에도 반발력이 작용하므로 16족 원소에서 전자를 떼기 쉽기 때문이다. 이온화 에너지는 $Y > Z$ 이므로 Y는 N, Z는 O이다. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이

증가하고, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소하므로, (가) 영역에서 원자 반지름은 3주기 2족 원소가 가장 크다. 따라서 X는 Mg이다.

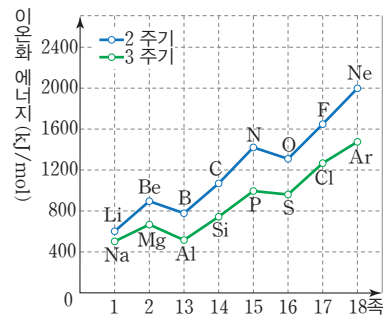
ㄱ. X는 Mg으로 3주기 2족 원소이다.

오답 피하기

ㄴ. Y는 N으로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$ 이며, Z는 O로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다. 따라서 N과 O의 홀전자 수는 각각 3, 2이다.

ㄷ. Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 유효 핵전하가 클수록 작다. Mg^{2+} 과 O^{2-} 중 Mg의 유효 핵전하가 크므로 이온 반지름은 $X < Z$ 이다.

문제 속 자료 이온화 에너지의 주기성과 예외



- 같은 주기에서 이온화 에너지는 1족이 가장 작고, 18족이 가장 큼 → 유효 핵전하의 증가 때문
- 같은 족에서 주기가 클수록 이온화 에너지가 감소 → 전자 껍질 수 증가 때문
- 2족보다 13족의 이온화 에너지가 작다. → p 오비탈의 에너지 준위가 s 오비탈보다 크기 때문에 $s^2 p^1$ 의 전자 배치를 하는 13족 원소에서 전자를 떼기 쉽다.

	s	p
2족:	$\uparrow\downarrow$	$\square \square \square$
13족:	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow \square \square$

- 15족보다 16족의 이온화 에너지가 작다. → 같은 오비탈의 전자 사이에도 반발력이 작용하므로 $p_x^2 p_y^1 p_z^1$ 의 전자 배치를 하는 16족 원소에서 전자를 떼기 쉽다.

	s	p
15족:	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow \uparrow \uparrow$
16족:	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow \uparrow \uparrow$

099 답 ④ | A~D 이온의 전자 배치는 Ne의 바닥상태와 같으므로 등전자 이온이다. 핵전하가 클수록 유효 핵전하가 증가하므로, 등전자 이온은 원자 번호가 커질수록 이온 반지름이 작아진다. 따라서 이온 반지름의 크기는 $Mg^{2+} < Na^+ < F^- < O^{2-}$ 이므로 A 이온은 Na^+ , B 이온은 Mg^{2+} , C 이온은 O^{2-} , D 이온은 F^- 이다.

ㄴ. A와 B는 각각 3주기 1족, 3주기 2족 원소이다. 같은 주

기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가하여 전자들을 강한 인력으로 끌어당기므로 원자 반지름이 감소한다. 따라서 원자 반지름은 A가 B보다 크다.

ㄷ. BC는 MgO, AD는 NaF이다. 녹는점은 이온의 전하량이 클수록 높다. +1가의 양이온과 -1가의 음이온이 이온 결합을 형성한 NaF보다 +2가의 양이온과 -2가의 음이온이 이온 결합을 하여 형성된 MgO의 녹는점이 훨씬 높다. 따라서 녹는점은 화합물 BC가 AD보다 높다.

오답 피하기

ㄱ. D는 F이다.

문제 속 자료 이온 결합 물질의 녹는점과 끓는점

① 이온의 전하량이 클수록 결합력이 증가하여, 녹는점과 끓는점이 높아진다.
 예 이온의 전하량: NaF < MgO
 → 녹는점: NaF(993 °C) < MgO(2825 °C)

② 이온 사이의 거리가 짧을수록 결합력이 증가하여 녹는점과 끓는점이 높아진다.
 예 이온 사이의 거리: LiCl < NaCl < KCl
 → 녹는점: LiCl > NaCl > KCl

Li⁺ Cl⁻ Na⁺ Cl⁻ K⁺ Cl⁻

100 답 ① | 원자 번호가 각각 8, 9, 11, 12이므로 O, F, Na, Mg이며, Ne와 같은 전자 배치를 가지므로 이온은 각각 O²⁻, F⁻, Na⁺, Mg²⁺이다. 전자 수가 같은 이온은 원자 번호가 클수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 크므로 이온 반지름이 작다. 이온 반지름의 크기는 Mg²⁺ < Na⁺ < F⁻ < O²⁻이므로 A는 Mg, B는 Na, C는 F, D는 O이다.

ㄱ. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 크고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 대체로 작다. 즉, 주기율표의 오른쪽 위로 갈수록 대체로 커지고, 왼쪽 아래로 갈수록 대체로 줄어든다(수소는 예외). B(Na)의 전기 음성도는 같은 주기의 A(Mg)보다 작다. D(O)와 C(F)는 B(Na)보다 주기율표의 오른쪽 위에 있으므로 전기 음성도가 A, B보다 크다. 따라서 전기 음성도는 B가 가장 작다.

오답 피하기

ㄴ. 원자가 전자의 유효 핵전하는 원자가 전자가 실제로 느끼는 핵전하이다. 원자가 전자의 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 증가한다. 따라서 C(F)가 D(O)보다 원자 번호가 크므로 원자가 전자의 유효 핵전하는 크다.

ㄷ. A 이온은 Mg²⁺이고, C 이온은 F⁻이므로 A와 C는 1:2로 결합하여 MgF₂를 형성한다.

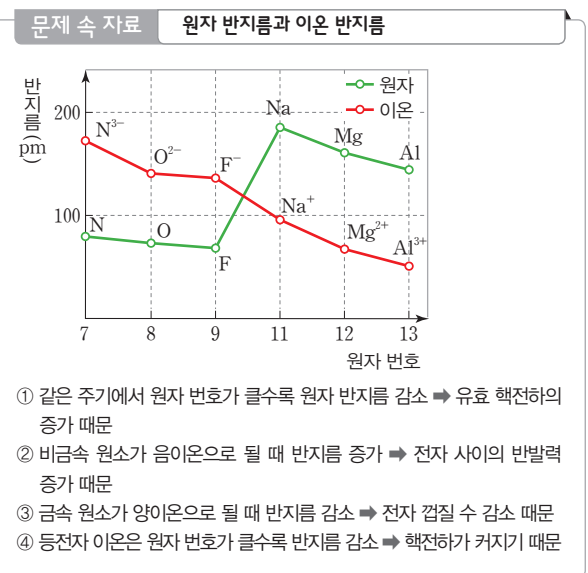
101 답 ④ | A와 C의 화합물이 A₂C이므로 A와 C의 이온은 각각 Na⁺, O²⁻이다. 그래프를 보면 B가 A보다 이온 반지름이 작으므로 B는 A보다 원자 번호가 크다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 전기 음성도는 Na, Mg, O 중에 O가 가장 크다.

ㄷ. 제2 이온화 에너지는 1족 원소가 가장 크므로 A가 가장 크다.

오답 피하기

ㄱ. B는 A보다 원자 번호가 크므로 B는 Mg으로 예측할 수 있다. 원자 반지름은 Na, Mg, O 중에 Na가 가장 크므로 A가 가장 크다.



102 답 ④ | 원소 A~D가 각각 Ar과 같은 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 이온 반지름의 크기는 A < B < C < D이다. 금속 원소는 안정한 양이온이 될 때 가장 바깥 전자 껍질의 전자를 모두 잃어 전자 껍질 수가 감소하므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 작아진다. 비금속 원소는 안정한 음이온이 될 때 가장 바깥 전자 껍질에 전자를 받아들이며, 전자 수가 증가하면 전자 사이의 반발력이 증가하므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 커진다. 따라서 원소 A는 Ca, B는 K, C는 Cl, D는 S이다.

ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 커지므로 A가 B보다 크다.

ㄷ. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 커지므로 C가 D보다 크다.

오답 피하기

ㄴ. 원자가 전자 수는 B(K)가 1개, C(Cl)가 7개이므로 B가 C보다 작다.

103 답 ② | 원자 번호 7, 8, 9, 11, 12는 각각 N, O, F, Na, Mg이다.

ㄴ. A는 O^{2-} 이고, B는 Na^+ 이다. A는 -2가의 음이온, B는 +1가의 양이온이므로 A와 B로 이루어진 화합물의 화학식은 B_2A 이다.

오답 피하기

ㄱ. N의 안정한 이온이 음이온이고, 음이온의 반지름이 원자 반지름보다 크므로 (가)는 원자 반지름이고, Na의 안정한 양이온의 반지름이 원자 반지름보다 작으므로 (나)는 이온 반지름이다.

ㄷ. $A(O^{2-})$ 는 2주기 원소의 음이온이고, $C(Mg)$ 는 3주기 원소의 원자이므로 전자 껍질 수는 $C > A$ 이다.

104 답 ② | 2주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 증가한다. 따라서 A는 Be, B는 N, C는 O, D는 F이다.

ㄷ. 질소(N)는 공유 전자쌍이 3개로 3중 결합을 하고, 산소는 공유 전자쌍이 2개로 2중 결합을 하므로 N_2 가 O_2 보다 공유 전자쌍이 많다.

오답 피하기

ㄱ. Be, F, N, O 중에 F, N, O 3가지 원소가 비금속 원소이므로 전자를 얻으면 반지름이 커진다. 따라서 B, C, D가 비금속 원소이며 (가)는 이온 반지름, (나)는 원자 반지름이다.

ㄴ. A가 금속 원소이고, B가 비금속 원소이므로 기체 상태의 중성 원자 1몰로부터 전자 1몰을 떼어내는 데 필요한 에너지인 이온화 에너지는 A가 B보다 작다.

105 답 ④ | ㄱ. 2, 3주기 원소 A, B, C가 이온화될 때 원자 반지름과 이온 반지름을 비교하면 C의 원자 반지름보다 큰 이온 반지름이 존재하지 않으므로 C의 이온은 양이온이어야 한다. A와 B의 원자 반지름보다 작은 이온 반지름이 존재하지 않으므로 A와 B의 이온은 음이온이다. A, B, C의 이온은 모두 네온의 전자 배치를 가지므로 A와 B는 2주기 원소, C는 3주기 원소이다.

ㄷ. A~C의 이온은 전자 수가 같은 등전자 이온으로 이온의 반지름 크기는 양성자수가 큰 이온이 양성자수가 작은 이온보다 작다. 따라서 양성자수는 ⑦이 가장 크다.

오답 피하기

ㄴ. (가)에서 2주기 원소인 A와 B의 원자 반지름 크기를 비교하면 B가 A보다 크다. 따라서 원자 번호는 A가 B보다 크다. (나)에서 각 이온의 전자 수는 네온 원자의 전자 수와 같으므로 이온 반지름의 크기는 원자 번호가 커질수록 작아진다. 따라서 이온 반지름이 가장 큰 ⑤의 원자 번호가 가장 작을 것이므로 ⑤이 B 원자의 이온에 해당된다.

106 답 ② | ㄷ. A~D는 모두 네온과 같은 전자 배치를 가지므로 A~D의 이온은 등전자 이온이다. 따라서 원자 번호가 커질수록 이온 반지름이 작아진다. D가 이온 반지름이 가장 작기 때문에 원자 번호가 가장 크다.

오답 피하기

ㄱ. A와 B는 원자 반지름이 이온 반지름보다 작으므로 비금속 원소이다.

ㄴ. 이온의 전자 배치는 모두 네온 원자와 같으므로 2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소일 것이다. B는 2주기 비금속 원소이고, C는 3주기 금속 원소이므로 서로 다른 주기이다.

107 답 ⑤ | A~C는 3주기 원소이다. 원소 A는 $\frac{E_2}{E_1} \ll \frac{E_3}{E_1}$ 이므로

3주기 2족인 Mg이고, 원소 B는 $\frac{E_6}{E_1} \ll \frac{E_7}{E_1}$ 이므로 3주

기 16족인 S, 원소 C는 $\frac{E_5}{E_1} \ll \frac{E_6}{E_1}$ 이므로 3주기 15족인 P이다.

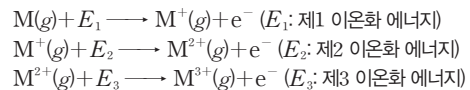
ㄱ. 원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 작아지므로 15족인 C가 16족인 B보다 크다.

ㄴ. 같은 주기에서 이온화 에너지는 1족이 가장 작고, 18족이 가장 크다. 하지만 15족과 16족의 이온화 에너지는 예외이다. 15족보다 16족의 이온화 에너지가 작은데 이는 같은 오비탈의 전자 사이에도 반발력이 작용하므로 $p_x^2 p_y^1 p_z^1$ 의 전자 배치를 하는 16족 원소에서 전자를 떼기 쉽기 때문이다. 따라서 제1 이온화 에너지는 $A < B < C$ 이다.

ㄷ. A의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이므로 홀전자가 없다. B의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이므로 3p 오비탈에 2개의 홀전자가 있다. C의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 이므로 홀전자 수가 3이다.

문제 속 자료 순차 이온화 에너지

① 순차 이온화 에너지는 차수가 증가할수록 크다. \Rightarrow 전자를 떼어 낼수록 전자 간 반발력이 감소한다.



② 안쪽 전자 껍질의 전자를 떼어 낼 때는 이온화 에너지 값이 급격히 증가한다. \Rightarrow 원자가 전자 수를 예측할 수 있다.

순차 이온화 에너지(kJ/mol)	E_1	E_2	E_3	E_4	원자가 전자 수
Na	496	4562	6912	9543	1
Mg	738	1451	7733	10540	2

108 답 ③ | 순차 이온화 에너지가 E_5 와 E_6 사이에서 크게 증가하

므로 원소 A는 15족 원소이다. 따라서 원자가 전자는 5개이며,

바닥상태의 원자가 전자 배치는 $\boxed{\uparrow\downarrow}_{3s} \boxed{\uparrow}_{3p_x} \boxed{\uparrow}_{3p_y} \boxed{\uparrow}_{3p_z}$ 이다.

문제 속 자료 순차 이온화 에너지

순차 이온화 에너지의 크기

이온화 차수가 커질수록 순차 이온화 에너지가 증가한다.

$(E_1 < E_2 < E_3 < \dots) \Rightarrow$ 이온화가 진행될수록 전자 사이의 반발력이 감소하고 원자핵과 전자 사이의 인력은 증가하여 전자를 떼어내기 어려워지기 때문이다.

- 109 답 ⑤ | ㄱ. E_n 이 $\text{Na} > \text{Mg}$ 이므로 n 번째 떨어져 나가는 전자가 들어 있는 전자 껍질은 Na이 L, Mg이 M이며 $n=2$ 이다.

ㄴ. Al은 13족 원소로 E_2 와 E_3 의 차보다 E_3 와 E_4 의 차가 크므로 (가)는 7730보다 작다.

ㄷ. $n=2$ 이므로 Ne, Na, Mg, Al 중 $\frac{E_n}{E_{n-1}} = \frac{E_2}{E_1}$ 는 Na이 가장 크다.

- 110 답 ③ | ㄱ. 원소 A의 순차 이온화 에너지가 E_2 와 E_3 사이에서 급격히 증가하였으므로 A는 2족 원소이다.

ㄴ. 같은 주기에서 제1 이온화 에너지는 2족이 13족 원소보다 크므로 A는 3주기, B는 2주기 원소이다.

오답 피하기

ㄷ. 기체 상태에서 B가 B^{3+} 이 되는 데 $E_1 + E_2 + E_3$ 의 에너지가 필요하므로 $6.88 \times 10^3 \text{ kJ/몰}$ 의 에너지가 필요하다.

- 111 답 ⑤ | ㄱ. A는 제3 이온화 에너지와 제4 이온화 에너지의 크기 차이가 크므로 13족, B는 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지의 크기 차이가 크므로 1족, C는 제2 이온화 에너지와 제3 이온화 에너지의 크기 차이가 크므로 2족 원소이다. 따라서 원자가 전자 수는 A가 3개, B가 1개, C가 2개로 A가 가장 많다.

ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 감소하므로 1족 원소가 원자 반지름이 가장 크다. B가 1족 오비탈 원소이므로 원자 반지름은 B가 가장 크다.

ㄷ. C는 3주기 2족 원소이므로 제1 이온화 에너지는 $3s^2$ 오비탈에서 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지이다. A는 3주기 13족 원소이므로 제1 이온화 에너지는 $3s^2$ 오비탈보다 에너지 준위가 높은 $3p^1$ 오비탈에서 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지이다. 따라서 제1 이온화 에너지는 C가 A보다 크다.

- 112 답 ① | ㄱ. A는 $E_1 \ll E_2 < E_3$ 이므로 1족 원소이다.

오답 피하기

ㄴ. B는 $E_1 \ll E_2 < E_3$ 이므로 1족 원소이다. A와 B가 같은

족 원소이므로 E_1 이 더 큰 A가 2주기, B는 3주기 원소이다.

ㄷ. C가 안정한 이온으로 되는 데 필요한 에너지는 $(738 + 1450) \text{ kJ/mol}$ 이다.

- 113 답 ⑤ | 전자 배치를 통해 X는 3주기 1족, Y는 2주기 2족 원소임을 알 수 있다. 순차 이온화 에너지 그래프를 통해 A와 C는 제3 이온화 에너지와 제4 이온화 에너지 크기의 차이가 크기 때문에 13족 원소이며, B는 제2 이온화 에너지와 제3 이온화 에너지 차이가 크기 때문에 2족 원소이다. 제1 이온화 에너지의 크기가 $C > B > A$ 이므로 A와 B는 3주기 원소이고 C는 2주기 원소이다. 따라서 A는 3주기 13족, B는 3주기 2족, C는 2주기 13족 원소이다.

ㄱ. X는 3주기 1족, A는 3주기 13족이고, 원자 반지름은 원자 번호가 증가할수록 작아지므로 X가 A보다 크다.

ㄴ. Y는 2주기 2족, C는 2주기 13족 원소이다. 따라서 Y의 제2 이온화 에너지와 제3 이온화 에너지의 크기 차이가 크므로 C보다 $\frac{\text{제3 이온화 에너지}}{\text{제2 이온화 에너지}}$ 가 크다.

ㄷ. X의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이고, B는 3주기 2족이므로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이다. 따라서 바닥상태의 X와 B에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 모두 6개로 같다.

- 114 답 ① | 금속 원소 A와 B는 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지 크기 차이가 가장 크므로 원자가 전자 수가 1개인 1족 원소이다. 금속 원소 C는 제2 이온화 에너지와 제3 이온화 에너지 크기 차이가 가장 크므로 원자가 전자 수가 2개인 2족 원소이다. 같은 족에서 제1 이온화 에너지가 작을수록 원자 반지름이 커지므로 A의 원자 번호가 가장 크다. 따라서 A는 4주기 1족, B는 3주기 1족, C는 3주기 2족이다.

ㄱ. 4주기 1족(A), 3주기 1족(B), 3주기 2족(C) 중에 4주기 1족 원소(A)의 원자 반지름이 가장 크다.

오답 피하기

ㄴ. B의 원자가 전자 수는 1개이다.

ㄷ. A는 4주기, C는 3주기이므로 다른 주기의 원소이다.

- 115 답 ③ | ㄱ. X는 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않고 용융했을 때 전류가 흘러 전기 분해가 가능하므로 X는 이온 결합 물질이다.

ㄴ. $\text{X}(l)$ 를 전기 분해하면 A_2 , B가 생성되므로 구성 원소는 A, B이다.

오답 피하기

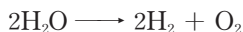
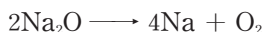
ㄷ. $\text{X}(l)$ 를 전기 분해할 때 (+)극에서는 음이온이 전자를 잃고 산화된다.

116 답 ③ | ㄱ. 물을 전기 분해하면 (−)극에서는 H_2 가 생성되고 (+)극에서는 O_2 가 생성된다. 따라서 B_2 는 H_2 이다.

ㄴ. Na_2A 용융액과 물을 전기 분해하였을 때 (+)극에서 생성된 물질의 종류가 같으므로 O_2 이다. 따라서 A는 O이며 Na_2O 은 금속 양이온(Na^+)과 비금속 음이온(O^{2-})이 결합한 이온 결합 물질이다.

오답 피하기

ㄷ. Na_2O 과 H_2O 을 전기 분해했을 때 반응식은 다음과 같다.



이때 (−)극에서 생성되는 물질은 각각 Na, H_2 이며, 같은 양(mol)(2몰)의 Na_2O 과 H_2O 을 전기 분해할 때 Na는 4몰이 생성되고 H_2 는 2몰이 생성되므로 몰비는 2 : 1이다.

117 답 ⑤ | 물과 염화 나트륨을 전기 분해하였으므로 물은 H_2 와 O_2 가 생성되고, 염화 나트륨은 Na 고체가 석출되며 Cl_2 가 생성될 것이다. 실온에서 기체 상태인 물질은 H_2 , O_2 , Cl_2 이며 (+)극에서는 O_2 와 Cl_2 가 발생한다. O_2 는 2중 결합, Cl_2 는 단일 결합이므로 A_2 는 Cl_2 , B_2 는 O_2 , C는 Na이다.

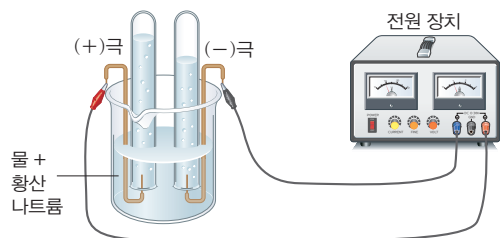
ㄱ. B_2 는 O_2 이다.

ㄴ. A는 Cl, C는 Na이므로 A와 C는 NaCl의 성분 원소이다.

ㄷ. B와 C로 이루어진 화합물은 Na_2O 로 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

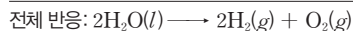
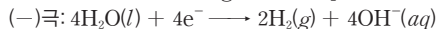
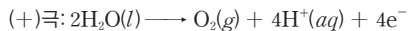
문제 속 자료 전기 분해

물의 전기 분해



〔(+)극에 모인 기체: 산소(O_2) 기체
확인 방법: 꺼져가는 불씨를 대면 활활 타오르게 하는 조연성 기체이다.

〔(−)극에 모인 기체: 수소(H_2) 기체
확인 방법: 성냥불을 대면 ‘푹’ 소리를 내면서 타게 하는 가연성 기체이다.

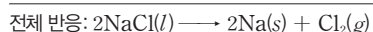
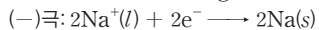


발생하는 기체의 부피비는 수소 : 산소 = 2 : 1

염화 나트륨 용융액의 전기 분해

• (+)극: 염화 이온(Cl^-)이 전자를 잃어 염소 기체(Cl_2)가 발생한다.

• (−)극: 나트륨 이온(Na^+)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성된다.



118 답 ③ | ㄱ, ㄴ. X 용융액을 전기 분해하면 고체 A와 기체 B_2 가 생성되므로 X는 금속 원소 A와 비금속 원소 B로 구성된 이온 결합 물질이다.

오답 피하기

ㄷ. 소량의 X를 첨가한 물을 전기 분해하면 기체 C_2 와 D_2 가 생성된다. X는 전해질이고 물이 전기 분해된 것이므로 (−)극에서는 H_2 가 생성되고, (+)극에서는 O_2 가 생성된다. $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$ 반응에 의해 C_2 는 H_2 , D_2 는 O_2 이므로 생성되는 C_2 와 D_2 의 몰비는 2 : 1이다.

119 답 ③ | ㄱ. A와 B는 전자 껍질 수가 같으므로 같은 주기의 원소이다.

ㄴ. 같은 족 원소는 화학적 성질이 비슷하다. 원자가 전자 수가 같으면 같은 족이다. A와 C는 원자가 전자 수가 5개로 같으므로 화학적 성질이 비슷하다.

오답 피하기

ㄷ. B의 원자가 전자 수는 6개, C의 원자가 전자 수는 5개로 C가 B보다 작다.

120 답 ③ | ㄱ. A~C는 전자 껍질 수가 같으므로 같은 주기의 원소이다.

ㄷ. B는 원자 번호 7인 N이다. N_2 는 3중 결합으로 이루어져 있다.

오답 피하기

ㄴ. A는 탄소(C), B는 질소(N), C는 산소(O)이다. AC_2 는 CO_2 로, 대칭 구조이다.

121 답 ⑤ | A는 H, B는 O, C는 Na이다.

ㄱ. (가)는 비금속 원소인 H와 O의 공유 결합으로 형성된 H_2O 이다.

ㄴ. (나)는 비금속 원소인 O와 금속 원소인 Na이 결합한 이온 결합 물질이다. O의 안정한 이온은 O^{2-} , Na의 안정한 이온은 Na^+ 이므로 Na_2O 이 형성된다.

ㄷ. (가)는 H_2O 이고 (나)는 Na_2O 이다. 액체 상태에서 전기 전도도는 이온 결합 물질이 공유 결합 물질보다 크므로 전기 전도도는 (나)가 (가)보다 크다.

122 답 ① | 각 원자핵의 전하량으로 원자 번호를 알 수 있다. A는 F, B는 Mg, C는 Cl이다.

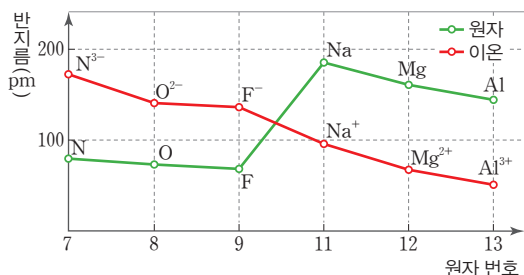
ㄱ. B는 원자가 전자가 2개인 금속 원소이고 C는 원자가 전자가 7개인 비금속 원소이다. 따라서 B와 C가 안정한 이온이 되기 위해서는 각각 B^{2+} , C^- 이 되므로 B와 C로 이루어진 화합물의 화학식은 BC_2 이다.

오답 피하기

ㄴ. 같은 주기의 원자는 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 커진다. B와 C는 같은 주기이므로 유효 핵전하는 B가 C보다 작다.

ㄷ. A^- 과 B^{2+} 은 전자 수가 같으므로 핵전하량이 큰 B^{2+} 의 반지름이 A^- 의 반지름보다 작다.

문제 속 자료 이온 반지름



- 비금속 원소(N, O, F)는 음이온이 되면서 전자 사이의 반발력이 증가
→ 원자 반지름 < 이온 반지름
- 금속 원소(Na, Mg, Al)는 양이온이 되면서 전자 껍질 수 감소 → 원자 반지름 > 이온 반지름
- 등전자 이온은 원자 번호가 클수록 핵전하량이 증가하여 이온 반지름 감소
→ $N^{3-} > O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$

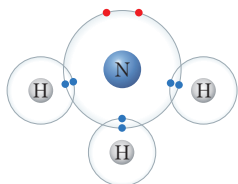
123 답 ② | X의 전자 수는 6, Y의 전자 수는 1, Z의 전자 수는 7이므로 X는 C, Y는 H, Z는 N이다. 따라서 XY_4 는 CH_4 , Z_2 는 N_2 이다.

ㄴ. X, Y, Z는 모두 비금속 원소이므로 XY_4 , Z_2 는 비금속 원소로만 이루어져 있다.

오답 피하기

ㄱ. X(C)는 원자 번호가 6, Z(N)은 원자 번호가 7이므로 X가 Z보다 작다.

ㄷ. ZY_3 은 NH_3 로 단일 결합만 존재한다.



124 답 ④ | 물질 AB의 화학 결합 모형은 A^{2+} 과 B^{2-} 이 결합한 것이다. A^{2+} 은 A가 전자 2개를 잃어 생성된 이온이며 A의 원자가 전자는 2개이다. B^{2-} 은 B가 전자 2개를 얻어 생성된 이온이며, B의 원자가 전자는 6개이다. 물질 C_2 는 C 원자 2개가 각각 전자 1개를 내놓아 만든 전자쌍 1개를 공유하면서 결합을 형성하고, C의 원자가 전자는 7개이다.

ㄱ. AB는 A^{2+} 과 B^{2-} 의 정전기적 인력으로 화학 결합을 형성한 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 이온이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

ㄷ. A는 전자 2개를 잃어 A^{2+} 이 되고, C는 전자 1개를 얻어 C^- 이 되므로 A^{2+} 과 C^- 이 1:2의 개수비로 결합한다. 따라서 A와 C의 안정한 화합물은 AC_2 이다.

오답 피하기

ㄴ. B는 원자가 전자가 6개이므로 B_2 는 2중 결합을 하며, C는 원자가 전자가 7개이므로 C_2 는 단일 결합을 한다. 따라서 공유 전자쌍 수는 B_2 는 2개, C_2 는 1개이다.

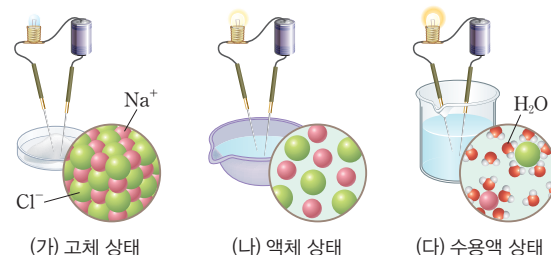
문제 속 자료 이온 결합 물질의 전기 전도성

전기 전도성

전기가 흐르는 성질로, 전하를 띠는 입자가 이동해야만 전류가 흐를 수 있다.

이온 결합 물질의 전기 전도성

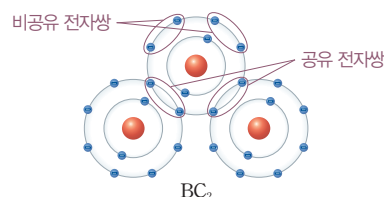
예 염화 나트륨의 전기 전도성



- 고체 상태에서는 전기 전도성이 없음 → 반대 전하의 이온들이 단단히 결합하고 있어서 이온들이 이동할 수 없기 때문
- 액체 상태와 수용액 상태에서는 전기 전도성이 있음 → 음이온과 양이온으로 나뉘어져 이온들이 자유롭게 이동할 수 있기 때문

125 답 ⑤ | ㄱ. AB는 양이온과 음이온의 전기적 인력에 의해 형성된 이온 결합 물질이다.

ㄴ. BC_2 에서 중심 원자 B에는 공유 전자쌍이 2쌍, 비공유 전자쌍이 2쌍 있다.



ㄷ. 옥텟 규칙은 비활성 기체 이외의 원자들이 전자를 잃거나, 전자를 얻거나, 전자를 서로 공유함으로써 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 가져 안정해지려는 경향이다(단, 헬륨은 2개). AB와 BC_2 의 구성 입자는 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 가지고 있으므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

126 답 ③ | 화학 결합 모형에서 A는 +1가의 양이온이므로 전자가 3개인 Li이다. B와 C는 단일 결합을 이루고 있고 전체적으로 -1가의 음이온이므로 B는 O, C는 H이다. X는 A 2개와 B 1개로 구성되어 있으므로 A_2B 인 Li_2O 이고, Y는 B 1개와 C 2개로 이루어져 있으므로 C_2B 인 H_2O 이다.

ㄱ. Y는 비금속 원소인 O와 H가 결합하여 생성된 물질이므로 공유 결합 화합물이다.

ㄴ. Y에서 B는 원자가 전자가 6개이므로 C 2개와 각각 단일 결합을 형성하며, 옥텟 규칙을 만족한다.

오답 피하기

ㄴ. X는 금속 Li와 비금속 O로 이루어진 이온 결합 화합물이므로 액체 상태에서 이온이 자유롭게 움직일 수 있어 전기 전도성이 있다. 그러나 Y는 공유 결합 화합물로, 액체 상태에서 이온으로 분리되지 않으므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

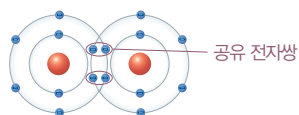
127 답 ③ | A^+ 은 전자가 10개이므로 중성 원자 A는 총 전자가 11개인 Na이고, B^{2-} 은 전자가 10개이므로 중성 원자 B는 총 전자가 8개인 O이다.

ㄱ. A_2B 는 금속 원소 Na와 비금속 원소 O가 결합한 Na_2O 으로 이온 결합 물질이다.

ㄴ. A는 Na로 3주기 원소이다.

오답 피하기

ㄴ. B_2 는 O_2 로 공유 전자쌍 수는 2이다.



128 답 ⑤ | A_2B 는 Na_2O , C_2B 는 H_2O 이므로 A, B, C는 각각 Na, O, H이다.

ㄱ. A_2B 는 금속 양이온인 Na^+ 2개와 비금속 음이온인 O^{2-} 이 결합한 물질로 이온 결합 물질이다.

ㄴ. C_2B 에서 B는 O로, O는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄴ. ABC는 NaOH로 이온 결합 물질이며, C_2B 는 H_2O 로 공유 결합 물질이다. 액체 상태에서 전기 전도성은 이온 결합 물질이 공유 결합 물질보다 크므로 ABC의 전기 전도성이 C_2B 보다 크다.

129 답 ④ | (가)는 LiCl, (나)는 HCl이다. A, B, C 각각 Li, H, Cl이다.

ㄴ. (가)는 LiCl으로 금속 양이온과 비금속 음이온이 결합한 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전류가 흐른다.

ㄴ. (나)의 C(Cl)는 18족 원소인 Ar과 같은 안정한 전자 배치를 이루고 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

오답 피하기

ㄱ. 원자 번호는 A(Li)가 3, B(H)가 1이므로 원자 번호는

A가 B보다 크다.

130 답 ④ | A^+ 의 전자가 10개이므로 A 원자의 전자는 11개이고, BC^- 의 전자가 14개이므로 BC의 전자는 13개이다. B가 C보다 원자 번호가 작기 때문에 B 원자의 전자는 6개, C 원자의 전자는 7개이다. 따라서 A는 나트륨(Na), B는 탄소(C), C는 질소(N)으로 ABC는 NaCN이다.

ㄴ. NaCN은 금속 원소인 Na와 비금속 원소인 C와 N가 결합한 이온 결합 물질로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

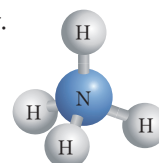
ㄴ. C_2 는 N_2 로 공유 전자쌍 수는 3이다.

오답 피하기

ㄱ. A는 Na로 3주기 원소, B는 C로 2주기 원소이므로 다른 주기의 원소이다.

131 답 ① | AB_4^+ 는 NH_4^+ 이고, C^- 는 Cl^- 이다.

ㄴ. AB_4^+ 의 구조는 중심 원자 N와 4개의 H가 각각 공유 결합을 하고 있는 정사면체이다.



오답 피하기

ㄱ. A는 N로, 15족 원소이다.

ㄴ. AC_3 는 NCl_3 로 N와 Cl가 모두 비금속 원소이므로 전자를 공유하여 공유 결합을 형성한다. 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합은 이온 결합이다.

132 답 ⑥ | A~D는 각각 Na, O, H, Cl이다.

① 화학 결합 모형을 식으로 나타내면 $ABC + CD \longrightarrow AD + X(C_2B)$ 이므로 $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + X(H_2O)$ 이다. 따라서 X는 C_2B 이다.

② ABC에서 A는 가장 바깥 껍질에 전자가 8개이므로 옥텟 규칙을 만족한다.

③ CD는 C와 D가 1개의 전자쌍을 공유하여 생성된 공유 결합 물질이다.

④ AD는 금속 양이온(Na^+)과 비금속 음이온(Cl^-)이 결합하여 생성된 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

오답 피하기

⑤ X는 H_2O 로 비공유 전자쌍이 2개이고, B_2 는 O_2 로 비공유 전자쌍이 4개이다.

물(H_2O)의 비공유 전자쌍	산소(O_2)의 비공유 전자쌍

133 답 ⑤ | A~D는 각각 Na, F, Ca, O이다.

ㄴ. CB_2 는 CaF_2 으로 금속 양이온(Ca^{2+})과 비금속 음이온(F^-)이 결합한 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄷ. DB_2 는 OF_2 로 비금속 원소인 O와 F이 전자를 공유하여 생성된 공유 결합 물질이다.

오답 피하기

ㄱ. A와 D는 Na과 O로 Na은 3주기, O는 2주기로 다른 주기 원소이다.

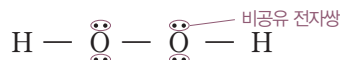
134 답 ④ | 화합물 AB는 HF, 화합물 CD는 MgO 이다.

ㄴ. (나)는 원자 수비가 B : C = 2 : 1이므로 MgF_2 이다. MgF_2 은 금속 양이온인 Mg^{2+} 과 비금속 음이온인 F^- 이 결합한 이온 결합 물질로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄷ. (나)에서 B와 C는 F^- 과 Mg^{2+} 으로, Mg^{2+} 은 Mg이 전자 2개를 잃고 전자 껍질이 2개, 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 채운 Ne과 같은 전자 배치를 가진다. F^- 은 F이 전자 1개를 얻어 Ne과 같은 전자 배치를 가진다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 원자 수비가 A : D = 1 : 1이므로 (가)의 화학식은 H_2O_2 이다. 루이스 구조식은 그림과 같으며 비공유 전자쌍 수는 4이다.



135 답 ⑤ | ㄱ. 핵 간 거리는 HY가 HX보다 크므로 원자 반지름은 Y가 X보다 크다. X와 Y는 할로젠 원소이고 주기가 증가하면 전기 음성도가 감소한다. 원자 반지름의 큰 Y가 주기가 크므로 전기 음성도는 X보다 작다.

ㄴ. 할로젠화 수소에서 공유 결합 핵 간의 거리가 짧을수록 결합 에너지가 크다. 따라서 HX의 핵 간 거리가 HY보다 짧으므로 결합 에너지가 더 크다.

ㄷ. $\frac{r_0}{2}$ 는 HX의 공유 결합 길이의 $\frac{1}{2}$ 이며, X_2 분자의 공유 결합 반지름보다 작다.

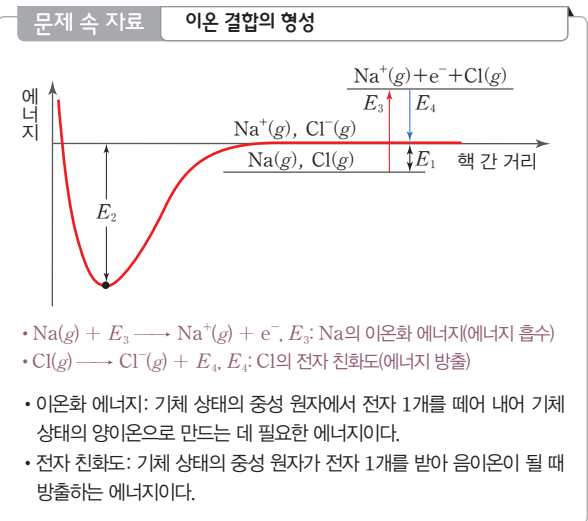
136 답 ③ | A~D는 2, 3주기의 원소이며 기체이므로 이원자 분자 $\text{A}_2 \sim \text{D}_2$ 는 F_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 일 것이다. 같은 주기에서 결합 수가 증가할수록 결합 에너지가 증가하고 핵 간 거리가 감소한다. 이원자 분자들의 결합 수는 F_2 이 1개, O_2 가 2개, N_2 가 3개, Cl_2 가 1개이다. 따라서 A_2 는 N_2 , B_2 는 O_2 이며, F_2 보다 Cl_2 원자 반지름이 더 크기 때문에 C_2 는 F_2 , D_2 는 Cl_2 이다.

137 답 ④ | ㄴ. Li의 이온화 에너지는 Na보다 크므로 $\text{LiCl}(g)$ 이 생성될 때 E_1 은 커진다.

ㄷ. 두 이온 사이의 핵 간 거리가 짧을수록 결합 에너지가 크다. NaCl이 KCl보다 핵 간 거리가 짧으므로 결합 에너지가 크다. 따라서 $\text{KCl}(g)$ 이 생성될 때 핵 간 거리가 길어지므로 결합 에너지가 작아진다.

오답 피하기

ㄱ. $\frac{r_0}{2}$ 은 Na^+ 의 반지름이 아니라 Na^+ 과 Cl^- 사이 거리의 $\frac{1}{2}$ 이다.

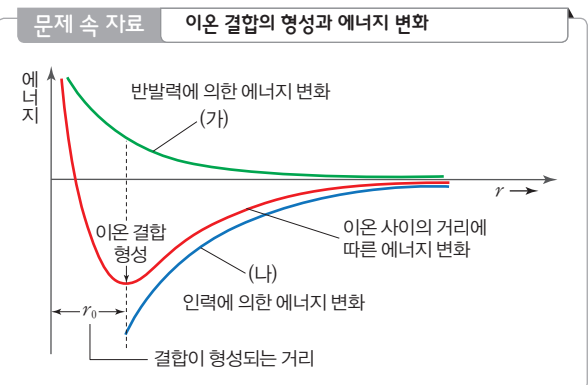


138 답 ③ | ㄱ. Cl^- 이 Br^- 보다 이온 반지름이 작으므로 r_0 는 KCl이 KBr보다 작다.

ㄷ. 이온 사이의 거리가 짧을수록 녹는점이 높다. KCl은 +1가의 양이온과 -1가의 음이온이 이온 결합을 하여 생성되고, CaO은 +2가의 양이온과 -2가의 음이온이 이온 결합을 하여 생성되었으므로 CaO의 녹는점이 훨씬 높다.

오답 피하기

ㄴ. MgO가 CaO보다 이온 사이의 거리가 짧아 결합력이 강하므로 이온 결합이 형성될 때 방출되는 에너지(E)는 MgO이 CaO보다 크다.



139 답 ⑥ | 물질 A의 결정 구조는 금속, 물질 B의 결정 구조는 이온 결합을 나타낸 것이므로 A는 금속인 나트륨, B는 이온 결합 물질인 염화 나트륨이다.

ㄱ. A인 나트륨은 금속으로 물과 반응하면 수소 기체를 발생시킨다.

ㄴ. A인 나트륨과 염소 기체를 반응시키면 염화 나트륨이 생성된다.

ㄷ. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 쉽게 쪼개지거나 부서진다. 금속은 자유 전자가 있으므로 강한 정전기적 인력이 작용해 힘을 가해도 이온 결합 물질처럼 잘 부서지지 않는다. 따라서 힘을 가했을 때 이온 결합 물질인 B가 금속인 A보다 부서지기 쉽다.

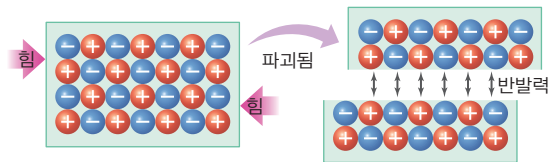
오답 피하기

ㄴ. BTB 용액은 산성에서는 노란색, 중성에서는 초록색, 염기성에서는 파란색을 띤다. B의 수용액은 염화 나트륨 수용액으로 중성이므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 초록색을 띤다.

문제 속 자료 이온 결합 물질과 금속의 성질

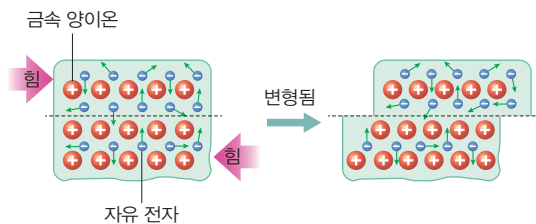
이온 결합 물질의 성질

이온 결합 물질에 힘을 가하면 층이 밀리면서 서로 같은 전하를 띤 이온 사이의 반발력에 의해 쉽게 부서진다.



금속의 성질

금속에 힘을 가해 금속이 변형되어도 금속 결합이 유지된다. → 자유 전자들이 금속 양이온 사이를 자유롭게 움직이면서 금속 양이온을 결합시키는 접착제와 같은 역할을 하므로 금속 결합이 유지된다.



140 답 ① | (가)는 양이온과 음이온이 강하게 결합된 모형으로 이온 결합 물질, (나)는 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 이루어진 결합으로 금속 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 고체 상태에서 전기 전도성이 없고 용융 상태에서는 전기 전도성이 있다. 금속 결합 물질은 고체 상태, 용융 상태 모두 전기 전도성이 있으며 녹는점이 높다. 따라서 (가)는 A, (나)는 B이다.

141 답 ① | ㄱ. 금속 결합 물질 모형에서 양이온과 자유 전자의 개수비가 1 : 2이며, 금속 산화물의 화학식 MO에서 O의 이온이 -2 가 음이온이므로 M의 이온은 $+2$ 가 양이온이다.

오답 피하기

ㄴ. 금속인 M에 전류를 흘려주면 자유 전자가 (+)극 쪽으로 이동하고 양이온은 이동하지 않는다.

ㄷ. 금속 산화물인 MO는 금속 양이온과 비금속 음이온이 결합한 이온 결합 물질이므로 연성과 전성이 없다. 금속에 힘을 가해 금속 양이온이 다른 위치로 이동하더라도, 자유 전자가 있으므로 강한 정전기적 인력이 작용한다. 따라서 가늘게 뽑을 수 있거나 얇게 펴지는 연성과 전성은 금속의 성질이다.

142 답 ② | (가)는 이온 결정, (나)는 금속 결정 모형을 나타낸 것이다.

ㄴ. (가)는 이온 결합 물질로 액체 상태에서 이온들이 자유롭게 이동할 수 있다. 따라서 액체 상태의 (가)에 전압을 걸어주면 양이온은 (-)극 쪽으로, 음이온은 (+)극 쪽으로 이동한다.

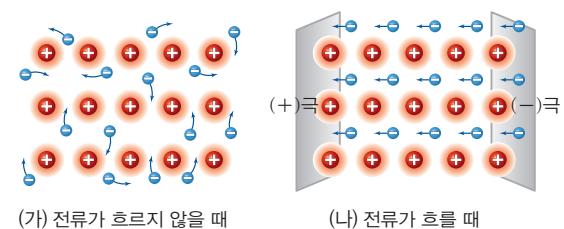
오답 피하기

ㄱ. (가)는 양이온과 음이온이 결합되어 있는 모형으로, 이온 결정 모형이다.

ㄷ. 고체 상태의 (나)인 금속 결정에 전압을 걸어주면 자유 전자들이 (+)극 쪽으로 이동하면서 전류가 흐른다.

문제 속 자료 금속의 전기 전도성

금속에 전압을 걸어주면 자유 전자들이 (+)극 쪽으로 이동하면서 전류가 흐르므로 금속은 전기 전도성이 높다. 금속 양이온은 이동하지 않고 고정되어 있다.



143 답 ④ | A는 수소(H), B는 리튬(Li), C는 산소(O), D는 플루오린(F)이다.

ㄴ. B_2C 는 Li_2O 로 금속 양이온과 비금속 음이온이 결합한 이온 결합 물질이다.

ㄷ. CD_2 는 OF_2 로 구조식은 그림과 같으며 비공유 전자쌍 수는 8개이다.



오답 피하기

ㄱ. 수소는 비금속 원소이다.

144 답 ④ | 원소 A는 수소(H), B는 리튬(Li), C는 탄소(C), D는 산소(O), E는 나트륨(Na), F는 마그네슘(Mg)이다.

ㄴ. A와 C로 이루어진 화합물은 수소와 탄소로 이루어진 물질이다. A와 C는 비금속 원소이므로 공유 결합을 한다.

ㄷ. D와 F는 산소와 마그네슘이므로 D와 F로 이루어진 화합물은 비금속 음이온과 금속 양이온으로 이루어진 이온 결합 화합물이므로 액체 상태에서 전류가 흐른다.

오답 피하기

ㄱ. 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 금속성이 커지므로 리튬은 나트륨보다 금속성이 작다.

145 답 ① | 원소 A, B, C, D, E는 각각 수소(H), 탄소(C), 산소(O), 플루오린(F), 마그네슘(Mg)이므로 (가)는 HF, (나)는 H₂O, (다)는 CF₄, (라)는 Mg_xF_y이다.

ㄱ. 공유 결합 물질은 비금속 원소 사이의 공유 결합으로 이루어진 물질이다. (가)~(라) 중 공유 결합 물질은 HF, H₂O, CF₄이므로 3가지이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 H₂O로 굽은 형 모양의 분자이며 결합각은 104.5°이다. (다)는 CF₄로 정사면체형의 분자이며 결합각은 109.5°이므로 결합각은 (나)가 (다)보다 작다.

ㄷ. E_xD_y는 Mg²⁺과 F⁻이 1 : 2의 비로 결합하여 생성된다. 따라서 x는 1, y는 2이므로 x는 y보다 작다.

146 답 ① | 원소 A, B, C, D, E는 각각 탄소(C), 산소(O), 나트륨(Na), 염소(Cl), 아르곤(Ar)이다. 각 원소의 원자가 전자 수, 전자 껍질 수는 다음과 같다.

원소	원자가 전자 수	전자 껍질 수
A(탄소)	4	2
B(산소)	6	2
C(나트륨)	1	3
D(염소)	7	3
E(아르곤)	0	3

따라서 (가)에 해당하는 원소는 A, B, D이고 (나)에 해당하는 원소는 C, D, E이다. 칼륨의 이온은 금속 양이온이므로 칼륨과 이온 결합 물질을 형성할 수 있는 원소는 비금속 음이온을 형성하는 B, D이다. 그림의 빗금 친 부분에 해당하는 원소는 (가)에 해당하는 원소 중 (나)와 (다)에 해당하는 원소를 빼면 된다. A, B, D에서 (나)에 해당하는 원소 D를

빼고, (다)에 해당하는 원소 B, D를 빼면 A만 남는다.

147 답 ① | 전기 음성도는 주기율표의 왼쪽이나 아래로 갈수록 감소하고, 주기율표의 오른쪽이나 위로 갈수록 증가한다. 따라서 A~C의 전기 음성도 크기는 O > S > Mg으로 A는 Mg, B는 S, C는 O이다.

ㄱ. A는 Mg이다.

오답 피하기

ㄴ. 같은 족에서 이온 반지름은 주기가 커질수록 커진다. C(O)는 2주기, B(S)는 3주기이므로 B(S)의 이온 반지름이 C(O)보다 크다.

ㄷ. A와 C의 이온은 Mg²⁺, O²⁻이므로 전자 껍질 수와 전자 수가 같은 등전자 이온이다. 등전자 이온의 이온 반지름 차이는 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 크기가 다르기 때문이다.

148 답 ① | 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 커지고, 같은 족에서 원자 번호가 작을수록 대체로 커진다. 따라서 A는 Na, B는 Mg, C는 O, D는 F이다.

ㄱ. A와 B는 같은 주기이다. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 감소하므로 A의 원자 반지름이 B보다 더 크다.

오답 피하기

ㄴ. A와 D의 안정한 이온은 각각 Na⁺, F⁻이다. 두 이온은 전자 수가 10개로 네온과 같은 전자 배치를 하고 있으며, Na⁺의 유효 핵전하량이 F⁻보다 크다. 따라서 안정한 이온의 반지름은 Na⁺ < F⁻이므로 A < D이다.

ㄷ. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 증가하므로 C < D이다.

149 답 ⑤ | X~Z는 바닥상태 원자의 전자 배치에서 홀전자 수가 같은 2주기 원소이므로 1족, 13족, 17족 원소이다.

	1s	2s	2p	전자 배치
1족	↑↓	↑		1s ² 2s ¹
13족	↑↓	↑↓	↑	1s ² 2s ² 2p ¹
17족	↑↓	↑↓	↑↓↑	1s ² 2s ² 2p ⁵

ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 Y가 X보다 크다.

ㄷ. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 증가하므로 Z(F)가 가장 크다.

오답 피하기

ㄱ. 같은 주기에서 전기 음성도는 원자 번호가 클수록 대체로 크므로 X는 Li, Y는 B, Z는 F이다. Y(B)는 13족 원소이다.

150 답 ① | (가)~(다)는 2주기 원소의 수소 화합물이므로 H_2X , YH_3 , ZH_4 는 각각 H_2O , NH_3 , CH_4 이다. 전기 음성도는 $X(O) > Y(N) > Z(C)$ 이므로 (가)는 ZH_4 , (나)는 YH_3 , (다)는 H_2X 이다.

ㄱ. (가)는 ZH_4 이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 NH_3 로 삼각뿔형 구조이므로 입체 구조이다.

ㄷ. (나)의 결합각은 107° , (다)의 결합각은 104.5° 로 (나)의 결합각이 (다)보다 크다.

151 답 ⑤ | 1, 2주기 비금속 원소로 이루어진 루이스 전자점식이므로 X는 수소, Y는 탄소, Z는 질소, W는 산소이다.

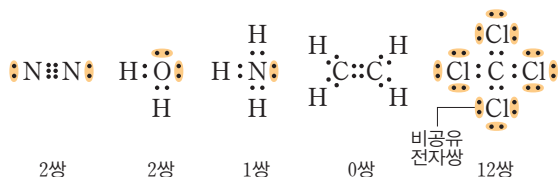
ㄱ. 전기 음성도는 $O > N > C$ 이므로 $W > Z > Y$ 이다.

ㄴ. Z_2 는 N_2 로 구조식은 $N \equiv N$ 이며, 공유 전자쌍 수는 3개이다. W_2 는 O_2 로 구조식은 $O = O$ 이며, 공유 전자쌍 수가 2개이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 Z_2 가 W_2 보다 많다.

ㄷ. 분자 XYZ의 구조식은 $H-C \equiv N$ 으로 중심 원자 C에 비공유 전자쌍이 없다.

문제 속 자료 비공유 전자쌍

비공유 전자쌍은 쌍을 이루면서 공유 결합에 참여하지 못하는 전자쌍이다.



152 답 ② | ㄴ. 극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되고 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 용해된다. 물은 극성이므로 물에 대한 용해도는 극성 분자가 무극성 분자보다 더 크다. 따라서 물에 대한 용해도는 HCN 이 C_2H_2 보다 크다.

오답 피하기

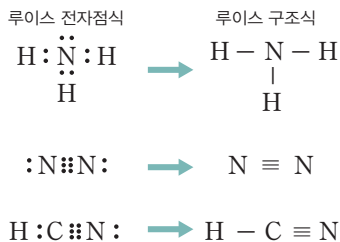
ㄱ. 끓는점은 극성 분자가 무극성 분자보다 높다. 두 물질의 분자량은 비슷하고, HCN 은 극성 분자, C_2H_2 는 무극성 분자이므로 끓는점은 HCN 이 C_2H_2 보다 높다.

ㄷ. HCN 과 C_2H_2 의 구조식은 다음과 같다.

HCN 구조식	C_2H_2 구조식
$H - C \equiv \ddot{N}$	$H - C \equiv C - H$

따라서 HCN 의 공유 전자쌍의 수는 4개, C_2H_2 의 공유 전자쌍 수는 5개로 HCN 이 C_2H_2 보다 적다.

문제 속 자료 공유 결합의 표시



153 답 ② | 2주기 원자 A~D는 각각 C, N, O, F이다.

② CH_2 는 H_2O 로 2쌍의 비공유 전자쌍이 있으므로 굽은 형의 구조이다.

오답 피하기

① AH_4 는 CH_4 로, C와 H는 전기 음성도가 다르므로 극성 공유 결합을 한다.

③ DH 는 HF 로, 극성 공유 결합을 하는 이원자 분자이므로 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

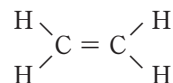
④ AH_4 는 CH_4 로 정사면체 구조의 무극성 분자, BH_3 는 NH_3 로 삼각뿔형의 극성 분자이다. 극성 분자가 무극성 분자보다 물에 대한 용해도가 크기 때문에 AH_4 가 BH_3 보다 물에 대한 용해도가 작다.

⑤ BH_3 는 NH_3 , CH_2 는 H_2O 이다. NH_3 의 결합각이 107° , H_2O 의 결합각이 104.5° 이므로 결합각은 BH_3 이 CH_2 보다 크다.

154 답 ④ | (가)는 H_2O , (나)는 CO_2 이다.

ㄴ. (나)는 결합각이 180° 인 직선형 구조의 분자이다.

ㄷ. C_2A_4 는 C_2H_4 이며, 루이스 구조식은 다음과 같다.



따라서 C_2H_4 는 모든 원자가 동일 평면에 있다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 굽은 형의 분자 구조이며 H_2O 의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다.

155 답 ⑤ | A는 탄소(C), B는 산소(O), C는 질소(N), D는 플루오린(F)이다.

ㄱ. AD_4 는 CF_4 로 A와 D가 공유 결합하는 공유 전자쌍 수가 4개이다.

ㄴ. B는 O로 원자가 전자가 6개, C는 N로 원자가 전자가 5개이다. 따라서 원자가 전자 수는 $B > C$ 이다.

ㄷ. CD_3 은 NF_3 로 D(F)는 부분적인 (-)전하를 띤다.

문제 속 자료 비공유 전자쌍

A는 탄소이고 B는 산소이다. 탄소 원자는 산소 원자 2개와 각각 2개의 전자쌍을 공유한다. 따라서 $AB_2(CO_2)$ 에서 공유 전자쌍은 4개, 비공유 전자쌍은 4개이다.



156 답 ④ | A는 N, B는 O, C는 F이다.

ㄴ. 분자 X를 구성하는 원소 A, B, C의 전기 음성도가 서로 다르므로 분자 내 결합은 극성 공유 결합이다.

ㄷ. 분자 구조가 $B=A-C$ 이므로 공유 전자쌍은 3개이다.

오답 피하기

ㄱ. 분자 X에서 세 원자 A, B, C가 옥텟 규칙을 만족하므로 A는 공유 전자쌍 3개, B는 2개, C는 1개를 갖는다. 따라서 분자 구조는 $B=A-C$ 이므로 중심 원자는 A이다.

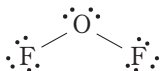
157 답 ① | A는 붕소(B), B는 산소(O), C는 플루오린(F)이다.

ㄱ. B_2 는 O_2 로 O의 원자가 전자 수가 6개이므로 O 원자 2개가 결합할 때 공유 전자쌍 수는 2개이다.

오답 피하기

ㄴ. AC_3 는 BF_3 로 중심 원자 주위에 6개의 전자가 존재하므로 AC_3 는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

ㄷ. BC_2 는 OF_2 로 O의 비공유 전자쌍이 2개이므로 분자 구조는 굽은 형이다. OF_2 의 구조식은 다음과 같다.



158 답 ④ | ㄱ. 극성 공유 결합은 전기 음성도가 다른 두 원자 사이의 공유 결합이다. (가)에서 전기 음성도가 다른 C와 O가 극성 공유 결합을 하고 있으며, (나)에서 전기 음성도가 다른 B와 F가 극성 공유 결합을 하고 있다.

ㄷ. (가)와 (나)는 각각 직선형, 평면 삼각형 구조이므로 둘 다 쌍극자 모멘트의 합은 0이다. 따라서 (가)와 (나)는 무극성 분자이다.

오답 피하기

ㄴ. 옥텟 규칙은 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자를 가질 때 가장 안정하다는 규칙이다. (가)의 중심 원자인 C는 2개의 2중 결합을 형성하고 있으므로 총 8개의 전자를 가지고 있다. (나)의 중심 원자인 B는 3개의 단일 결합을 형성하고 있으므로 총 6개의 전자를 가지고 있으므로 옥텟 규칙을 만족하지 못한다.

159 답 ⑥ | 각 원자의 원자가 전자 수는 X는 6개, Y는 7개, Z는 4개이다. X~Z는 2주기 원소이므로 X는 O, Y는 F, Z는 C이다.

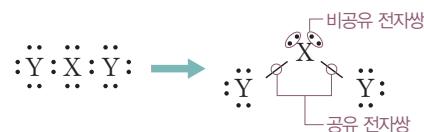
ㄱ. (나)에 있는 비공유 전자쌍의 수는 4개이다.



ㄴ. (가)는 OF_2 이므로 굽은 형 구조로 결합각이 104.5° , (나)는 CO_2 이므로 직선형 구조로 결합각이 180° 이다. 따라서 결합각은 (나) > (가)이다.

ㄷ. ZY_4 는 CF_4 로 중심 원자 C에 4개의 공유 전자쌍만 존재한다. 전자쌍 반발 원리에 의해 4개의 전자쌍은 정사면체의 꼭짓점에 위치하므로 정사면체형의 분자 모양을 가진다.

문제 속 자료 전자쌍 반발에 따른 분자 구조



중심 원자 X에 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 존재하므로 4개의 전자쌍이 전자쌍 반발 원리에 의해 사면체의 꼭짓점에 위치하게 되므로 (가)는 굽은 형의 분자 구조를 가진다.

160 답 ⑤ | A~D는 2주기 원자이므로 A는 리튬(Li), B는 붕소(B), C는 산소(O), D는 플루오린(F)이다.

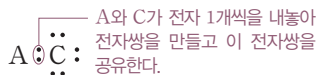
ㄱ. C는 옥텟 규칙을 만족하기 위해 전자 2개가 필요하므로 C_2 는 2개의 공유 전자쌍을 형성한다.



ㄴ. AD는 LiF로 Li는 금속 원소이고 F는 비금속 원소이므로 LiF는 이온 결합 화합물이다.

ㄷ. BD_3 는 BF_3 로 B에는 비공유 전자쌍이 없으므로 평면 삼각형 구조이다. 평면 삼각형은 대칭 구조로 극성이 상쇄되어 쌍극자 모멘트가 0이다.

161 답 ⑥ | ㄱ. A와 C는 비금속 원소이므로 공유 결합을 한다.



ㄴ. BA_3 에서 B가 A보다 주기율표의 오른쪽에 있으므로 전기 음성도는 B가 A보다 크다. 따라서 BA_3 에서 B는 부분적인 (－)전하를 띤다.

ㄷ. BC_3 의 중심 원자 B에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 존재한다. 따라서 분자 구조는 삼각뿔형이다.

162 답 ① | X~Z가 2주기 원소이므로 X는 N, Y는 O, Z는 F이다.

ㄱ. X₂의 루이스 구조식은 $\text{:}\ddot{\text{N}}\equiv\ddot{\text{N}}\text{:}$ 이며, 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍은 2개 있다.

오답 피하기

ㄴ. XZ₃ 분자는 NF₃로 삼각뿔형이므로 결합각은 107°이다.

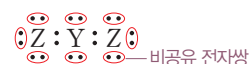
ㄷ. YZ₂는 OF₂로 굽은 형이므로 극성 분자이다.

163 답 ① | (가)는 XY₂, (나)는 YZ₂이고 (가)의 루이스 전자점식은 $\text{:}\ddot{\text{Y}}\text{:}\ddot{\text{X}}\text{:}\ddot{\text{Y}}\text{:}$, (나)의 루이스 전자점식은 $\text{:}\ddot{\text{Z}}\text{:}\ddot{\text{Y}}\text{:}\ddot{\text{Z}}\text{:}$ 이다.

ㄱ. 한 분자를 구성하는 Y 원자 수는 (가)가 2개, (나)가 1개이므로 (가)가 (나)보다 많다.

오답 피하기

ㄴ. (나)에 있는 비공유 전자쌍은 8개이다.



ㄷ. (가)는 직선형 구조, (나)는 굽은 형 구조이므로 결합각은 (가)가 (나)보다 크다.

164 답 ③ | ㄱ. 산소 분자는 대칭 구조이다.

ㄴ. 1 기압에서 메테인의 끓는점이 -162 °C이므로 25 °C에서 메테인은 기체로 존재한다.

오답 피하기

ㄷ. 분자량이 비슷할 때 극성 분자가 무극성 분자보다 녹는점이나 끓는점이 높다. 녹는점과 끓는점이 높은 것은 분자 사이의 힘이 크기 때문이다. 암모니아는 극성 분자이며, 끓는점이 무극성 분자인 메테인의 끓는점보다 더 높으므로 분자 사이의 힘은 암모니아가 메테인보다 크다.

문제 속 자료 극성 분자와 무극성 분자의 녹는점과 끓는점 비교

물질	극성	분자량	녹는점(°C)	끓는점(°C)
메테인(CH ₄)	무극성	16	-183	-162
암모니아(NH ₃)	극성	17	-78	-33
산소(O ₂)	무극성	32	-219	-183
황화 수소(H ₂ S)	극성	34	-86	-61

- 분자량이 비슷할 때 극성 분자가 무극성 분자보다 녹는점과 끓는점이 높다.
- 극성 분자는 서로 반대 전하를 띤 부분 사이에 강한 정전기적 인력이 작용하므로 무극성 분자보다 분자 사이의 인력이 강하다.

165 답 ② | ㄴ. AB₂는 극성 공유 결합이지만 대칭 구조이며 직선형으로, 무극성 분자이고 쌍극자 모멘트의 합이 0이다.

오답 피하기

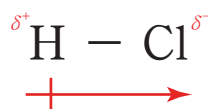
ㄱ. AB₂의 전기 음성도는 A가 δ⁺, B가 δ⁻이므로 A가 B보다 전기 음성도가 작다. BC₂의 전기 음성도는 B가 δ⁺, C가 δ⁻이므로 B가 C보다 전기 음성도가 작다. 따라서 A~C의 전기 음성도를 비교하면 A < B < C이다.

ㄷ. 2주기 원소의 화합물이 AB₂와 같은 대칭 구조이면 비공유 전자쌍이 없다. BC₂는 굽은 형 구조이므로 중심 원자에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있다.

문제 속 자료 쌍극자 모멘트와 분자의 극성

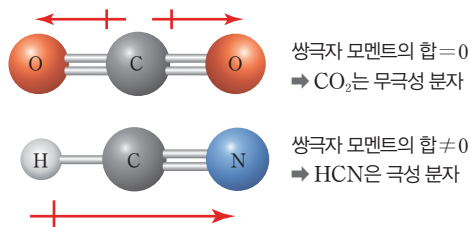
쌍극자 모멘트

쌍극자 모멘트의 방향은 (+)전하에서 (-) 전하를 향하므로 전기 음성도가 작은 원소에서 전기 음성도가 큰 원자를 향하도록 오른쪽과 같이 나타낸다.



분자의 극성 판단

쌍극자 모멘트의 합이 0인 분자를 무극성 분자, 0이 아닌 분자를 극성 분자로 판단한다.



166 답 ① | ㄱ. 메테인은 대칭 구조이고, 암모니아와 물은 비대칭 구조이다.

오답 피하기

ㄴ, ㄷ. 분자량이 비슷한 경우 비대칭 구조의 분자가 대칭 구조의 분자보다 분자 사이의 인력이 커서 끓는점이 높다. 따라서 암모니아가 메테인보다 끓는점이 높고, 분자 사이의 인력은 물이 메테인보다 크다.

문제 속 자료 전자쌍 수에 따른 분자의 모양

공유 전자쌍 수	4개	3개	2개
비공유 전자쌍 수	0개	1개	2개
분자 모양	정사면체형 109.5°	삼각뿔형 107°	굽은 형 104.5°
결합각	109.5°	107°	104.5°
예	CH ₄	NH ₃	H ₂ O

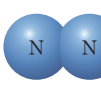
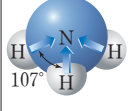
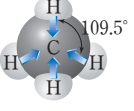
167 답 ③ | ㄱ. 질소는 대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트 합이 0이고, 무극성 분자이다.

ㄴ. 액체 상태에서 분자 간 인력은 암모니아가 질소보다 크다.

오답 피하기

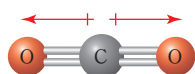
ㄴ. 분자량이 비슷할 때 극성 물질이 무극성 물질보다 끓는점이 높다. 암모니아는 극성 물질이고 메테인은 무극성 물질이므로 암모니아의 끓는점이 메테인보다 높다. 따라서 메테인의 끓는점은 -33 보다 작다.

문제 속 자료 분자의 구조 및 극성

분자식	N_2	NH_3	CH_4
구조			
	직선형	삼각뿔형	정사면체형
	대칭 구조	비대칭 구조	대칭 구조
결합의 극성	무극성 공유 결합	극성 공유 결합	극성 공유 결합
쌍극자 모멘트 합	0(무극성)	0이 아니다. (극성)	0(무극성)

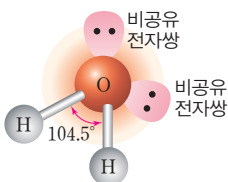
- N_2 : 같은 원자끼리 결합한 무극성 공유 결합으로 이루어진 무극성 분자이다.
- NH_3 : 분자의 구조가 비대칭이기 때문에 쌍극자 모멘트의 합이 0이 되지 않는다.
- CH_4 : 분자의 구조가 대칭이기 때문에 극성이 상쇄되어 쌍극자 모멘트의 합이 0이 된다.

168 답 ③ | ㄱ. 이산화 탄소는 대칭 구조를 이루어 쌍극자 모멘트가 서로 상쇄되어 그 합이 0이 되므로 무극성 분자이다.



무극성 분자
(쌍극자 모멘트의 합 = 0)

ㄴ. 물 분자에 있는 산소는 6개의 원자가 전자 중에 2개만 수소와 공유 결합을 하고 나머지 4개는 결합에 참여하지 않는다. 따라서 결합하지 않은 비공유 전자쌍으로 인해 물은 굽은 형 구조를 갖는다.



오답 피하기

ㄴ. 분자 사이의 인력이 클수록 끓는점이 높아지므로 $25^\circ C$

일 때 물이 액체, 이산화 탄소가 기체임을 고려하면 물이 이산화 탄소보다 분자 사이의 인력이 크다.

169 답 ④ | (가)는 메테인, (나)는 암모니아, (다)는 물의 분자 구조 모형이다.

ㄴ. (나)는 중심의 질소 원자가 비공유 전자쌍 한 쌍을 가지고 있는 암모니아 구조이다.

ㄴ. 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 (가)는 0개, (나)는 1개, (다)는 2개이다.

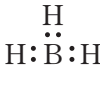
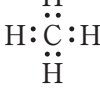
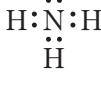
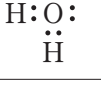

오답 피하기

ㄱ. (가)는 정사면체형으로 대칭 구조이다.

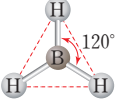
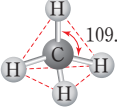
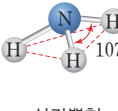
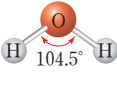
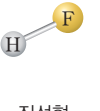
문제 속 자료 13~17족 원소의 수소 화합물

족	13	14	15	16	17
중심 원소	B	C	N	O	F
수소 화합물의 화학식	BH_3	CH_4	NH_3	H_2O	HF
중심 원자의 공유 전자쌍수	3개	4개	3개	2개	1개
중심 원자의 비공유 전자쌍 수	0개	0개	1개	2개	3개

수소 화합물의 루이스 전자점식

BH_3	CH_4	NH_3
		
H_2O	HF	
		

수소 화합물의 분자 모양

BH_3	CH_4	NH_3
		
평면 삼각형	정사면체	삼각뿔형
H_2O	HF	
		
굽은 형	직선형	

170 답 ⑤ | 무극성 분자는 분자 내에 전하가 고르게 분포되어 있어서 부분 전하를 띠지 않는 분자이다. 무극성 공유 결합을 하는 이원자 분자는 모두 무극성 분자이다.

ㄱ. 수소는 같은 원자끼리 공유 결합한 무극성 분자이다.

ㄴ. 메테인은 끓는점이 -164°C 이므로 실온(25°C)에서 기체 상태이다.

ㄷ. 액체 상태에서 분자 사이의 인력이 클수록 끓는점이 높아지므로 끓는점이 가장 높은 물이 분자 사이의 인력이 가장 크다.

171 답 ③ | ㄱ. 물 분자는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있다.

ㄴ. 이산화 탄소는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 대칭 구조이다.

오답 피하기

ㄷ. 극성 분자는 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 분자는 무극성 용매에 잘 용해된다. 이산화 탄소는 무극성이고, 암모니아는 극성이다. 물이 극성 분자이므로 물에 대한 용해도는 극성 분자인 암모니아가 무극성 분자인 이산화 탄소보다 크다.

문제 속 자료 극성 분자와 무극성 분자의 용해성

물질	극성 분자	무극성 분자
용해성	극성 용매에 잘 용해된다.	무극성 용매에 잘 용해된다.
	예 물은 극성이 큰 물질이므로 극성 물질인 에탄올과 잘 섞인다.	예 물은 극성이 큰 물질이므로 무극성 물질인 기름과 섞이지 않는다.
녹는점과 끓는점	분자량이 비슷한 경우 극성 분자는 무극성 분자보다 녹는점, 끓는점이 높다.	

172 답 ① | H_2S 는 굽은 형, CO_2 는 직선형, CF_4 는 정사면체형, CHCl_3 는 사면체형이므로 4가지 분자 중에 입체 구조는 CF_4 , CHCl_3 이고 입체가 아닌 구조는 H_2S , CO_2 이다. H_2S 와 CHCl_3 는 극성 분자, CO_2 와 CF_4 는 무극성 분자이다. 따라서 (가)는 CHCl_3 , (나)는 CF_4 , (다)는 H_2S , (라)는 CO_2 이다.

ㄱ. (가)는 CHCl_3 이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 CF_4 로 C와 F의 공유 결합으로 이루어져 있으므로 극성 공유 결합이다. 하지만 정사면체 구조이므로 무극성 분자이다.

ㄷ. (다) H_2S 는 굽은 형, (라) CO_2 는 직선형이므로 결합각은 (라)가 (다)보다 크다.

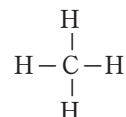
173 답 ④ | LiCl 은 이온 결합 물질이며, CH_4 과 O_2 는 공유 결합 물질이다. 따라서 (나)는 LiCl 이다.

ㄱ. (가)에 ‘극성 공유 결합이 있는가?’를 기준으로 CH_4 과 O_2 를 분류한다면 CH_4 은 C와 H가 극성 공유 결합을 하고 있으므로 ‘예’, O_2 는 무극성 공유 결합을 하고 있으므로 ‘아니오’가 된다. 따라서 (가)에 ‘극성 공유 결합이 있는가?’를 사용할 수 있다.

ㄴ. (나)는 LiCl 이다.

오답 피하기

ㄷ. (다)는 CH_4 으로 구조식은 다음과 같다.



따라서 CH_4 에는 비공유 전자쌍이 없다.

174 답 ③ | 3가지 원소 중에서 HCN만 직선형 구조이므로 (가)에 해당한다. OF_2 와 BF_3 는 직선형이 아니며 극성 분자는 OF_2 , 무극성 분자는 BF_3 에 해당한다. 따라서 (가)는 HCN, (나)는 OF_2 , (다)는 BF_3 이다.

ㄱ. (가)의 구조식은 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ 이므로 3중 결합이 있다.

ㄴ. 중심 원자에 존재하는 전체 전자쌍 수는 다음과 같다.

구분	HCN	OF_2	BF_3
구조식	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$	$\begin{array}{c} \cdot\ddot{\text{O}}\cdot \\ \cdot\ddot{\text{F}}\cdot\quad\cdot\ddot{\text{F}}\cdot \end{array}$	$\begin{array}{c} \cdot\ddot{\text{F}}\cdot\quad\cdot\ddot{\text{F}}\cdot \\ \cdot\ddot{\text{B}}\cdot \\ \cdot\ddot{\text{F}}\cdot \end{array}$
중심 원자 전자쌍 수	4	4	3

BF_3 의 중심 원자에는 3개의 공유 전자쌍이 있고 HCN과 OF_2 의 중심 원자에는 각각 4개의 전자쌍이 있으므로 중심 원자에 존재하는 전체 전자쌍 수는 (다)가 가장 적다.

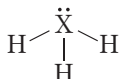
오답 피하기

ㄷ. OF_2 는 굽은 형 구조이고, BF_3 는 평면 삼각형 구조이므로 결합각은 (다)가 (나)보다 크다.

175 답 ③ | HCN, CO_2 와 HCHO 를 분류할 수 있는 기준을 찾으면 HCN과 CO_2 는 직선형이지만 HCHO 는 삼각형 구조이다. 따라서 (가)는 ‘분자 모양이 직선형인가?’이다. HCN과 CO_2 를 분류할 수 있는 기준으로 ‘극성 분자인가?’와 ‘2중 결합을 가지고 있는가?’ 모두 해당된다. HCN은 극성 분자, CO_2 는 무극성 분자로 나눌 수 있고 CO_2 는 2중 결합이 있고

HCN은 2중 결합이 없다. 그러나 기준에 대해 ‘예’에 해당하는 물질이 HCN이므로 알맞은 기준이 ‘극성 분자인가?’이다. 따라서 (나)는 ‘극성 분자인가?’이다.

- 176 답 ⑤** | (가)는 X와 H의 원자 수비가 1 : 3이고 분자 내 공유 전자 쌍이 3개로 옥텟 규칙을 만족하므로 중심 원자 X에 H 원자 3개를 공유 결합하고, 나머지 남은 비공유 전자쌍을 그려 주면 다음과 같다.



X는 2주기에서 원자가 전자가 5개인 N이고 XH_3 의 분자식은 NH_3 가 된다. NH_3 는 극성 분자이다.

ㄴ, ㄷ. (나)는 H, Y, X의 원자 수비가 1 : 1 : 1이고 분자 내 공유 전자쌍의 수가 4개이므로 구조식은 $H - Y \equiv X$ 이다. Y가 4개의 공유 전자쌍을 가지므로 C이며, X는 N이므로 $H - C \equiv N$ 이다. (다)는 YH로 Y가 C이므로 실험식이 CH이고, 공유 전자쌍을 5개 가지므로 $H - C \equiv C - H$ 이다. 따라서 (가)와 (다)의 분자당 구성 원자 수는 각각 4개로 같으며, (나)와 (다)는 결합각이 180° 인 직선형이다.

문제 속 자료 공유 결합 분자의 모양을 결정하는 과정

- ① 루이스 전자점식을 그린다.
- ② 중심 원자 주위의 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 수를 센다.
- ③ 기하학적 구조를 결정한다.
 - 공유 전자쌍 2, 비공유 전자쌍 0: 직선형
 - 공유 전자쌍 3, 비공유 전자쌍 0: 평면 삼각형
 - 공유 전자쌍 4, 비공유 전자쌍 0: 정사면체형
 - 공유 전자쌍 3, 비공유 전자쌍 1: 삼각뿔형
 - 공유 전자쌍 2, 비공유 전자쌍 2: 굽은 형

- 177 답 ③** | (가)는 비공유 전자쌍 수가 4개이므로 구조식은 $\ddot{B} = A = \ddot{B}$ 이다. A와 B는 2주기 원소이므로 AB는 공유 전자쌍이 4개인 CO_2 이다. (나)는 비공유 전자쌍이

8개이므로 구조식은 $\ddot{C} - \ddot{B} - \ddot{C}$ 이다. B는 O이므로 공유 전자쌍이 2개인 OF_2 이다.

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 4개, (나)가 2개이므로 (가)가 (나)의 2배이다.

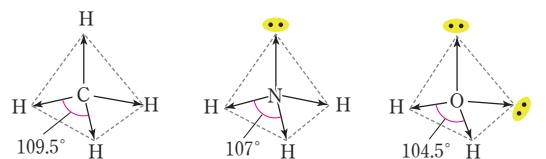
ㄴ. 분자 모양은 (가)가 직선형, (나)가 굽은 형이므로 결합각은 (가)가 (나)보다 크다.

오답 피하기

ㄷ. (가)는 쌍극자 모멘트 합이 0인 무극성 분자 CO_2 이고, (나)는 극성 분자인 OF_2 이므로 쌍극자 모멘트는 (나)가 (가)보다 크다.

문제 속 자료

비공유 전자쌍에 의한 분자 구조와 결합각의 크기



비공유 전자쌍 수 증가
결합각 감소

- 178 답 ③** | DA_4 의 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하기 위해 D는 원자가 전자 수가 4개인 탄소(C)이고, A는 원자가 전자 수가 1개인 수소(H)이다. DB_2 에서 D(C)와 B가 2중 결합을 하므로 B는 산소(O)이다. ADC의 중심 원자 D(C)가 A(H)와 단일 결합을 하므로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 C와 3중 결합을 해야한다. 따라서 C는 원자가 전자 수가 5개인 질소(N)이다. 따라서 분자식과 구조식은 다음과 같다.

ADC(HCN)	$DB_2(CO_2)$	$DA_4(CH_4)$
$H - C \equiv N:$	$\ddot{O} = C = \ddot{O}$	$\begin{array}{c} H \\ \\ H - C - H \\ \\ H \end{array}$

ㄱ. 무극성 분자는 CO_2 와 CH_4 2가지이다.

ㄴ. 비공유 전자쌍이 있는 분자는 HCN과 CO_2 2가지이다.

오답 피하기

ㄷ. 분자 모양이 평면 구조인 것은 HCN과 CO_2 2가지이다.

- 179 답 ③** | W~Z 중에 전기 음성도는 X가 가장 작으므로 X는 H이다. WX_2Y 에서 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하므로 W는 C 또는 O이다. (다)에서 WY_2 는 W 1개와 Y 2개로 이루어져 있으므로 W는 C, Y는 O이며, Z는 F이다. 따라서 (가)는 CH_2O , (나)는 OF_2 , (다)는 CO_2 이며, 구조식은 다음과 같다.

(가) CH_2O	(나) OF_2	(다) CO_2
$\begin{array}{c} :O: \\ \\ H - C - H \end{array}$	$\begin{array}{c} :\ddot{O}: \\ \\ :\ddot{F}: \end{array}$	$\ddot{O} = C = \ddot{O}$

ㄱ. (가)의 분자 모양은 평면 삼각형이다.

ㄴ. (나)의 중심 원자는 O로, 전기 음성도는 O보다 F이 크기 때문에 부분적인 (+)전하를 띤다.

오답 피하기

ㄷ. 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 분자는 (가)와 (나)이므로 극성 분자는 2가지이다.

180 답 ③ | ㄱ. 아레니우스 산은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이다. (가)에서 CH_3COOH 은 물에 녹아 H^+ 을 내놓았으므로 아레니우스 산이다.

ㄴ. 브뢴스테드·로리 염기는 수소 이온(H^+)을 받는 물질이므로 (나)에서 NH_3 는 H_2O 로부터 H^+ 을 받아 NH_4^+ 이 되었으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

오답 피하기

ㄷ. 루이스 염기는 전자쌍을 주는 물질이다. (다)에서 NH_2CH_2COOH 은 H^+ 이 $NaOH$ 의 OH^- 으로부터 전자쌍을 받아 H_2O 이 생성되었으므로 NH_2CH_2COOH 은 루이스 산이다.

문제 속 자료 산과 염기 정의의 확장

아레니우스의 산과 염기

산: 수용액 속에서 H^+ 을 내놓는 물질

염기: 수용액 속에서 OH^- 을 내놓는 물질

브뢴스테드·로리 산과 염기

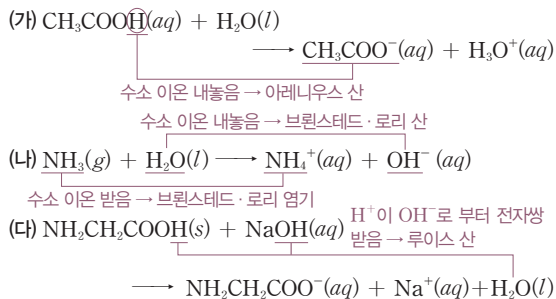
산: H^+ 을 내놓는 분자 또는 이온 → 양성자 주개

염기: H^+ 을 받아들이는 분자 또는 이온 → 양성자 받개

루이스 산과 염기

산: 비공유 전자쌍을 받아들이는 물질 → 전자쌍 받개

염기: 비공유 전자쌍을 내놓는 물질 → 전자쌍 주개

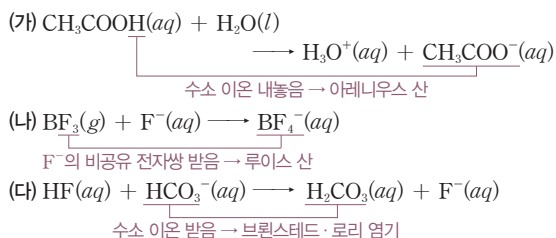


181 답 ⑤ | ㄱ. (가)에서 CH_3COOH 은 물에 녹아 수소 이온을 내놓았으므로 아레니우스 산이다.

ㄴ. (나)에서 BF_3 는 F^- 의 비공유 전자쌍을 받아 BF_4^- 이 되었으므로 루이스 산이다.

ㄷ. (다)에서 HCO_3^- 은 HF 의 수소 이온(H^+)을 받아 H_2CO_3 이 되었으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

문제 속 자료 화학 반응식에서 산 염기 정의

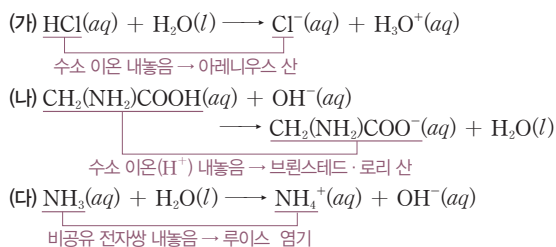


182 답 ⑤ | ㄱ. (가)에서 HCl 은 물에 녹아 수소 이온을 내놓았으므로 아레니우스 산이다.

ㄴ. (나)에서 $CH_2(NH_2)COOH$ 은 수소 이온(H^+)을 내놓았으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄷ. (다)에서 NH_3 는 H^+ 에게 비공유 전자쌍을 내놓으므로 루이스 염기이다.

문제 속 자료 화학 반응식에서 산 염기 정의



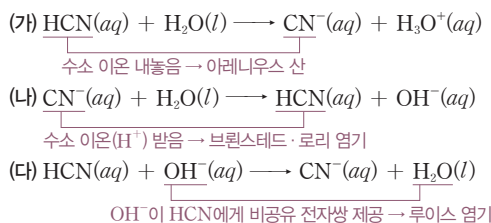
183 답 ⑤ | ㄱ. (가)에서 HCN 는 물에 녹아 수소 이온(H^+)을 내놓아 CN^- 이 되므로 아레니우스 산이다.

ㄴ. (나)에서 CN^- 은 수소 이온(H^+)을 받아 HCN 이 되므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

ㄷ. (다)에서 OH^- 은 HCN 에게 비공유 전자쌍을 주므로 루이스 염기이다.



문제 속 자료 화학 반응식에서 산 염기 정의



184 답 ⑤ | ㄱ. HCl 용액은 양이온만 모형으로 나타낸 것으로 ●는 H^+ 이다. 여기에 A 염기 수용액을 넣어 준 후 H^+ 이 2개 남았으므로 OH^- 2개와 반응한 것이며, 새로운 □는 반응하지 않은 양이온이다. HCl 이 OH^- 2개와 반응하여 양이온 2개를 생성하였으므로 A 수용액은 $NaOH$ 이며, □는 Na^+ 이다.

ㄴ. B 수용액은 $Ca(OH)_2$ 이므로 △는 Ca^{2+} 이다. (나)에서

△이 1개가 아니라 2개이므로 B 수용액을 과량으로 넣었음을 알 수 있다. 따라서 (나)는 염기성 용액이다.

ㄷ. (가)에는 반응하지 않고 남은 OH^- 이 없지만 (나)에는 반응하지 않고 남은 OH^- 이 존재하므로 용액 속의 전체 음이온 수는 (나)가 (가)보다 많다.

185 답 ⑤ | ㄱ. ●는 염기 수용액과 반응하여 없어지므로 ●는 H^+ 이다.

ㄴ. 10 mL의 BOH 수용액을 2번 가했을 때 (다)에서 △의 개수가 4개이므로 (나)에서는 △가 2개일 것이다.

ㄷ. (나)에서 반응하지 않은 수소 이온이 1개이므로 (나)의 수용액은 산성이다.

문제 속 자료 수용액 속의 이온 예상

- 는 BOH 수용액과 반응하여 없어지므로 H^+ 이다.
- 는 염기 수용액과 반응하지 않으므로 구경꾼 이온이며, A^- 이다.
- 같은 양의 BOH 수용액을 2번 가했을 때 (다)에서 △가 4개 있으므로 (나)에서는 △가 2개이다.
- ☆은 HA와 모두 반응하고 난 후 남아 있으므로 H^+ 과 반응하고 남은 OH^- 이다.

186 답 ② | 황산(H_2SO_4) 수용액의 수소 이온(H^+)과 황산 이온(SO_4^{2-})의 이온 수비는 $\text{H}^+ : \text{SO}_4^{2-} = 2 : 1$ 이다. 황산 수용액의 이온 모형에서 ●가 4개 ○가 2개이므로 ●가 H^+ , ○가 SO_4^{2-} 이다. (가)의 염기 수용액을 넣었을 때, ● 하나가 없어지고 ▲ 하나가 생겼으므로 (가)는 이온화가 될 때 양이온과 음이온의 개수비가 1 : 1인 수산화 나트륨 용액이다. 따라서 ▲는 Na^+ 이다. (나)는 수산화 바륨 수용액이며, 반응이 일어나면 바륨 이온(Ba^{2+}) 2개와 황산 이온(SO_4^{2-}) 2개가 반응하여 앙금 생성하며, 수산화 이온(OH^-)은 4개 중 3개가 수소 이온(H^+)과 반응하고 1개가 남는다. 따라서 □는 수산화 이온(OH^-)이다.

ㄴ. 과정 (가)에서 생성되는 물 분자 수는 1개이고, 과정 (나)에서 생성되는 물 분자 수는 3개이다. 따라서 과정 (나)에서 생성되는 물 분자 수는 과정 (가)에서 생성되는 물 분자 수의 3배이다.

오답 피하기

ㄱ. 구경꾼 이온은 반응에 직접 참여하지 않는 이온이다. □는 OH^- 으로 반응에 참여한 알짜 이온이다.

ㄷ. 혼합 전의 황산 수용액 10 mL 속 이온 수는 20 mL의 절반이므로 수소 이온(H^+) 2개, 황산 이온(SO_4^{2-}) 1개이고, 수산화 바륨 10 mL 속 이온 수는 바륨 이온(Ba^{2+}) 2개, 수산화 이온(OH^-) 4개이므로 반응 후 혼합 용액은 염기성이 된다.

문제 속 자료 수용액 속의 이온 예상

- 과정 (가) 이후 H^+ 1개가 사라졌으므로 생성된 물 분자 수는 1개이다.
- 과정 (나) 이후 H^+ 3개가 사라졌으므로 생성된 물 분자 수는 3개이다.
- 과정 (나)에서 수산화 바륨 수용액의 바륨 이온(Ba^{2+}) 2개와 황산 이온(SO_4^{2-}) 2개가 반응하여 앙금을 생성하고, 수산화 이온(OH^-)은 4개 중 3개가 수소 이온(H^+)과 반응하고 1개가 남는다.
- 황산 바륨의 앙금 생성 반응식: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$

187 답 ② | 일정한 부피의 산 또는 염기 수용액에 염기 또는 산 수용액을 추가로 넣었을 때 양이온 수 변화는 다음과 같다.

(1) 용액 I이 산성 용액일 경우: 추가로 10 mL의 HCl을 넣어 주면 수소 이온(H^+)의 수가 증가한다.

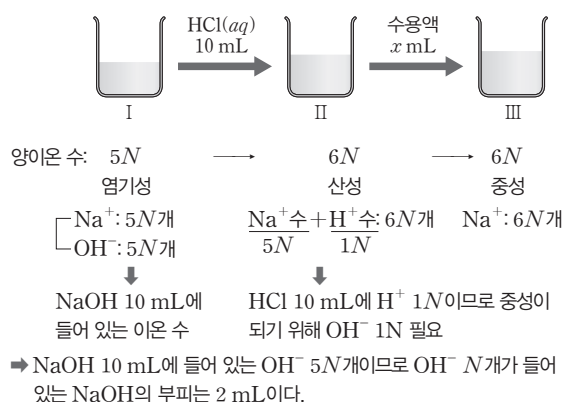
(2) 용액 I이 염기성 용액일 경우

㉠ 용액 II가 산성 용액일 경우 양이온 수는 Na^+ 수와 H^+ 수의 합이고, 음이온 수는 Cl^- 의 수이다.

㉡ 용액 II가 염기성 또는 중성 용액일 경우는 용액 I에 HCl 10 mL를 추가로 넣어 주면 H^+ 이 모두 중화 반응하므로 혼합 용액 속 양이온 수는 변하지 않는다.

용액 I에 HCl을 추가로 넣었을 때 양이온 수가 5N에서 6N으로 증가하므로 용액 I은 염기성 용액이며, 용액 II는 양이온 수가 증가하지 않았으므로 산성 용액이라고 가정할 수 있다. 용액 I이 염기성 용액이므로 양이온 수는 Na^+ 수와 같다. 따라서 용액 I에 들어 있는 Na^+ 수는 5N이다. 따라서 NaOH(aq) 10 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 수는 각각 5N이다. 용액 II는 산성 용액이므로 양이온 수는 Na^+ 수와 H^+ 수의 합이며, 음이온 수는 Cl^- 수와 같다. 따라서 용액 II에 들어 있는 H^+ 수는 N, Cl^- 수는 6N이므로 HCl 30 mL에 들어 있는 H^+ 수는 6N이다. 용액 II와 용액 III의 양이온 수가 같으므로 추가로 넣은 수용액은 NaOH(aq)이며, 용액 II에 들어 있는 H^+ N개를 중화시키기 위해 넣어 준 OH^- 은 N개이다. 따라서 NaOH 10 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 은 각각 5N이므로, 용액 II에 넣어준 수용액은 NaOH 2 mL이다.

문제 속 자료 필요한 NaOH 양 구하기



188 답 ② | 황산과 염산을 각각 중화시키기 위해 농도가 같은 수산화 칼륨 수용액을 넣을 때, 황산에 넣는 수산화 칼륨 수용액이 염산에 넣는 양의 2배가 되어야 한다.

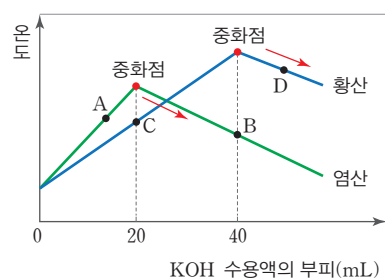
ㄴ. A는 중화점 전의 용액이고, D는 중화점 이후의 용액이므로 A는 산성이고 D는 염기성이다. 따라서 A가 D보다 pH가 작다.

오답 피하기

ㄱ. 황산의 SO₄²⁻은 중화 반응과 상관없는 구경꾼 이온으로 C와 D의 SO₄²⁻ 수가 같다.

ㄷ. B는 중화점 이후 수산화 칼륨 수용액이 20 mL 더 첨가되었고 C는 중화점에 도달하기 위해 20 mL의 수산화 칼륨 수용액이 더 필요하므로 두 용액을 섞으면 중성이 된다.

문제 속 자료 중화 반응 시 온도의 변화



- ① 중화점에서 온도가 가장 높다. → 중화 반응이 가장 많이 일어나 중화열이 가장 많이 발생하기 때문
- ② 중화점 이후 혼합 용액의 온도가 낮아진다. → 중화 반응이 일어나지 않고, 온도가 낮은 KOH 수용액이 공급되기 때문

189 답 ④ | ㄱ, ㄷ, ㄴ. 농도가 같은 염산 10 mL에 농도가 다른 수산화 나트륨 수용액 각각 10 mL, 20 mL를 넣었을 때 중화점을 확인하면 그래프 I이 II보다 중화점에 먼저 도달하며, 중화점에서 넣어 준 NaOH 수용액의 양은 그래프 I이 II의 절반이다. 따라서 NaOH 수용액의 농도는 I이 II의 2배이다.

I, II에서 염산의 농도와 부피가 같으므로 중화점에서 두 용액의 pH, Na⁺의 수, 생성된 물의 양, 발생한 중화열이 같다.

오답 피하기

ㄴ. 발생한 중화열은 같지만 II의 혼합 용액의 부피가 I보다 더 크므로 B의 온도가 더 낮다.

190 답 ⑤ | ⑤ 중화 반응을 많이 할수록 중화열이 많이 발생하므로 C에서 열이 가장 많이 발생한다. A점은 황산 20 mL가 중화 반응을 한 것이고, B는 20 mL보다 적은 양의 황산, C는 20 mL보다 많은 양의 황산이 중화 반응을 한 것이다.

오답 피하기

① A는 수산화 나트륨 20 mL와 묽은 황산 20 mL가 반응하여 중화되었으므로 중성, 이를 기준으로 B는 수산화 나트륨 수용액의 부피가 묽은 황산의 부피보다 많으므로 염기성, C는 묽은 황산의 부피가 수산화 나트륨 수용액의 부피보다 많으므로 산성이다. 따라서 pH는 B > A > C이다.

② A점의 화학 반응식은 2NaOH(aq) + H₂SO₄(aq) → Na₂SO₄(aq) + 2H₂O(l)이다. 물을 생성하고 Na⁺과 SO₄²⁻이 2 : 1로 남아 있으므로 양이온과 음이온의 수는 다르다.

③ B점의 용액을 가열하여 증발시키면 두 종류 이상의 물질이 남는다.

④ C점의 용액은 산성이므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 노란색으로 변한다.

191 답 ③ | 실험 I의 중화점에서는 H₂SO₄ 10 mL가, 실험 II의 중화점에서는 HCl 20 mL가 반응하였다.

ㄱ. 실험 I에서 A는 H₂SO₄ 10 mL, C는 H₂SO₄ 20 mL를 넣어 주었으므로 C의 이온 농도가 A보다 크다. 따라서 A의 전기 전도도는 C에서보다 작다.

ㄴ. 같은 양의 NaOH 수용액에 산을 가했으며, 실험 I의 A에 들어 있는 양이온은 Na⁺만 있고, 실험 II에 들어 있는 B의 양이온도 Na⁺만 있으므로 그 수는 서로 같다.

오답 피하기

ㄷ. 실험 I에서 C는 중화점을 지났으므로 산을 과량 넣은 것으로 액성은 산성이고, 실험 II에서 C는 중화점이므로 중성이다. 따라서 pH는 I이 II보다 작다.

192 답 ③ | 용액에서 양이온과 음이온의 전하량의 합이 0이 되어야 하므로 HCl, NaOH, KOH을 혼합한 용액에서 양이온의 총 수와 음이온의 총 수가 같아야 한다. (가)의 혼합 용액이 산성이라면 H⁺, Cl⁻, Na⁺, K⁺이 존재하고 양이온 수와 음이온 수의 비율이 1 : 1이어야 한다. 즉, 세 이온(양이온)

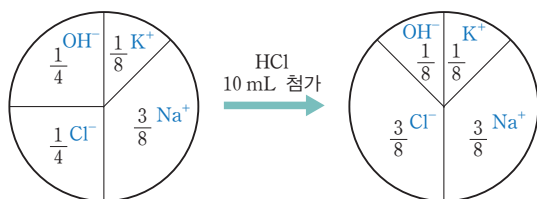
의 비율 합이 음이온 하나의 비율과 같아야 하는데, (가)의 이온 수 비율로는 불가능하다. 따라서 (가)는 염기성이고, Na^+ , K^+ , Cl^- , OH^- 이 존재한다. 이때 NaOH 이 KOH 보다 단위 부피당 이온 수가 크므로 이온 수의 비율은 다음과 같다.

이온	Na^+	K^+	Cl^-	OH^-
비율	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

ㄱ, ㄴ, (나)의 혼합 용액의 액성은 양이온의 총 수와 음이온의 총 수가 같아야 하므로 염기성이다. 따라서 용액 속에 Na^+ , K^+ , Cl^- , OH^- 이 존재하며 이온 수의 비율은 다음과 같다.

이온	Na^+	K^+	Cl^-	OH^-
비율	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$

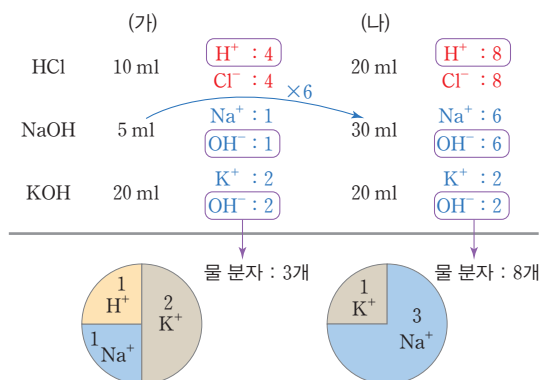
(나)의 비율이 되기 위해서는 HCl 10 mL가 첨가되어야 한다.



오답 피하기

ㄷ. (가)의 혼합 용액에서 Na^+ 과 K^+ 의 이온 수 비율이 $\frac{3}{8}$: $\frac{1}{8}$ 이고, NaOH 은 20 mL, KOH 은 10 mL이므로 단위 부피당 이온 수의 비율은 $\text{Na}^+ : \text{K}^+ = \frac{3}{16} : \frac{2}{16}$ 이므로 Na^+ 이 K^+ 의 1.5배이다.

193 답 ④ | (가) 혼합 용액에 양이온이 H^+ , Na^+ , K^+ 3가지가 존재한다. (나)에서는 K^+ 의 수는 (가)와 같고, H^+ 수는 2배, Na^+ 수는 6배이므로 (가)와 (나)에 들어 있는 이온 수를 나타내면 다음과 같다.



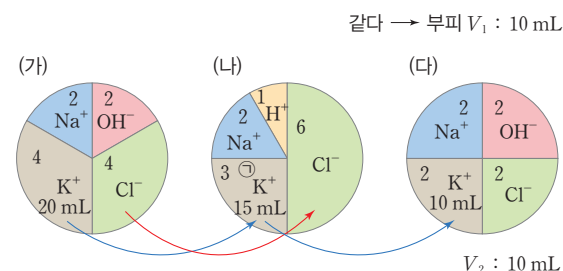
(가)에서 H^+ 은 4개, OH^- 은 총 3개가 들어 있으므로 물 분자 3개를 생성하고, (나)에서 H^+ 은 8개, OH^- 은 총 8개가 들어 있으므로 물 분자 8개를 생성한다. 따라서

$$\frac{\text{(나)에서 생성된 물 분자 수}}{\text{(가)에서 생성된 물 분자 수}} = \frac{8}{3} \text{이다.}$$

194 답 ① | 혼합 용액에서 양이온과 음이온의 전하량 합이 0이 되어야 한다. (가)의 혼합 용액이 산성이라면 H^+ , Na^+ , K^+ , Cl^- 이 존재해야 하지만 (가)의 이온 수 비율에서 Cl^- 한 개가 이온 수 비율의 반을 차지 않으므로 (가)는 염기성 용액이다. 따라서 (가)의 이온은 Na^+ , K^+ , Cl^- , OH^- 이다.

(나)는 한 가지 이온인 Cl^- 이 전체 이온 수의 반을 차지하므로 산성 용액일 것이다. 따라서 (나)의 이온은 H^+ , Na^+ , K^+ , Cl^- 이다.

(다)는 4개의 이온 수비가 같으므로 Cl^- , Na^+ , K^+ , OH^- 이다. 이를 정리하면 아래와 같다.



ㄱ. (가), (나), (다)의 Na^+ 수가 같으므로 (다)의 NaOH 의 양은 (가), (나)와 같다. 따라서 V_1 은 10 mL이다. (가), (나), (다)의 K^+ 수비는 4 : 3 : 2이므로 KOH 양은 20 mL : 15 mL : x mL이다. x 는 10이므로 V_2 는 10 mL이다. 따라서 $V_1 = V_2$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. ①은 K^+ 의 비율이다.

ㄷ. 단위 부피당 이온 수의 비는 (나)의 HCl 15 mL와 KOH 15 mL를 비교하면 6 : 3이므로 2 : 1이다.

195 답 ① | ㄱ. 단위 부피당 이온 수 모형에서 각 모형이 어떤 이온에 해당하는지 찾아야 한다. 구경꾼 이온은 중화 반응이 일어나도 사라지지 않으므로 (가), (나)에서 공통적으로 보이는 ▲와 ▣가 구경꾼 이온이다. (가)와 (나)에서 HCl 의 부피는 100 mL로 일정하므로 Cl^- 의 수는 같지만, 전체 부피는 (나)가 (가)보다 크므로 단위 부피당 Cl^- 의 수는 (나)가 (가)보다 적어지게 된다. 따라서 Cl^- 의 모형은 개수가 4개에서 2개로 감소한 ▲이고, Na^+ 의 모형은 개수가 1개에서 3개로

증가한 \square 이다. 이때 Cl^- 의 수가 절반으로 감소한 것으로 (나)의 부피가 (가)의 2배임을 알 수 있다.

$$100 + y = 2 \times (100 + x) \cdots \cdots ①$$

NaOH 의 부피는 (나)가 (가)보다 크므로, (나)에만 있는 \bullet 는 반응하지 않고 남은 OH^- 이 되며, \bigcirc 는 H^+ 이 된다.

이를 정리하면 다음과 같다.

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 각 용액의 부피 (mL)	HCl(aq)	100	100
	NaOH(aq)	x	y
단위 부피당 이온 수(개)		$\text{Cl}^- : 4$ $\text{Na}^+ : 1$ $\text{H}^+ : 3$	$\text{Cl}^- : 2$ $\text{Na}^+ : 3$ $\text{OH}^- : 1$
혼합 용액의 전체 부피(mL)		$100 + x$	$100 + y$
		(나)의 부피가 (가)의 2배	
혼합 용액의 전체 부피 속 이온 수(개)		$\text{Cl}^- : 4$ $\text{Na}^+ : 1$ $\text{H}^+ : 3$	$\text{Cl}^- : 4$ $\text{Na}^+ : 6$ $\text{OH}^- : 2$
혼합 전 각 용액 속 이온 수(개)	HCl(aq)	$\text{H}^+ : 4, \text{Cl}^- : 4$	$\text{H}^+ : 4, \text{Cl}^- : 4$
	NaOH(aq)	$\text{Na}^+ : 1$ $\text{OH}^- : 1$	$\text{Na}^+ : 6$ $\text{OH}^- : 6$
생성된 물 분자 수(개)		1	4

오답 피하기

ㄴ. (가)에서 NaOH x mL를 넣었을 때 Na^+ 은 1개, (나)에서 NaOH y mL를 넣었을 때 Na^+ 은 6개이므로, NaOH 의 부피는 (나)가 (가)의 6배이다.

$$y = 6x \cdots \cdots ②$$

①과 ②에서 연립 방정식을 풀면 $x = 25$, $y = 150$ 이 된다.

ㄷ. 혼합 전 각 용액 속 이온 수를 보면 (가)에서 H^+ 은 4개, OH^- 은 1개가 들어 있으므로 H_2O 은 1개가 생성된다. (나)에서 H^+ 은 4개, OH^- 은 6개가 들어 있으므로 H_2O 은 4개가 생성된다. 따라서 중화 반응에서 생성된 물의 양(mol)은 (나)가 (가)의 4배이다.

196 답 ① | 혼합 후 용액의 단위 부피 속에 존재하는 양이온의 모형을 비교해 보면, (가)에 들어 있는 세 종류의 양이온은 넣어 준 염기 수용액의 구경꾼 이온인 Na^+ , K^+ 과 반응하지 않고 남은 H^+ 이다. 그런데 \blacktriangle 는 (나)에는 존재하지 않으므로 H^+ 이 된다.

전체 부피는 (나)가 (가)의 2배인데, NaOH 의 부피는 (나)가 (가)의 4배이므로 Na^+ 의 모형은 개수가 $3 \rightarrow 6$ 으로 증가한 \bigcirc 가 되며, \blacksquare 는 K^+ 이 된다.

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 각 용액의 부피 (mL)	HCl(aq)	20	40
	NaOH(aq)	5	20
	KOH(aq)	15	20
혼합 후 용액의 단위 부피 속에 존재하는 양이온의 수(개)		$\text{H}^+ : 2$ $\text{Na}^+ : 3$ $\text{K}^+ : 3$	— $\text{Na}^+ : 6$ $\text{K}^+ : 2$
혼합 용액의 전체 부피(mL)		40	80
		(나)의 부피가 (가)의 2배	
혼합 용액의 전체 부피 속 이온 수(개)		$\text{H}^+ : 2$ $\text{Na}^+ : 3$ $\text{K}^+ : 3$	— $\text{Na}^+ : 12$ $\text{K}^+ : 4$

(가)에서 혼합 전 H^+ 의 수는 반응 후 남은 H^+ , Na^+ , K^+ 의 수의 합이므로, HCl 20 mL에는 H^+ 8개가 들어 있다. (나)에서 HCl 40 mL에는 H^+ 16개가 들어 있다.

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 각 용액 속 이온 수(개)	HCl(aq)	$\text{H}^+ : 8$ $\text{Cl}^- : 8$	$\text{H}^+ : 16$ $\text{Cl}^- : 16$
	NaOH(aq)	$\text{Na}^+ : 3$ $\text{OH}^- : 3$	$\text{Na}^+ : 12$ $\text{OH}^- : 12$
	KOH(aq)	$\text{K}^+ : 3$ $\text{OH}^- : 3$	$\text{K}^+ : 4$ $\text{OH}^- : 4$
생성된 물 분자 수(개)		6	16

(가)에는 H^+ 8개, OH^- 6개가 들어 있으므로 물 분자 6개가 생성되고, (나)에는 H^+ 16개, OH^- 16개가 들어 있으므로 물 분자 16개가 생성된다.

$$\text{따라서 } \frac{\text{(가)에서 생성된 물의 양(mol)}}{\text{(나)에서 생성된 물의 양(mol)}} = \frac{6}{16} = \frac{3}{8} \text{이다.}$$

197 답 ⑤ | 혼합 용액 (가)와 (나)의 부피는 각각 50 mL, 100 mL이다. (가)와 (나)에 넣어 준 NaOH 의 부피는 같고, 혼합 용액의 부피비는 1:2이므로 단위 부피당 Na^+ 수의 비는 2:1이다. 따라서 \blacktriangle 이 Na^+ 이다. (나)의 단위 부피당 이온 수를 2배로 하여 NaOH 의 Na^+ 을 동일하게 변경하면 양이온 수는 아래와 같다.

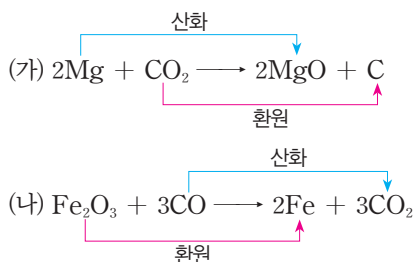
(가)	(나) 2배
\star 1개	\star 0개
\blacktriangle 2개	\blacktriangle 2개
\bigcirc 2개	\bigcirc 8개

ㄱ. \bigcirc 는 Na^+ 이다.

ㄴ. (가)에서 Na^+ 2개, K^+ 2개이므로 OH^- 가 4개이다. H^+ 1개가 남아 있으므로 반응 전 H^+ 는 5개이다. (나)의 단위 부피당 이온 수가 2배이므로 H^+ 이 10개이다. (나)에서 HCl 10개와 NaOH 2개, KOH 8개가 반응하면 H^+ 10개와 OH^- 이 10개 반응하여 물이 생성되고 용액은 중성이다.

ㄷ. (가)에서 반응 전의 H^+ 이 5개이고 OH^- 이 4개이므로 H_2O 이 4개 생성되고, (나)에서는 반응 전의 H^+ 이 10개, OH^- 가 10개이므로 H_2O 이 10개 생성된다. 따라서 생성된 H_2O 의 분자 수비는 (가) : (나) = 4 : 10 = 2 : 5이다.

198 답 ⑤ | 산화 환원을 산소의 이동으로 구분할 수 있다.



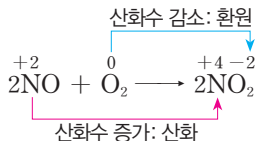
ㄱ. 화학 반응식에서 반응 전후의 원자 종류와 원자 수가 같아야 하므로 A는 CO_2 이다.

ㄴ. (가)에서 Mg는 산소와 결합하여 MgO이 되므로 산화된다.

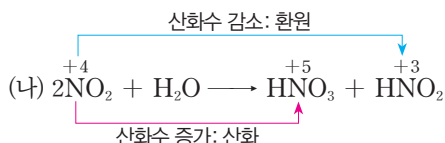
ㄷ. (나)에서 Fe_2O_3 은 산소를 잃고 Fe이 되므로 환원된다.

199 답 ③ | 원자의 산화수가 증가하면 산화, 산화수가 감소하면 환원 반응이다. 일반적으로 화합물에서 수소의 산화수는 +1이며 산소의 산화수는 -2이다. 홑원소 물질을 구성하는 원자의 산화수는 0이다.

(가) NO가 O_2 와 결합하여 NO_2 가 될 때 N의 산화수가 증가하고, O의 산화수가 감소하므로 산화 환원 반응이다.



(나) NO_2 의 N가 H_2O 과 반응하여 HNO_3 이 될 때 산화수가 증가하고, HNO_2 이 될 때 산화수가 감소하므로 산화 환원 반응이다.



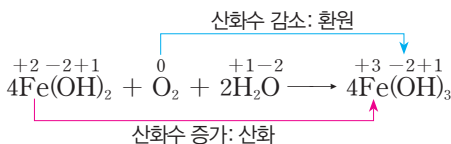
오답 피하기

(다) 원자의 산화수 변화가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

200 답 ③ | ㄱ. (가)에서 Fe은 전자를 잃었으므로 산화되었다.

ㄴ. (나)에서 CO가 산화 철을 철로 환원시켰으므로 환원제이다.

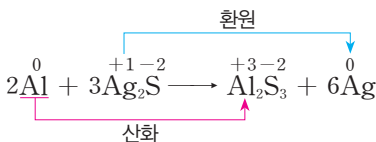
ㄷ. (다)의 산화수를 구하면 다음과 같다.



H_2O 를 구성하는 수소와 산소 원자의 산화수가 변하지 않았으므로 H_2O 은 산화되거나 환원되지 않았다.

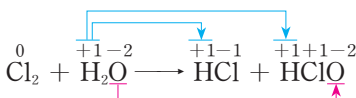
문제 속 자료 산화제와 환원제		
구분	산화제	환원제
정의	자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질	자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질
예	<p style="text-align: center;">산화 환원</p> <p>$\text{Cu} + 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p style="text-align: center;">환원제 산화제 산화 환원</p>	

201 답 ② | ㄷ. (나)에서 Al은 산화되고, Ag_2S 을 환원시키므로 환원제이다.



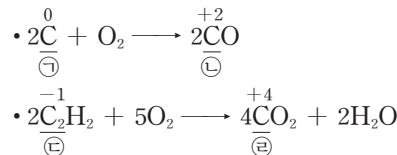
오답 피하기

ㄱ. (가)에서 H_2O 의 H 원자와 O 원자의 산화수가 변하지 않았으므로 H_2O 은 산화되거나 환원되지 않는다.

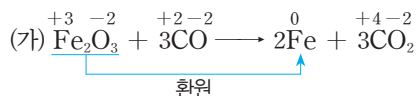


ㄴ. (나)의 화학 반응식을 완성시키면 $2\text{Al} + 3\text{Ag}_2\text{S} \longrightarrow \text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{Ag}$ 이므로 $a=2$, $b=3$, $c=6$ 이다. 따라서 $a+b < c$ 이다.

202 답 ③ | 화학 반응식의 ㉠~㉢의 산화수를 구하면 각각 0, +2, -1, +4이다.



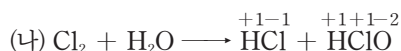
203 답 ① | ㄱ. (가)에서 O의 산화수는 모두 -2로 변하지 않는다.



오답 피하기

ㄴ. (가)에서 CO는 산화되면서 Fe₂O₃을 환원시키므로 환원제이다.

ㄷ. (나)에서 HCl의 Cl 산화수는 -1. HClO의 Cl 산화수는 +1이므로 산화수가 다르다.



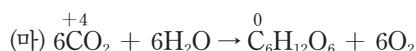
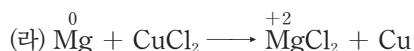
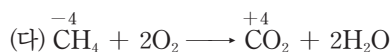
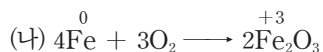
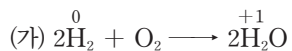
204 답 ③ | (가)의 H는 산화수가 0에서 +1로 증가 → 산화

(나)의 Fe는 산화수가 0에서 +3으로 증가 → 산화

(다)의 C는 산화수가 -4에서 +4로 증가 → 산화

(라)의 Mg는 산화수가 0에서 +2로 증가 → 산화

(마)의 C는 산화수가 +4에서 0으로 감소 → 환원



산화수 변화가 가장 큰 것은 -4에서 +4로 증가한 (다)이다.

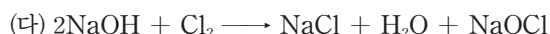
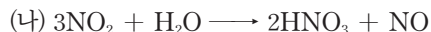
205 답 ② | ㄴ. (가)의 NH₃에서 N의 산화수는 -3이고, HCN에서 N의 산화수도 -3이므로 N의 산화수는 변하지 않는다.

오답 피하기

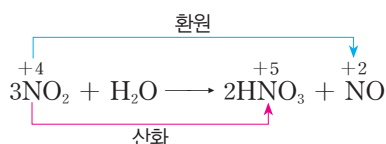
ㄱ. HCN에서 C의 산화수는 +2이다.

ㄷ. (나)에서 H₂는 C₂H₄를 C₂H₆로 환원시키므로 환원제이다.

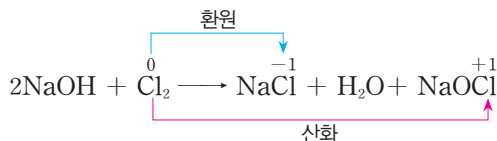
206 답 ③ | 각 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



ㄱ. (가)는 질산과 수산화 나트륨이 반응하는 중화 반응이므로 산화 환원 반응이 아니다. (나)는 NO₂의 N가 HNO₃가 될 때 산화수가 +4 → +5로 증가하므로 산화되고, NO가 될 때 산화수가 +4 → +2로 감소하므로 환원된다. 따라서 산화 환원 반응이다.



(다)는 Cl의 산화수가 Cl₂에서 NaCl이 될 때 0 → -1로 감소하므로 환원되고, NaOCl이 될 때 0 → +1로 증가하므로 산화된다. 따라서 산화 환원 반응이다.



ㄷ. ①은 NaOCl이며 Na와 O의 산화수가 각각 +1, -2이므로 Cl의 산화수는 +1이다.

오답 피하기

ㄴ. ①은 H₂O이며, (나)에서 H₂O에 포함된 H와 O의 산화수는 변하지 않으므로 H₂O는 산화되거나 환원되지 않는다.

207 답 ③ | ㄱ. (나)에서 A는 D²⁺과 반응하므로 반응성은 A > D이다. 이온 수의 변화가 없으므로 A는 +2가이며, 수용액의 밀도가 감소하였으므로 원자의 상대적 질량은 D > A이다.

ㄷ. 원자의 상대적 질량은 (나)에서 A < D이고, (가)에서 수용액의 밀도가 증가하였으므로 원자의 상대적 질량은 A > C이므로 C < A < D이다. 따라서 원자의 상대적 질량은 D가 C보다 크다.

오답 피하기

ㄴ. (가)에서 이온 수의 변화가 없으므로 A는 C²⁺과 반응한다. 따라서 금속의 반응성은 B > C, A > C이다.

208 답 ⑤ | ㄱ. A와 B를 부착하였을 때 철이 부식되지 않았지만 B만 부착하였을 때 철의 부식이 일어나는 것으로 보아 금속의 반응성 크기는 A > 철 > B이다.

ㄴ. (가)와 (나)에서 환원되는 물질은 O₂이다.

ㄷ. A의 반응성이 가장 크기 때문에 A를 철에 부착하면 A가 산화되어 철의 부식이 방지된다.

209 답 ⑤ | 각 금속 이온이 각각 A⁺, B³⁺, C³⁺일 때, (가)에서 반응이 일어나 이온 수가 감소한 것으로 보아 금속 C와 반응한 금속 이온은 A⁺이다. 2A⁺ + C → 2A + C²⁺
C는 A와 반응하였으므로 A보다 반응성이 크지만, B와는 반응하지 않았으므로 B보다 반응성이 작다. 따라서 반응성의 크기는 B > C > A이다.

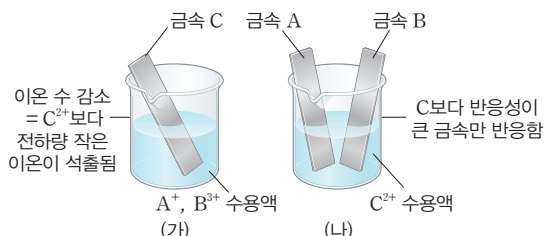
ㄱ. 금속 B의 반응성이 A보다 크므로 B는 A보다 산화되기 쉽다.

ㄴ. (나)에서 반응성이 큰 금속 B가 이온으로 존재하려는 경향이 더 크므로 B가 녹아 양이온이 되고, B의 표면에 C가 석출된다.

ㄷ. (나)에서 C^{2+} 3개가 환원될 때, 2개의 B^{3+} 이 생성되므로 전체 이온 수가 감소한다.

문제 속 자료 금속의 반응성

- 반응성이 큰 금속은 금속 이온 수용액과 반응하여 양이온이 되며, 양이온으로 존재하던 금속은 석출된다.
- 용액 속에 녹아 있는 금속 이온보다 넣어 준 금속의 전하량이 크면 석출되는 금속 이온의 수가 더 많으므로 용액 속의 양이온 수가 감소한다



210 답 ① | 금속과 금속 이온의 반응에서 수용액에 존재하는 금속 이온의 산화수와 금속 이온 수를 곱한 값은 항상 일정하다. 금속 C는 과정 (가)~(다)를 진행하는 동안 반응하여 계속 감소하므로 C(s)가 감소하는 경향을 볼 수 있도록 (가)의 물비를 다음과 같이 변경한다.

과정	물비 C(s) : 비커 I의 양이온 : 비커 II의 양이온
(가)	5 : 1 : $x = 10 : 2 : 2x$
(나)	7 : $y : 2$
(다)	6 : 3 : 1

과정 (가)~(다)까지 C의 양(mol)은 10, 7, 6 순으로 감소한다. 과정 (나)에서 금속 C가 10몰이고 A^{a+} 수용액에 넣어 주었을 때 A^{a+} 는 모두 환원되어 석출한다. 금속 C가 10몰에서 7몰 남았으므로 3몰이 반응하여 수용액 상태에 C^{c+} 로 남아 있으며, A^{a+} 은 2몰이 금속 A로 석출된다. a , b 는 3이하의 정수이고 $c \times 3 = a \times 2$ 이므로 c 는 2, a 는 3이다.

(나)에서 비커 I은 A가 모두 환원되고 C^{2+} 만 남았으며 3몰이 존재하므로 $y=3$ 이다.

과정 (다)에서 금속 C가 7몰에서 6몰로 1몰 반응하였고, 수용액 속에 C^{2+} 이 1몰 있으며 (나)에서 반응하지 않은 B^{b+} 은 2몰이므로 2몰의 B^{b+} 이 B로 석출된다. 따라서 $2 \times 1 = b \times 2$ 이므로 $b=1$ 이다.

(가)와 (나)의 비커 II에 들어 있는 양이온은 B^{+} 이고 반응이 없었으므로 $2x=2$ 이다. 따라서 $x=1$ 이다.

$$a=3, x=1, y=3 \text{이므로 } \frac{x \times y}{a} = \frac{1 \times 3}{3} = 1 \text{이다.}$$

211 답 ⑤ | 주어진 실험 결과를 보면 A가 모두 산화된 후 B가

산화되는데, (가)에서 A^{2+} , B^{3+} 이 모두 존재하므로 금속 A는 모두 반응하고, 금속 B는 일부가 반응한 것이다.



(나)에서 C^{+} 를 V mL 더 넣었을 때 양이온의 수가 5만큼 증가하였는데, 이는 (나)에서 반응하여 생성된 B^{3+} 수에 해당한다. C^{+} 3개가 반응하여 B^{3+} 1개가 생성되므로 C^{+} V mL에는 C^{+} 15개가 들어 있다.

(가)에서 생성된 A^{2+} 의 수를 x , B^{3+} 의 수를 y 라고 할 때, x 와 y 의 합은 6이고, 생성된 A^{2+} , B^{3+} 의 이온의 전하량의 합과 반응한 C^{+} 의 이온 전하량은 같다.

$$x + y = 6 \cdots \cdots ①$$

$$2x + 3y = 15 \cdots \cdots ②$$

따라서 ①과 ②를 계산하면 $x=3$, $y=3$ 이다.

(다)에서 C^{+} V mL(C^{+} 15개)를 추가로 넣었을 때 증가한 양이온 수는 13이다. 즉, C^{3+} 3개가 반응하여 B^{3+} 1개가 생성되고 C^{+} 12개는 반응하지 않고 남는다.

	(가)		(나)		(다)		
양이온의 종류	A^{2+}	B^{3+}	A^{2+}	B^{2+}	A^{2+}	B^{3+}	C^{+}
양이온의 수(상댓값)	3	3	3	8	3	9	12

반응 후 생성된 A^{2+} 과 B^{3+} 의 물비는 반응 전 A와 B의 물비와 같으므로, 반응 전 A에 대한 B의 물비는 다음과 같다.

$$\frac{B \text{의 양(mol)}}{A \text{의 양(mol)}} = \frac{9}{3} = 3$$

212 답 ① | 금속 A^{2+} 과 금속 B, C의 화학 반응식은 다음과 같다.



I에서 A^{2+} 과 금속 B가 반응하면 용액 속에 B^{+} 이 생성되면서 A가 석출되므로 B가 A보다 반응성이 크다. B는 반응 후 B^{+} 으로 이온화 되므로 수용액 속 총 이온 수는 증가한다. A^{2+} 과 금속 C가 반응하면 용액 속에 C^{3+} 이 생성되면서 A가 석출되므로 C가 A보다 반응성이 크다. C는 반응 후 C^{3+} 으로 존재하므로 수용액 속 총 이온 수는 감소한다.

일정량의 A^{2+} 에 금속 B와 C를 각각 넣어 반응시켰으므로 I과 II에서 생성되는 금속 A의 양(mol)은 모두 같다. 화학 반응식에서 일정량의 A^{2+} 과 반응하는 B와 C의 물비는 B : C = 3 : 1이다.

I에서는 A^{2+} 1개가 금속으로 석출될 때 B^{+} 2개가 용액 속에 생성된다. II에서는 A^{2+} 3개가 금속으로 석출될 때 C^{3+} 2개가 용액 속에 생성되므로 I은 이온 수가 천천히 늘어나면서

일정해지고, II는 I에 비해 빨리 줄어들면서 일정해지므로 금속의 양(mol)에 따른 총 이온 수의 그래프는 ①과 같다.

213 답 ③ | ㄱ. (나)에서 수용액에 들어 있는 이온의 양(mol)을 구하는 식은 다음과 같다.

(반응 후 전체 양이온 수) = ((가)의 A 이온 수) + (증가한 B 이온 수) - (감소한 A 이온 수)

감소한 A 이온 수를 x 라고 하면 $0.5\text{mol} = 0.7\text{mol} + 0.2\text{mol} - x$ 몰이므로 x 는 0.4이다. 즉, B가 0.2몰 이온화될 때 A 0.4몰 감소되었으므로 A의 전하량은 +1가, B의 전하량은 +2가이다. 따라서 남아 있는 이온은 A^+ 이 0.3몰, B^{2+} 이 0.2몰이고, 이온의 양(mol)은 A가 B의 1.5배이다.

ㄴ. (다)에서 전체 양이온 수가 줄었으므로 C 이온은 C^{2+} 또는 C^{3+} 이다. (나)를 통해 반응성이 A보다 B가 큰 것을 알 수 있고, C 0.2몰이 모두 반응하였으므로 C 이온을 제외한 이온이 0.05몰 남아야 한다. 따라서 A 이온은 모두 반응하였고, B 이온이 0.05몰 존재한다. 전하량은 반응 전과 후가 같으므로 반응 전의 A^+ 0.3몰과 B^{2+} 0.2몰의 합은 C^{2+} 0.2몰과 B^{2+} 0.05몰의 합과 같으므로 $0.3 + 0.4 = (C^{2+} \times 0.2) + 0.1$, C 이온은 +3가 이온이다. 따라서 B 이온은 B^{2+} , C 이온은 C^{3+} 이므로 B 이온과 C 이온의 산화수비는 2 : 3이다.

오답 피하기

ㄷ. (나)에서 금속 A가 0.4몰 생성되었으며 (다)에서 금속 A가 0.3몰, 금속 B가 0.15몰 생성되었다. 따라서 (나)와 (다)에서 생성된 금속의 전체 양(mol)은 0.85몰이다.

214 답 ② | (나)에서 A^{m+} 이 B와 반응하여 전체 양이온의 양(mol)이 감소하므로 m 은 +2보다 작은 +1이다. (나)에서 반응 전후의 전하량이 같아야 하므로 (나)의 수용액 속 이온의 양(mol)을 구하는 식은 다음과 같다.

(반응 후 전체 양이온 수) = ((가)의 A 이온 수) + (증가한 B 이온 수) - (감소한 A 이온 수)이다.

반응 후 B^{2+} 이 x 몰 생성되고 A^+ 이 $2x$ 몰 감소되므로 $0.08\text{mol} = 0.1\text{mol} + x\text{mol} - 2x\text{mol}$ 이므로 x 는 0.02이다. 따라서 (나)에는 A^+ 은 0.06몰, B^{2+} 은 0.02몰 들어 있다. (나)에서 B가 모두 반응하여 이온이 되었으므로 반응성은 B가 A보다 크다. (다)에서 C^{3+} 이 y 몰 생성될 때, 반응성이 큰 A^+ 은 $3y$ 몰 소모되며 A^+ 이 완전히 소모되지 않았기 때문에 B^{2+} 은 반응하지 않고 남아 있다. 따라서 B^{2+} 은 0.02몰 남아 있고, $y + (0.06 - 3y) + 0.02 = 0.06$ 몰이므로 $y = 0.01$ 이다. 따라서 (다)에는 A^+ , B^{2+} , C^{3+} 이 각각 0.03몰, 0.02몰, 0.01몰 들어 있다. B의 원자량이 64이므로 반응한 B의 질량(w_1)은 0.02

몰 $\times 64\text{ g/mol} = 1.28\text{ g}$ 이며, C의 원자량이 27이므로 반응한 C의 질량(w_2)은 $0.01\text{mol} \times 27\text{ g/mol} = 0.27\text{ g}$ 이다. 따라서 $w_1 + w_2 = 1.28 + 0.27 = 1.55$ 이다.

215 답 ② | (가)는 A^{m+} x 몰 들어 있다. (나)에서 B가 3몰 반응하여 전체 양이온이 6몰이 된다. 따라서 A 이온은 3몰이 들어 있다. (라)에서 A 이온이 모두 반응하였으므로 A 이온이 없으며 B 이온만 7.5몰이 들어 있다.

(나)와 (라)를 비교해 보면 (나)의 A 이온 3몰과 B 이온 3몰에 추가로 B 6몰을 더 넣어 반응시키면 A 이온은 없어지고, B 이온이 7.5몰 존재하므로 A 이온 3몰이 B 4.5몰과 반응하였다는 것을 알 수 있다. 따라서 A와 B는 2 : 3의 몰비로 반응하며, A와 B의 산화수비는 3 : 2이다. 즉, A 이온은 +3가, B 이온은 +2가이다. (나)에서 반응 전 전하량과 반응 후의 전하량이 같다는 것을 이용하여 B^{2+} 3몰이 생성되었으므로 A^{3+} 2몰이 감소하였을 것이다. (가)의 A^{3+} x 몰에서 2몰이 감소하여 3몰이 되었으므로 x 는 5이다. (다)에서 A^{3+} 3몰, B^{2+} 3몰에 B 3몰을 넣어 반응시키면 A^{3+} 1몰, B^{2+} 6몰이 존재하므로 $y = 7$ 이다. 따라서 $\frac{x+y}{m} = \frac{5+7}{3} = 4$ 이다.

216 답 ⑤ | 반응에서 발생한 열량을 Q , 열용량을 C , 온도 변화를 Δt 라고 할 때 $Q = C\Delta t$ 이다.

ㄱ. 벤조산의 연소열이 26.4 kJ/g 이므로 발생한 열량(Q) = $26.4\text{ kJ/g} \times 5\text{ g} = 132\text{ kJ}$ 이다.

ㄴ. 열량계의 열용량(C)은 $132\text{ kJ} = C \times 6.6^\circ\text{C}$ 이므로 열량계의 열용량 $C = 20\text{ kJ/}^\circ\text{C}$ 이다.

ㄷ. 에탄올 3g이 연소할 때 발생한 $Q = 20\text{ kJ/}^\circ\text{C} \times 4.5^\circ\text{C} = 90\text{ kJ}$ 이므로 에탄올의 연소열은 30 kJ/g 이다.

문제 속 자료 연소열 계산

1몰 연소열(kJ/mol) = 연소열(kJ/g) \times 화학식량(분자량)
연소열은 완전 연소 시 방출되는 열이므로 완전 연소로 가정하고 연소열을 측정하는 것이다.

217 답 ② | 열량(Q) = 열용량(C) \times 온도 변화(Δt) = 연소열 \times X의 양(mol)이므로 $1\text{ kJ/}^\circ\text{C} \times (t - 10)^\circ\text{C} = 720\text{ kJ/mol} \times \frac{2\text{ g}}{32\text{ g/mol}}$ 이다. 따라서 t 는 55이다.

218 답 ③ | 에탄올의 연소열이 1380 kJ/mol 이고 분자량이 46이므로 에탄올 2g이 연소되면 $1380\text{ kJ/mol} \times \frac{2}{46}\text{mol} = 60\text{ kJ}$ 이 방출된다. 열량계의 온도 변화는 물의 온도 변화와 같으므로 열량계의 열용량은 $\frac{60\text{ kJ}}{3^\circ\text{C}} = 20\text{ kJ/}^\circ\text{C}$ 이다.