Ⅰ. 화학의 첫걸음

1 화학과 우리 생활

01 화학과 우리 생활

개념 확인 문제 15쪽

❶ 화학 비료 ❷ 비닐 ❸ 합성 섬유 ❹ 합성염료 ❺ 화석 연료 ❻ 건축 재료 ❼ 합성 의약품

1 암모니아 **2** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ **3** (1) ㉡ (2) ㉢ (3) ㉠ **4** ② **5** (1) ○ (2) ○ (3) × **6** (가) 페니실린 (나) 아스피린

1 하버에 의해 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 암모니아를 대량 합성하는 제조 공정이 개발되었으며, 암모니아를 원료로 화학 비료를 대량 생산하게 되면서 식량 부족 문제가 해결되었다.

2 (1) 천연 섬유는 흡습성과 촉감이 좋지만 질기지 않아서 쉽게 닳고, 생산 과정에 시간과 노력이 많이 들어서 값이 비싸고 대량 생산이 어렵다.
(2) 천연 섬유와 합성 섬유를 함께 이용하여 다양한 섬유로 만든 의류를 입을 수 있게 되었다.
(3) 나일론은 최초로 개발된 합성 섬유이며, 매우 질기고 유연하며 신축성이 좋다.
(4) 폴리에스터는 가장 널리 사용되는 합성 섬유로, 탄성과 신축성이 좋아서 구겨지지 않으며 흡습성이 없고 빨리 마른다.
(5) 천연염료는 구하기 어렵고 귀했지만 합성염료가 개발되면서 누구나 원하는 색깔의 의류를 입을 수 있게 되었다.

3 (1) 나일론은 매우 질기고 유연하며 신축성이 좋아서 스타킹, 운동복, 밧줄, 그물 등에 다양하게 이용된다.
(2) 폴리에스터는 탄성과 신축성이 좋아서 구겨지지 않으며 흡습성이 없고 빨리 마르므로 양복, 와이셔츠 등에 이용된다.
(3) 폴리아크릴은 보온성이 있고 열에 강해 안전복, 소방복 등에 이용된다.

4 콘크리트는 모래와 자갈 등에 시멘트를 섞고 물로 반죽한 건축 재료이다. 콘크리트에 철근을 넣어 강도를 높인 철근 콘크리트는 주택, 건물, 도로 건설에 이용되고 있다.

5 (1) 화석 연료는 연소 과정에서 많은 에너지를 방출하여 가정에서 난방과 조리 등의 연료로 이용된다.
(2) 시멘트, 콘크리트, 철, 알루미늄, 구리 등의 건축 재료를 얻는 데 화학적 방법이 이용되고 있고, 화학의 발달과 함께 점차 성능이 개량되고 있다.
(3) 철은 철광석과 코크스를 함께 용광로에 넣고 가열하여 철광석 속의 산화 철(Ⅲ)을 철(Fe)로 환원시켜 얻는다. 알루미늄은 보크사이트를 가열하여 액체 상태로 녹인 후 전기 분해하여 얻는다.

6 (가) 페니실린은 플레밍이 푸른 곰팡이에서 발견한 최초의 항생제이고 제2차 세계대전 중에 상용화되면서 수많은 환자의 목숨을 구했다.
(나) 아스피린은 호프만이 버드나무 껍질에서 분리한 살리실산으로 합성한 최초의 합성 의약품이다.

개념 확인 문제 20쪽

❶ 탄소 화합물 ❷ 4 ❸ 탄화수소 ❹ 하이드록시기(−OH) ❺ 카복실기(−COOH) ❻ 메테인(CH_4) ❼ 에탄올(C_2H_5OH) ❽ 아세트산(CH_3COOH)

1 (1) × (2) ○ (3) ○ **2** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ **3** (가), (다), (라) **4** (1) 아세트산 (2) 폼알데하이드 (3) 메테인 (4) 아세톤 (5) 에탄올

1 (1) 탄소 화합물은 탄소(C) 원자가 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 할로젠(F, Cl, Br, I) 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물이다.
(2) 탄소 화합물 중 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어진 탄화수소는 완전 연소되었을 때 이산화 탄소와 물만 생성된다.
(3) 단백질, 지방, 탄수화물은 생명 유지에 중요한 역할을 하는 탄소 화합물이다.

2 (가)는 정사면체 중심에 탄소(C) 원자 1개가 있고, 이 C 원자에 정사면체의 꼭짓점 위치에 있는 수소(H) 원자 4개가 결합하여 안정한 구조를 이루고 있는 메테인(CH_4)이다.
(나)는 에테인(C_2H_6)에 H 원자 1개 대신 하이드록시기(−OH) 1개가 결합한 구조를 이루고 있는 에탄올(C_2H_5OH)이다.
(1), (2) (가)의 메테인은 분자식과 시성식이 CH_4로 같지만, (나)의 에탄올은 분자식이 C_2H_6O이고, 시성식이 C_2H_5OH이다.
(3) (가)의 메테인은 C와 H로만 이루어져 있으므로 탄화수소이지만, (나)의 에탄올은 C와 H 이외에도 O를 포함하고 있으므로 탄화수소가 아니다. 에탄올은 탄소 화합물인 알코올의 한 종류이다.

(4) (가)의 메테인과 (나)의 에탄올은 연소할 때 많은 에너지를 방출하므로 연료로 이용된다.

3 (가)의 페트병은 플라스틱으로 만들어졌고, (나)의 유리의 원료는 모래에 포함된 이산화 규소(SiO_2)이며, (다)의 수건은 섬유로 만들어졌다. 또, (라)의 빵은 탄수화물이 주성분이다. 플라스틱, 섬유, 탄수화물은 모두 탄소 화합물이지만, 이산화 규소(SiO_2)는 탄소 화합물이 아니다. 따라서 (나)의 유리에는 탄소 화합물이 포함되어 있지 않다.

4 (1) 식초는 아세트산(CH_3COOH)의 2 %~5 % 수용액으로, 식초에서 신맛이 나는 까닭은 아세트산이 물에 녹아 산성을 나타내기 때문이다.
(2) 폼알데하이드(HCHO)는 자극적인 냄새가 나는 물질이며 플라스틱이나 가구용 접착제의 원료로 이용된다.
(3) 메테인(CH_4)은 액화 천연가스의 주성분으로 연소 시 많은 에너지를 방출하므로 연료로 이용된다.
(4) 아세톤(CH_3COCH_3)은 특유의 냄새가 나고 물에 잘 녹으며 여러 가지 탄소 화합물을 잘 녹이는 성질이 있어서 용매로 이용되는 물질이며 매니큐어를 지우는 데에도 이용된다.
(5) 에탄올(C_2H_5OH)은 술의 성분으로 예로부터 과일과 곡물에 있는 녹말이나 당을 발효시켜 얻었다.

대표 자료 분석

21쪽

자료 1 **1** ㉠ 암모니아, ㉡ 철, ㉢ 나일론 **2** 식량 문제: (가), 의류 문제: (다), 주거 문제: (나) **3** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

자료 2 **1** (가) 에탄올 (나) 메테인 (다) 아세트산 **2** 탄화수소: (나), 알코올: (가), 카복실산: (다) **3** 이산화 탄소(CO_2), 물(H_2O) **4** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ○

①-1,2 꼼꼼 문제 분석

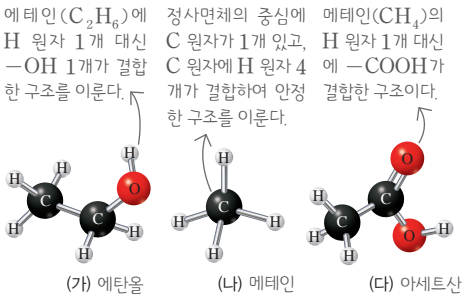
(가) 하버는 ㉠(암모니아)를 대량으로 합성하는 제조 공정을 고안하여 화학 비료를 대량 생산할 수 있게 되었다.
→ 농업 생산량의 증대로 식량 문제 해결

(나) 철광석을 제련하여 ㉡(철)을 만드는 기술이 개발되었다.
→ 대규모 주거 공간의 건축이 가능해져 주거 문제 해결

(다) 캐러더스는 최초의 합성 섬유인 ㉢(나일론)을 개발하였고, 이후 다양한 합성 섬유가 개발되었다.
→ 천연 섬유의 단점을 보완하여 의류 문제 해결

①-3 (1) 암모니아는 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 합성한다.
(2) 철에 크로뮴을 섞어 만든 합금인 스테인리스강은 철보다 더 단단하고 녹이 슬지 않는다.
(3) 나일론은 질기고 신축성이 좋아 스타킹, 운동복 등에 이용하는 합성 섬유이다.
(4) 철근 콘크리트는 콘크리트 속에 철근(철)을 넣어 강도를 높인 건축 재료로, 대규모 건축물에 이용한다.
(5) 화학 비료의 개발로 농업 생산량이 크게 증대하여 식량 부족 문제가 해결되었다.
(6) (나)는 주거 문제 해결에 기여하였고, 합성염료의 개발은 의류 문제 해결에 기여하였다.
(7) 합성 섬유는 대량 생산이 쉬워 값이 싸다. 대량 생산이 어려워 값이 비싼 것은 천연 섬유이다.

②-1,2 꼼꼼 문제 분석



(가)는 알코올의 한 종류인 에탄올(C_2H_5OH)이고, (나)는 탄화수소의 한 종류인 메테인(CH_4)이며, (다)는 카복실산의 한 종류인 아세트산(CH_3COOH)이다.

②-3 (가)와 (다)는 C, H, O로 구성되어 있고, (나)는 C, H로 구성되어 있으므로 완전 연소되면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)만 생성된다.

②-4 (1), (2) (가)의 에탄올은 살균, 소독 작용을 하므로 소독용 알코올의 원료로 이용되고, (나)의 메테인은 연소할 때 많은 에너지를 방출하므로 가정용 연료인 액화 천연가스(LNG)나 시내버스의 연료인 압축 천연가스(CNG)로 이용된다.
(3) (가)의 에탄올과 (다)의 아세트산은 모두 물에 잘 녹지만 (나)의 메테인은 물에 잘 녹지 않는다.
(4) (다)의 아세트산은 일반적으로 에탄올을 발효시켜 얻는다.
(5) (다)의 아세트산은 시성식이 CH_3COOH, 분자식이 $C_2H_4O_2$이다.
(6) (다)의 아세트산은 물에 녹으면 수소 이온을 내놓아 산성을 나타내지만, (가)의 에탄올은 물에 녹아도 이온을 내놓지 않는다.
(7) 실온에서 액체 상태로 존재하는 물질은 (가)의 에탄올과 (다)의 아세트산이다. (나)의 메테인은 실온에서 기체 상태로 존재한다.

내신 만점 문제

22쪽~24쪽

01 ⑤ 02 해설 참조 03 ② 04 ② 05 ⑤
06 ⑤ 07 ⑤ 08 ① 09 ㄴ, ㄹ, ㅁ 10 해설 참조 11 ⑤ 12 ④ 13 ④ 14 ① 15 ③
16 ④

01 ㄱ, ㄴ. 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 암모니아를 대량으로 합성하는 방법을 고안한 것은 하버이다.
ㄷ. 암모니아를 이용하여 화학 비료를 대량 생산할 수 있게 되어 인류의 식량 부족 문제를 해결할 수 있었다.

02 모범답안 하버가 암모니아를 합성하는 방법을 고안하면서 화학 비료가 대량 생산되고 농산물의 생산량이 증가했다. 또, 살충제와 제초제가 개발되어 잡초와 해충으로부터 농작물을 보호할 수 있게 되면서 농산물의 질이 향상되고 생산량도 크게 증대되어 인류의 식량 문제를 해결할 수 있게 되었다.

채점 기준	배점
용어를 모두 언급하여 식량 문제 해결에 기여한 화학의 역할을 옳게 서술한 경우	100 %
용어를 1가지만 언급하여 식량 문제 해결에 기여한 화학의 역할을 옳게 서술한 경우	50 %

03 (가) 현재 인류가 가장 많이 사용하는 금속은 철이며 자연에서 산화물인 철광석(Fe_2O_3)의 형태로 존재하므로 제련 과정을 거쳐 얻는다.
(나) 알루미늄은 자연에서 산화물인 보크사이트($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$)로 존재하므로 가열하여 액체 상태로 녹인 후 전기 분해하여 얻는다.

04 ② 최초의 합성 섬유는 캐러더스가 합성한 나일론이다.
바로알기 ① 합성 섬유는 대량 생산이 쉬워 값이 싸다.
③ 자연에서 얻을 수 있는 재료로 만든 섬유는 천연 섬유이다. 합성 섬유는 화석 연료(원유)를 원료로 하여 화학적으로 합성하여 만든다.
④ 양모와 비슷하게 보온성이 있는 합성 섬유는 폴리아크릴이고, 가장 널리 사용되는 합성 섬유는 폴리에스터이다.
⑤ 폴리에스터는 흡습성이 없고 빨리 마르는 섬유이다. 신축성과 흡습성이 좋아서 스타킹과 운동복의 재료로 이용하는 섬유는 나일론이다.

05 ㄱ. 자연 상태의 석회석을 잘게 부숴 가열하고 점토를 섞어서 만드는 건축 재료는 시멘트이다.
ㄴ. 모래와 자갈 등에 시멘트를 섞고 물로 반죽하여 사용하는 건축 재료는 콘크리트이며, 콘크리트 속에 철근을 넣어 강도를 높인 철근 콘크리트가 개발되어 주택, 건물, 도로 등의 건설 공사에 이용되고 있다.
ㄷ. 시멘트나 콘크리트와 같은 건축 재료는 화학의 발달과 함께 점차 성능이 개량되고 새로운 소재가 개발되고 있다.

06 ㄱ, ㄴ. 플라스틱은 원유에서 분리한 나프타를 원료로 합성하는 고분자 탄소 화합물이다.
ㄷ. 플라스틱은 가전제품과 생활용품, 건축 자재 등 다양한 용도로 일상생활에서 폭넓게 이용되고 있다.

07 ①은 건강 문제의 해결, ②는 식량 문제 해결, ③은 의류 문제 해결, ④는 주거 문제 해결에 기여한 긍정적 사례이다.
바로알기 ⑤ 일회용품의 사용 증가로 환경이 오염되고 자원이 낭비되는 것은 부정적 사례이다.

08 ②, ③ 탄소(C) 원자는 원자가 전자가 4개이므로 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합을 하는데, 다른 탄소(C) 원자뿐만 아니라 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S) 등의 원자와도 결합하여 다양한 탄소 화합물이 만들어진다.
④, ⑤ 탄소 원자끼리는 단일 결합뿐만 아니라 2중 결합, 3중 결합을 형성할 수 있고, 결합하는 방식에 따라 사슬 모양과 고리 모양의 구조를 만들 수 있다.
바로알기 ① 탄소 화합물은 탄소 원자가 기본 골격을 이루면서 다양한 길이와 구조의 화합물을 만든다.

09 탄소 화합물은 탄소(C) 원자가 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 할로젠 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물이다. 따라서 프로페인(C_3H_8), 카페인($C_8H_{10}N_4O_2$), 포도당($C_6H_{12}O_6$)은 탄소 화합물이고, 물(H_2O), 암모니아(NH_3), 염화 나트륨(NaCl)은 탄소 화합물이 아니다.

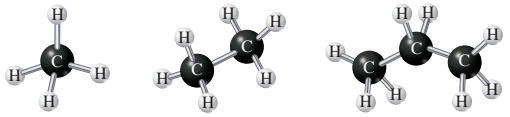
10 모범답안 우리가 섭취하는 식품 속의 단백질, 지방, 탄수화물 등이 모두 탄소 화합물이고, 아스피린이나 백신, 항생제, 항암제 등 질병을 치료하고 인간의 고통을 덜어주는 의약품도 대부분 탄소 화합물이다. 따라서 탄소 화합물은 우리의 수명 연장과 생명 유지에 중요한 역할을 한다.

채점 기준	배점
용어를 모두 언급하여 인류의 수명 연장과 생명 유지를 위한 탄소 화합물의 역할을 옳게 서술한 경우	100 %
용어를 1가지만 언급하여 인류의 수명 연장과 생명 유지를 위한 탄소 화합물의 역할을 옳게 서술한 경우	50 %

11 ㄱ, ㄴ. 탄소 원자는 원자가 전자가 4개여서 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합을 형성하므로 다양한 탄소 화합물이 만들어질 수 있다.
ㄷ. 탄소는 다른 탄소 원자와 단일, 2중, 3중 결합을 형성할 수 있고, 사슬 모양과 고리 모양 등 다양한 길이와 구조의 화합물을 생성할 수 있으므로 탄소 화합물의 종류는 매우 다양하다.

12 꼼꼼 **문제 분석**

모두 탄화수소이며, C 원자의 수가 1개씩 증가한다.



(가) 메테인 (나) 에테인 (다) 프로페인

ㄴ. 탄화수소는 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어져 있으므로 완전 연소하면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성된다.

ㄷ. (가)~(다)는 모두 연소할 때 에너지를 많이 방출하므로 연료로 이용된다.

바로알기 ㄱ. (가)~(다)는 모두 물에 잘 녹지 않는다.

13 그림의 탄소 화합물은 탄소(C) 원자 2개로 이루어진 탄화수소인 에테인(C_2H_6)에서 수소(H) 원자 1개 대신 하이드록시기(−OH) 1개가 결합한 구조를 이루므로 에탄올(C_2H_5OH)이다.

ㄴ. 에탄올은 실온에서 액체 상태로 존재하지만 휘발성이 강하며, 불이 잘 붙는다.

ㄷ. 에탄올은 단백질을 응고시켜 살균·소독 작용을 하므로 소독용 알코올의 원료로 사용한다.

바로알기 ㄱ. 에탄올은 물에 잘 녹지만, 물에 녹아도 −OH를 내놓지 않는다.

14 (가) 액화 천연가스(LNG)의 주성분인 물질은 메테인(CH_4)이다.

(나) 술의 원료는 에탄올(C_2H_5OH)이며, 예로부터 과일과 곡물을 발효시켜 얻었다.

(다) 여러 탄소 화합물을 잘 녹여 용매로 이용되며, 매니큐어를 지우는 데에도 이용되는 물질은 아세톤(CH_3COCH_3)이다.

15 ③은 아세트산의 분자 모형이다. 아세트산은 카복실산의 하나이고, 신맛이 나며 식초의 원료이다.

바로알기 ① 메테인, ② 메탄올, ④ 폼알데하이드, ⑤ 아세톤의 분자 모형이다.

16 ① 메테인(CH_4)은 연소할 때 많은 에너지를 방출하므로 연료로 이용된다.

② 에탄올(C_2H_5OH)은 물에 잘 녹는 물질이다.

③ 아세트산(CH_3COOH)은 어는점이 약 17 °C이므로 17 °C 이하의 온도에서 고체 상태로 존재한다.

⑤ 알코올은 탄화수소의 탄소(C) 원자에 1개 이상의 하이드록시기(−OH)가 결합되어 있는 탄소 화합물이다. 메탄올(CH_3OH)은 분자 내에 하이드록시기가 1개 있다.

바로알기 ④ 아세톤(CH_3COCH_3)은 가운데 C 원자에 산소(O) 원자가 2중 결합을 이루고 있고, 양쪽 C 원자는 수소(H) 원자 3개와 단일 결합을 이루고 있다.

중단원 핵심 정리

25쪽

❶ 암모니아 ❷ 나일론 ❸ 폴리에스터 ❹ 폴리아크릴 ❺ 화석 연료 ❻ 건축 재료 ❼ 합성 의약품 ❽ 4 ❾ 탄화수소 ❿ LNG ⓫ 알코올 ⓬ 액체 ⓭ 카복실산 ⓮ 산성

중단원 마무리 문제

26쪽~27쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ㄱ, ㄴ, ㄷ 04 ② 05 ③
06 ③ 07 ④ 08 ④ 09 ① 10 해설 참조
11 해설 참조 12 해설 참조

01 ㉠은 질소, ㉡은 수소이다.

ㄴ. 암모니아는 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 합성하는데 수소는 물(H_2O)에도 포함된 원소이다.

ㄷ. 하버가 개발한 암모니아 합성 방법으로 인해 화학 비료의 대량 생산이 가능해져 농업 생산량이 증대되었다.

바로알기 ㄱ. 공기 중의 78 %를 차지하는 질소(N_2)는 반응성이 작고 매우 안정한 물질이어서 식물이 자연에서 직접 사용하기 어렵다.

02 ⑤ 최근에는 다양한 기능성 섬유가 개발되어 기능성 의류를 입을 수 있게 되었다.

바로알기 ①~③은 천연 섬유의 특징이다.

④ 최초의 합성 섬유는 나일론이다.

03 ㄱ, ㄷ. 제련 기술의 발달과 건축 재료의 변화로 대규모 주거 공간의 건축이 쉬워졌다.

ㄴ. 화석 연료가 연소할 때 발생하는 열을 이용하여 가정에서는 난방과 조리를 하여 인류의 주거 생활이 크게 발전하였다.

04 ㄷ. 아스피린이나 페니실린과 같은 합성 의약품의 개발로 인간의 수명이 늘어나고 질병의 예방과 치료가 쉬워졌다.

바로알기 ㄱ. 아스피린은 버드나무 껍질에서 분리한 살리실산으로 합성한 아세틸 살리실산의 상품명이다.

ㄴ. 페니실린은 최초의 항생제이고, 최초의 합성 의약품은 호프만이 합성한 아스피린이다.

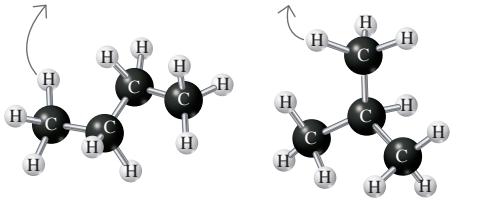
05 ① 메탄올(CH_3OH), ② 아세톤(CH_3COCH_3), ④ 아세트산(CH_3COOH), ⑤ 폼알데하이드(HCHO)는 C, H, O로 이루어져 있다.

바로알기 ③ 뷰테인(C_4H_{10})은 탄화수소로, C와 H로만 이루어져 있다.

06 꼼꼼 문제 분석

C 원자 4개와 H 원자 10개로 이루어져 있다. ➡ 분자식: C_4H_{10}

C 원자 4개와 H 원자 10개로 이루어져 있다. ➡ 분자식: C_4H_{10}



(가) 사슬 모양 (나) 가지 달린 구조

ㄱ, ㄴ. (가)와 (나)는 같은 수의 탄소와 수소로 이루어진 탄화수소로, 분자식이 C_4H_{10}으로 같다.

바로알기 ㄷ. (가)와 (나)는 구조가 달라 다른 물질이다.

07 (가)는 메테인, (나)는 에탄올, (다)는 아세트산이다.

ㄴ. 메테인과 에탄올은 연소할 때 많은 에너지를 방출하므로 연료로 이용된다.

ㄷ. 아세트산은 일반적으로 에탄올을 발효시켜 얻는다.

바로알기 ㄱ. 에탄올과 아세트산은 물에 잘 녹지만, 메테인은 물에 잘 녹지 않는다.

08 (나)는 아세트산(CH_3COOH), (다)는 폼알데하이드(HCHO)이다.

ㄴ. 식초는 아세트산의 2 %~5 % 수용액이다.

ㄷ. 폼알데하이드는 새집 증후군의 원인 물질이다.

바로알기 ㄱ. 메테인이 탄화수소이므로 (가)에 '탄화수소인가?'는 적합하지 않다. (가)에는 '산소 원자가 포함되어 있는가?', '2중 결합이 포함되어 있는가?', '냄새가 나는 물질인가?' 등이 적합하다.

09 **바로알기** ②, ③ 살균, 소독 작용을 하여 소독용 약품으로 사용하는 탄소 화합물은 에탄올(C_2H_5OH)이고, 에탄올은 물에 잘 녹지만 물에 녹아도 수소 이온(H^+)을 내놓지 않는다.

④, ⑤ 수용액이 살균제나 방부제로 이용되는 탄소 화합물은 폼알데하이드(HCHO)이고, 다른 탄소 화합물을 잘 녹여 용매로 이용되는 탄소 화합물은 에탄올(C_2H_5OH)이나 아세톤(CH_3COCH_3)이다.

10 모범답안 (가) 암모니아를 대량으로 합성하는 제조 공정이 개발되어 화학 비료가 대량 생산되고, 이로 인해 농업 생산량이 증가했다.

(나) 천연 섬유의 단점을 보완하여 질기고, 가벼우며, 값이 싼 합성 섬유가 개발되어 다양한 의류를 입을 수 있게 되었다.

채점 기준	배점
용어를 모두 언급하여 (가)와 (나)에서 화학의 역할을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나) 각각에 해당하는 용어만 이용하여 (가)와 (나) 중 1가지만 화학의 역할을 옳게 서술한 경우	50 %

11 플라스틱은 합성수지라고도 하며, 나프타를 원료로 합성하는 고분자 탄소 화합물이다.

모범답안 가볍고 외부의 힘과 충격에 강하다, 녹슬지 않고 다양한 색깔과 모양을 낼 수 있다, 대량 생산이 가능하여 값이 싸다. 등

채점 기준	배점
3가지 특징을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
2가지 특징만 옳게 서술한 경우	60 %
1가지 특징만 옳게 서술한 경우	30 %

12 모범답안 탄소의 원자가 전자가 4개이므로 다른 원자와 최대 4개까지 공유 결합을 할 수 있기 때문이다, 탄소 원자끼리 다양한 길이와 구조로 결합할 수 있기 때문이다.

채점 기준	배점
2가지 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
1가지 까닭만 옳게 서술한 경우	50 %

수능 실전 문제 29쪽

1 ③ 2 ⑤ 3 ① 4 ⑤

1 꼼꼼 문제 분석

독일의 과학자 하버가 개발하였다.

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

산성화된 토양을 염기성인 암모니아로 중화시킨다.

선택지 분석

ㄱ. 암모니아의 구성 원소는 질소와 수소이다.

ㄴ. 암모니아 수용액의 액성은 산성이다. 염기성

ㄷ. ㉠은 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

전략적 풀이 ❶ 암모니아의 구성 원소와 특성을 파악한다.

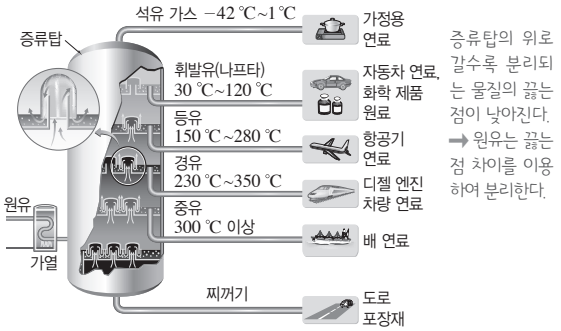
ㄱ. 암모니아(NH_3)는 공기 중의 질소를 수소와 반응시켜 합성하므로 암모니아의 구성 원소는 질소와 수소이다.

ㄴ. 암모니아 수용액의 액성은 염기성이므로 산성화된 토양을 중화시켜 토양의 산성화를 방지할 수 있다.

❷ 암모니아의 대량 합성이 인류의 문제 해결에 어떤 영향을 미쳤는지 파악한다.

ㄷ. 암모니아의 대량 합성 방법이 개발된 이후 암모니아를 원료로 한 화학 비료를 대량 생산하게 되어 농업 생산량이 증대되었다. 따라서 암모니아의 대량 합성 방법의 개발은 인류의 식량 부족 문제를 해결하는 데 기여하였다.

2 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ 원유는 탄소 화합물의 혼합물이다.

㉡ 원유는 성분 물질의 끓는점 차이를 이용하여 분리한다.

㉢ 일상생활에 필요한 많은 물질이 원유로부터 얻어진다.

전략적 풀이 ❶ 원유가 혼합물임을 알고, 증류탑에서 분리되는 원리를 파악한다.

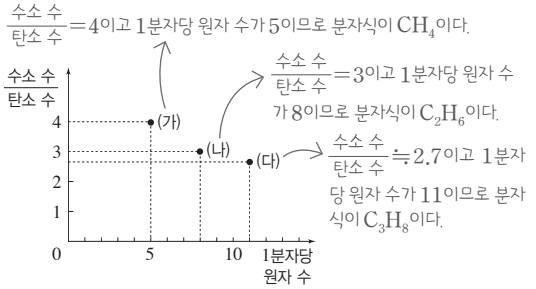
ㄱ. 원유는 탄소 화합물의 혼합물로, 원유를 분리하면 다양한 탄소 화합물을 얻을 수 있다.

ㄴ. 원유는 증류탑에서 성분 물질의 끓는점 차이를 이용하여 분리한다.

❷ 탄소 화합물이 우리 생활에 어떤 영향을 미치고 있는지 파악한다.

ㄷ. 원유에서 분리한 다양한 탄소 화합물로 일상생활에 필요한 많은 물질을 만들고 있다.

3 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ (가)는 온실 기체 중 하나이다.

㉡ (다)는 액화 천연가스의 주성분 중 하나이다. 액화 석유가스

㉢ 끓는점은 (나)가 (다)보다 높다. 낮다

전략적 풀이 ❶ $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$와 1분자당 원자 수를 통해 분자식을 구한다.

(가)는 메테인(CH_4)이고, (나)는 에테인(C_2H_6)이며, (다)는 프로페인(C_3H_8)이다.

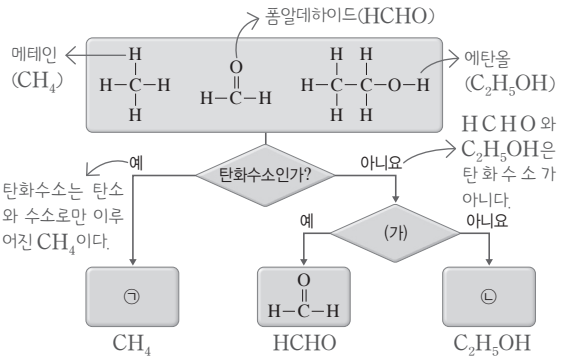
❷ 탄화수소의 특성을 파악한다.

ㄱ. (가)의 메테인은 이산화 탄소와 함께 온실 기체 중 하나이다.

ㄴ. (다)의 프로페인은 액화 석유가스의 주성분 중 하나이다. 액화 천연가스의 주성분은 (가)의 메테인이다.

ㄷ. 탄화수소의 끓는점은 탄소 수가 많을수록 높다. 따라서 (나)가 (다)보다 끓는점이 낮다.

4 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ ㉠의 분자식은 CH_4이다.

㉡ ㉡은 물에 잘 녹는다.

㉢ (가)에는 '다중 결합이 있는가?'가 해당된다.

전략적 풀이 ❶ 3가지 탄소 화합물을 구성 원소에 따라 탄화수소와 탄화수소가 아닌 것으로 구분한다.

ㄱ. 탄화수소는 탄소 원자와 수소 원자로만 이루어진 CH_4이고, HCHO와 C_2H_5OH은 탄화수소가 아니다. 따라서 ㉠은 CH_4이다.

❷ 탄소 화합물의 물에 대한 용해성을 판단한다.

ㄴ. ㉡인 C_2H_5OH은 물에 잘 녹는다.

❸ 탄소 화합물의 구조식에서 다중 결합이 포함된 경우를 판단한다.

ㄷ. CH_4과 C_2H_5OH은 단일 결합으로 이루어져 있고, HCHO는 C 원자와 O 원자 사이에 2중 결합이 있다. 따라서 (가)에는 '다중 결합이 있는가?'가 해당된다.

2 물질의 양과 화학 반응식

01 화학식량과 몰

개념 확인 문제 35쪽

❶ 원자량 ❷ 분자량 ❸ 화학식량 ❹ 몰 ❺ 아보가드로수
❻ 몰 질량 ❼ 아보가드로 법칙 ❽ 22.4 ❾ 6.02×10^{23}
❿ 몰 질량 ⓫ 22.4

1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × **2** (1) 2 (2) 16 (3) 44 (4) 100
3 (1) 0.5 mol (2) 3.01×10^{23} (3) 29 g (4) 2 mol (5) 3.01×10^{24}
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × **5** ㉠ 1, ㉡ 0.5, ㉢ 16, ㉣ 44, ㉤ 5.6 **6** (1) 9 g (2) 10 g (3) 8 g (4) 8 g (5) 11 g

1 (1) 원자는 질량이 매우 작아서 원자 1개의 질량을 직접 측정할 수 없으며, 원자의 실제 질량을 사용하는 것이 불편하므로 특정 원자와 비교한 원자의 상대적인 질량인 원자량을 사용한다.
(2) 원자량은 질량수가 12인 탄소(^{12}C) 원자의 질량을 12로 정하고, 이를 기준으로 하여 나타낸 상대적인 질량이다.
(3) 분자량은 분자의 상대적인 질량을 나타내는 값으로, 분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합한 값이다.
(4) 화학식량은 물질의 화학식을 이루는 각 원자들의 원자량을 합한 값이다. 따라서 염화 나트륨(NaCl)의 화학식량은 나트륨(Na) 원자와 염소(Cl) 원자의 원자량을 합한 값이다.
(5) 원자량, 분자량, 화학식량은 모두 상대적인 질량을 나타내는 값이므로 단위를 붙이지 않는다.

2 화학식량은 물질의 화학식을 이루는 각 원자들의 원자량을 합한 값이므로 다음과 같다.
(1) 수소(H_2): $1\times2=2$
(2) 메테인(CH_4): $12+(1\times4)=16$
(3) 이산화 탄소(CO_2): $12+(16\times2)=44$
(4) 탄산 칼슘($CaCO_3$): $40+12+(16\times3)=100$

3 (1) 0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 뷰테인(C_4H_{10}) 기체 11.2 L는 0.5몰이다.
(2) 1몰의 분자 수가 6.02×10^{23}이므로 C_4H_{10} 0.5몰의 분자 수는 $0.5\times6.02\times10^{23}=3.01\times10^{23}$이다.
(3) C_4H_{10}의 분자량은 58이므로 0.5몰의 질량은 29 g이다.
(4) C_4H_{10} 1분자에 포함된 C 원자 수가 4이므로 C_4H_{10} 0.5몰에 포함된 C 원자의 양은 2몰이다.
(5) C_4H_{10} 1분자에 포함된 H 원자 수가 10이므로 C_4H_{10} 0.5몰에 포함된 H 원자는 5몰이며 원자 수는 $5\times6.02\times10^{23}=3.01\times10^{24}$이다.

4 (1), (2) 몰은 원자, 분자, 이온 등 입자의 양을 나타내는 단위로, 1몰은 입자 6.02×10^{23}개를 의미한다. 따라서 분자 1몰은 분자 6.02×10^{23}개를 의미한다.
(3) 몰 질량은 물질 1몰의 질량으로, 단위는 g/mol로 나타낸다. 물의 분자량은 18이므로, 물의 몰 질량은 18 g/mol이다.
(4) 기체의 부피는 일정한 온도와 압력 조건에서만 일정하게 유지된다. 기체 1몰의 부피는 0 °C, 1기압에서만 22.4 L이다.

5 ㉠ 질소(N_2)의 분자량이 28이므로 N_2 28 g의 양(mol)은 1몰이다.
㉡, ㉢ 산소(O_2) 기체 11.2 L는 0.5몰이고, O_2의 분자량이 32이므로 0.5몰의 질량은 16 g이다.
㉣, ㉤ 프로페인(C_3H_8) 0.25몰의 질량이 11 g이므로 1몰의 질량은 44 g이고 분자량은 44이다. 0 °C, 1기압에서 0.25몰의 부피는 $22.4\times\frac{1}{4}=5.6$(L)이다.

6 (1) 수소(H) 원자 1몰이 포함된 물(H_2O) 분자는 0.5몰이고, H_2O의 분자량이 18이므로 H_2O 분자 0.5몰의 질량은 9 g이다.
(2) 수소(H_2)의 분자량이 2이므로 H_2 분자 5몰의 질량은 10 g이다.
(3) 0 °C, 1기압에서 산소(O_2) 기체 5.6 L는 0.25몰이며, O_2의 분자량이 32이므로 O_2 0.25몰의 질량은 8 g이다.
(4) 메테인(CH_4)의 분자량이 16이며, 분자 3.01×10^{23}개는 0.5몰이므로 CH_4의 질량은 8 g이다 .
(5) 이산화 탄소(CO_2)의 분자량이 44이므로 CO_2 분자 0.25몰의 질량은 $44\times\frac{1}{4}=11$(g)이다.

대표 자료 분석 36쪽

자료 ① **1** ㉠ 28, ㉡ 7 g, ㉢ 56, ㉣ 11.2 L, ㉤ 18 g **2** 액체 C **3** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×
자료 ② **1** (가)=(나)=(다) **2** $X_2 : Y_2 : ZX_2=16 : 1 : 22$ **3** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석

분자량은 1몰의 질량 값과 같다. / 표준 상태에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이다.

구분	분자량	밀도	질량	부피	양(mol)
기체 A	㉠ 28	1.25 g/L	㉡ 7 g	5.6 L	0.25몰
기체 B	㉢ 56	2.50 g/L	28 g	㉣ 11.2 L	0.5몰
액체 C	18	1.0 g/mL	㉤ 18 g	18.0 mL	1몰
메탄올	32	–	16 g	–	0.5몰

㉠, ㉡ 밀도$=\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이므로 $1.25\,\text{g/L}=\frac{\text{기체 A의 질량(㉡)}}{5.6\,\text{L}}$, 기체 A의 질량(㉡)은 7 g이다.

표준 상태에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 기체 A 5.6 L는 0.25몰이다. 기체 A 0.25몰의 질량이 7 g이므로 1몰의 질량은 28 g이고, 분자량(㉠)은 28이다.

㉢, ㉣ 밀도$=\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이므로 $2.50\,\text{g/L}=\frac{28\,\text{g}}{\text{기체 B의 부피(㉣)}}$, 기체 B의 부피(㉣)는 11.2 L이다.

기체 B 11.2 L는 0.5몰이고, 0.5몰의 질량이 28 g이므로 1몰의 질량은 56 g이다. 따라서 기체 B의 분자량(㉢)은 56이다.

㉤ 밀도$=\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이므로 $1.0\,\text{g/mL}=\frac{\text{액체 C의 질량(㉤)}}{18.0\,\text{mL}}$, 액체 C의 질량(㉤)은 18 g이다.

1-2 표준 상태에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 기체 A 5.6 L는 0.25몰이고, 기체 B 11.2 L는 0.5몰이다. 액체 C의 분자량이 18이므로 액체 C 18 g은 1몰이다. 또 메탄올의 분자량이 32이므로 메탄올 16 g은 0.5몰이다. 즉, 물질의 양(mol)은 기체 A가 0.25몰, 기체 B와 메탄올이 0.5몰, 액체 C가 1몰이다.

1-3 (1) 1몰의 질량은 분자량에 g을 붙인 값이므로 1몰의 질량이 가장 큰 것은 분자량이 가장 큰 기체 B이다.

(2) ㉡은 7 g, ㉤은 18 g이므로 질량이 가장 작은 것은 기체 A이다.

(3) 기체의 몰비는 분자 수비와 같다. 기체 A는 0.25몰, 기체 B는 0.5몰이므로 기체의 분자 수비는 A : B=1 : 2이다.

(4) 액체 C는 1몰이므로 분자 수는 6.02×10^{23}개이다.

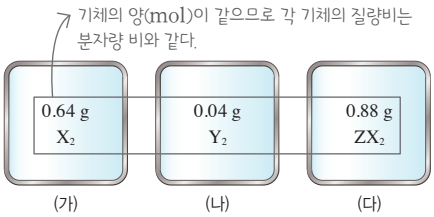
(5) 온도와 압력이 같을 때 같은 부피의 기체 속에는 같은 수의 분자가 들어 있으므로 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 기체 B는 기체 A보다 분자량이 2배이므로 밀도도 2배이다.

(6) 메탄올 16 g은 0.5몰이고, 메탄올 1분자를 구성하는 원자는 6개이므로 메탄올 16 g에 들어 있는 원자는 총 3몰이다.

(7) 메탄올의 분자량은 32이고, 여기에 포함된 수소의 원자량의 합은 4이므로 메탄올 48 g에 들어 있는 수소의 질량은 $48\,\text{g}\times\frac{4}{32}=6\,\text{g}$이다.

2-1,2 꼼꼼 문제 분석

일정한 온도와 압력에서 기체의 부피가 모두 같으므로 (가)~(다)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 모두 같다.



일정한 온도와 압력에서 기체의 부피가 모두 같으므로 (가)~(다)에 들어 있는 기체의 양(mol)은 모두 같다. 따라서 각 기체의 질량비는 분자량 비와 같다.

$X_2 : Y_2 : ZX_2 = 0.64 : 0.04 : 0.88 = 16 : 1 : 22$

2-3 (1) (가)와 (나)에서 기체의 부피가 같으므로 기체의 양(mol), 즉 분자 수는 같다.

(2) X_2 1몰에는 X 원자 2몰이 들어 있고, ZX_2 1몰에도 X 원자 2몰이 들어 있다. (가)에 들어 있는 X_2와 (다)에 들어 있는 ZX_2의 양(mol)이 같으므로 X 원자의 양(mol)도 같다.

(3) (가)와 (다)에서 X_2와 ZX_2의 분자량 비가 8 : 11이다. X_2의 분자량을 8이라고 가정하면 ZX_2의 분자량은 11이 되며, X의 원자량은 4, Z의 원자량은 3이 되므로 X와 Z의 원자량 비는 4 : 3이다.

(4) X의 원자량은 4, Z의 원자량은 3이라고 가정했을 때 Y의 원자량은 $\frac{1}{4}$이 되므로 Z의 원자량은 Y의 원자량의 12배이다.

(5) 밀도$=\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이고, 기체의 부피는 모두 같으므로 기체의 밀도와 질량은 비례한다. 따라서 밀도가 가장 큰 기체는 질량이 가장 큰 ZX_2이다.

(6) (가)에 포함된 X와 (다)에서 ZX_2에 포함된 X의 양(mol)이 같으므로 (가)와 (다)에서 X가 차지하는 질량이 같다. 따라서 (다)에서 X가 차지하는 질량은 (가)의 질량과 같은 0.64 g이다.

내신 만점 문제 37쪽~39쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ㄱ, ㄴ 05 ⑤ 06 ③
07 ④ 08 ② 09 ② 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ②
13 ③ 14 ③

01 꼼꼼 문제 분석

분자	(가) XY	(나) XY_3
1분자당 원자 수	2	4
분자량(상댓값)	10	17

• (가)는 1분자당 원자 수가 2이므로 분자식이 XY이다.
• (나)는 1분자당 원자 수가 4이므로 (나)의 분자식은 X_3Y, X_2Y_2, XY_3 중 하나이다. 그런데 분자량 비가 (가) : (나)=10 : 17이므로 (나)의 분자식은 X_2Y_2가 될 수 없다. 또, X의 원자량이 Y의 원자량보다 크므로 X_3Y도 될 수 없다. 따라서 (나)의 분자식은 XY_3이며, X의 원자량을 x, Y의 원자량을 y라고 하면 다음 관계식이 성립한다.
$x+y=10$ ····· i) $x+3y=17$ ····· ii)
i)과 ii)에서 $x=6.5$, $y=3.5$이다.

ㄴ. 원자량 비는 X : Y=6.5 : 3.5이다. 따라서 $\frac{\text{Y 원자량}}{\text{X 원자량}}=\frac{3.5}{6.5}$이므로 $\frac{1}{2}$보다 크다.

바로알기 ㄱ. (가)는 분자식이 XY, (나)는 분자식이 XY_3이므로 $\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{X 원자 수}}$는 (가)가 1, (나)가 3이다. 따라서 (나)>(가)이다.

ㄷ. 분자량 비는 (가) : (나)=10 : 17이고 1분자에 포함된 Y 원자 수는 (가)가 1, (나)가 3이다. 따라서 1 g에 포함된 Y 원자 수 비는 (가) : (나)=$\frac{1}{10}$: $\frac{3}{17}$=17 : 30이다.

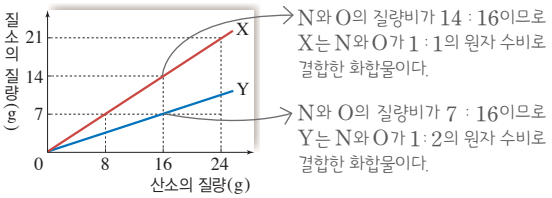
02 ㄱ. (가)는 화학식이 HCHO이므로 분자량이 30이고, (나)는 화학식이 CH_3COOH이므로 분자량이 60이다. 따라서 분자량은 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄴ. 1몰에 포함된 전체 원자 수는 (가)가 4몰, (나)가 8몰이므로 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄷ. (가)는 분자량이 30이고 (나)는 분자량이 60이며, (가)와 (나)의 성분 원자 수비는 1 : 2이므로 1 g에 포함된 전체 원자 수 비는 (가) : (나)=$\frac{1}{30}$: $\frac{2}{60}$=1 : 1이다. 즉, (가)와 (나)는 1 g에 포함된 전체 원자 수가 같다.

03 물질의 화학식량은 다음과 같다.
① H_2O: $(1\times2)+16=18$ ② CH_4: $12+(1\times4)=16$
③ NO_2: $14+(16\times2)=46$ ④ NaH: $23+1=24$
⑤ NaCl: $23+35.5=58.5$

04 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. X는 질소(N)와 산소(O)의 질량비가 14 : 16이므로 N와 O가 1 : 1의 원자 수비로 결합한 화합물이며, 분자량이 30이므로 X의 분자식은 NO이다.

ㄴ. Y는 N와 O의 질량비가 7 : 16이므로 N와 O가 1 : 2의 원자 수비로 결합한 화합물이며, 삼원자 분자이므로 Y의 분자식은 NO_2이다.

바로알기 ㄷ. X의 분자량은 30이고, Y의 분자량은 46이므로 1 g에 포함된 X와 Y의 분자 수비는 $\frac{1}{30}$: $\frac{1}{46}$이다. X와 Y에 포함된 산소 원자 수비는 1 : 2이므로 1 g에 포함된 산소 원자 수비는 $\frac{1}{30}$: $\frac{2}{46}$이고, Y>X이다.

05 X의 원자량이 12이고, X 원자 1개와 Y 원자 3개의 질량이 같으므로 Y의 원자량은 X의 $\frac{1}{3}$인 4이다.

ㄱ. 1 g에 포함된 원자 수비는 X : Y=$\frac{1}{12}$: $\frac{1}{4}$=1 : 3이다.

ㄴ. 원자 1몰의 질량은 원자량에 g을 붙인 값과 같다. X의 원자량이 12이므로 X 원자 1몰의 질량은 12 g이다.

ㄷ. X 원자 1몰의 질량이 12 g이므로 X 원자 1개의 질량은 $\frac{12}{6.02\times10^{23}}$ g이다.

06 ㄱ, ㄴ. 이산화 탄소의 분자식(㉠)은 CO_2이다. 탄소(C)의 원자량이 12이고 CO_2의 분자량이 44이므로 산소(O)의 원자량은 16이다. 물(H_2O)의 분자량이 18이므로 수소(H)의 원자량은 1이다. 따라서 메테인(CH_4)의 분자량(x)은 16이다.

바로알기 ㄷ. 물 분자의 분자량이 18이므로 1몰의 질량은 18 g이며, 물 분자 1개의 질량은 $\frac{18}{6.02\times10^{23}}$ g이다.

07 ㄱ. 기준 Ⅰ을 적용한 탄소(^{12}C)의 원자량은 12.000이지만 기준 Ⅱ를 적용한 ^{12}C의 원자량(x)은 12.000 : 15.995=x : 16.000에서 $x=12.000\times\frac{16.000}{15.995}$이므로 ^{12}C의 원자량은 기준 Ⅱ가 기준 Ⅰ보다 크다.

ㄷ. 밀도=$\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이고, 아보가드로 법칙에 따라 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 같다. 또, 이산화 탄소(CO_2)의 실제 질량은 원자량에 관계없이 같으므로 0 ℃, 1기압에서 CO_2의 밀도는 기준 Ⅰ과 기준 Ⅱ에서 같다.

바로알기 ㄴ. 산소(^{16}O) 1몰의 질량은 ^{16}O의 원자량에 g을 붙인 값과 같고, 기준 Ⅰ에서 ^{16}O의 원자량은 15.995이며 기준 Ⅱ에서 ^{16}O의 원자량은 16.000이므로 1몰에 포함된 산소 원자 수는 기준 Ⅱ가 기준 Ⅰ에서보다 크다.

08 꼼꼼 문제 분석

기체	분자량	질량(g)	부피(L)	양(mol)
(가)	44	11	x 5.6	0.25
(나)	28	y 14	11.2	0.5
(다)	z 32	32	22.4	1

0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이다.

분자량이 44인 기체 (가) 11 g의 양(mol)은 0.25몰이므로 부피 $x=5.6$이다.

0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 부피가 11.2 L인 기체 (나)의 양(mol)은 0.5몰이고 분자량이 28이므로 질량 $y=14$이다.

0 °C, 1기압에서 기체 (다)의 부피가 22.4 L이므로 기체 (다)의 양(mol)은 1몰이며 질량이 32 g이므로 분자량 $z=32$이다.

09 ① 산소(O_2)의 분자량이 32이므로 32 g에 포함된 산소 분자는 1몰이다.

② 0 °C, 1기압에서 메테인(CH_4) 기체 22.4 L에는 메테인 분자 1몰이 들어 있으므로 포함된 수소 원자는 4몰이다.

③ 염화 나트륨(NaCl) 1몰에는 나트륨 이온 1몰, 염화 이온 1몰이 포함되어 있으므로 전체 이온은 2몰이다.

④ 이산화 탄소(CO_2)의 분자량이 44이므로 44 g에 포함된 이산화 탄소 분자는 1몰이다. 이산화 탄소 분자 1몰에 포함된 전체 원자는 3몰이다.

⑤ 수소(H_2) 분자 6.02×10^{23}개는 수소 분자 1몰이고, 수소 분자 1몰에 포함된 수소 원자는 2몰이다.

10 ㄷ, ㅁ, ㅂ. 산소(O_2) 기체 1몰과 질소(N_2) 기체 1몰의 분자 수는 6.02×10^{23}으로 같고, 각 기체 분자는 원자 2개로 이루어져 있으므로 원자 수는 $2\times6.02\times10^{23}$으로 같다. 또, 아보가드로 법칙에 따라 같은 온도와 압력에서 같은 부피의 기체 속에는 같은 수의 분자가 들어 있다. 따라서 산소 기체와 질소 기체의 분자 수가 같으므로 부피도 같다.

바로알기 ㄱ, ㄴ. O와 N의 원자량이 다르므로 화학식량과 질량은 다르다.

ㄹ. 밀도$=\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$인데, 두 기체의 부피는 같지만 질량이 다르므로 밀도도 다르다.

11 표준 상태에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 0 °C, 1기압에서 메테인(CH_4) 기체 2.24 L와 이산화 탄소(CO_2) 기체 2.24 L는 모두 0.1몰이다.

ㄱ. 메테인의 분자량은 16이므로 메테인 0.1몰의 질량은 1.6 g이다.

ㄴ. (가)와 (나)에서 두 기체의 양(mol)이 0.1몰로 같으므로 분자 수도 같다.

ㄷ. 이산화 탄소의 분자량은 44이므로 이산화 탄소 0.1몰의 질량은 4.4 g이다. 밀도$=\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$이고, 두 기체는 부피가 같으므로 질량이 더 큰 이산화 탄소의 밀도가 더 크다. 따라서 기체의 밀도는 (나)가 (가)보다 크다.

12 꼼꼼 문제 분석

물질	기체 A	액체 B	메탄올
분자량	32	18	32
밀도	1.28 g/L	1.0 g/mL	–
질량	16 g	9 g	16 g
부피	12.5 L	9.0 mL	–
양(mol)	0.5몰	0.5몰	0.5몰

- t °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 25 L이므로 기체 A 12.5 L의 양(mol)은 0.5몰이다. 기체 A의 질량은 1.28 g/L × 12.5 L = 16 g이므로 기체 A의 분자량은 32이다.
- 액체 B의 질량은 1.0 g/mL × 9.0 mL = 9 g이고 분자량이 18이므로 액체 B의 양(mol)은 0.5몰이다.
- 메탄올의 분자량이 32인데 질량은 16 g이므로 메탄올의 양(mol)은 0.5몰이다.

ㄴ. B는 0.5몰이고, 메탄올도 0.5몰이므로 분자 수는 B와 메탄올이 같다.

바로알기 ㄱ. A의 분자량은 32이고, B의 분자량은 18이므로 분자량은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 메탄올의 화학식은 CH_3OH이고 분자량이 32이며, 1분자당 C 원자 수가 1이므로 $\frac{\text{C의 질량}}{\text{전체 질량}}=\frac{12}{32}=\frac{3}{8}$이다.

13 꼼꼼 문제 분석

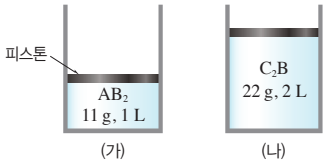
기체	(가)	(나)	(다)	(라)
질량(g)	2	5	8	2
부피(상댓값)	1	5	8	8
밀도(상댓값)	2	1	1	$\frac{1}{4}$

ㄱ. 일정한 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 분자량은 밀도가 가장 큰 (가)가 가장 크다.

ㄷ. 분자량 비는 (나) : (라) = 1 : $\frac{1}{4}$ = 4 : 1이고, (나)는 오원자 분자, (라)는 일원자 분자이므로 1 g에 포함된 전체 원자 수비는 (나) : (라) = $\frac{5}{4}$: $\frac{1}{1}$ = 5 : 4이다.

바로알기 ㄴ. 일정한 온도와 압력에서 같은 부피의 기체에 포함된 분자 수는 같다. 따라서 분자 수는 기체의 부피에 비례하며 (다)가 (나)보다 크다.

14 꼼꼼 문제 분석



- (가)와 (나)에서 각 기체의 전체 질량 중 B만의 질량은 4 g으로 같으므로 (가)에서 A의 질량은 7 g이고 (나)에서 C의 질량은 18 g이다.
- 기체 분자의 부피비가 (가) : (나)=1 : 2이므로 몰비도 (가) : (나)=1 : 2이다. 따라서 (가)에서 A 원자가 1몰이라면 (나)에서 C 원자는 4몰이다.

ㄱ. 질량비와 몰비가 모두 (가) : (나)=1 : 2이므로 분자량 비는 $AB_2 : C_2B=1 : 1$이다. 즉, AB_2와 C_2B는 분자량이 서로 같다.
ㄷ. AB_2 1분자에 B 원자 2개가 포함되어 있고, C_2B 1분자에 B 원자 1개가 포함되어 있으며, AB_2와 C_2B의 분자량이 같으므로 같은 질량에 들어 있는 B 원자 수비는 $AB_2 : C_2B=2 : 1$이다.
바로알기 ㄴ. (가)에서 A 원자 1몰의 질량이 7 g이라면 (나)에서 C 원자 4몰의 질량이 18 g이므로 원자량 비는 A : C=7 : $\frac{18}{4}$=14 : 9이다.

02 화학 반응식과 용액의 농도

개념 확인 문제 44쪽

❶ 화학 반응식 ❷ 계수비 ❸ 반응물의 양(mol) ❹ 생성물의 양(mol)

1 (1) ○ (2) × (3) ○ **2** (1) ㉠ 1, ㉡ 2, ㉢ 2 (2) ㉠ 4, ㉡ 3, ㉢ 2 (3) ㉠ 1, ㉡ 2, ㉢ 1, ㉣ 1 **3** ㄱ, ㄴ, ㄹ **4** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **5** (1) 23 g (2) 33.6 L (3) 9.03×10^{23}

1 (1) 화학 반응이 일어날 때 반응 전과 후에 원자가 새로 생기거나 없어지지 않으므로 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같다. 따라서 이를 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다.
(2) 반응물과 생성물이 기체인 경우 화학 반응식의 계수비는 부피비 또는 몰비와 같지만 반응물과 생성물의 화학식량에 따라 몰질량이 다르므로 화학 반응식의 계수비는 질량비와 같지 않다.
(3) 화학 반응식이 $2H_2(g)+O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$인 경우 계수비는 몰비와 같으며 H_2와 H_2O의 몰비가 1 : 1이므로 H_2 1몰이 모두 반응하면 H_2O 1몰이 생성된다.

2 (1) 화학 반응식은 $N_2(g)+2O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$이므로 화학 반응식의 계수는 ㉠ 1, ㉡ 2, ㉢ 2이다.
(2) 화학 반응식은 $4Al(s)+3O_2(g) \longrightarrow 2Al_2O_3(s)$이므로 화학 반응식의 계수는 ㉠ 4, ㉡ 3, ㉢ 2이다.
(3) 화학 반응식은 $Mg(s)+2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$이므로 화학 반응식의 계수는 ㉠ 1, ㉡ 2, ㉢ 1, ㉣ 1이다.

3 ㄱ, ㄴ, ㄹ. 암모니아의 합성 반응에서 계수비는 $N_2 : H_2 : NH_3=1 : 3 : 2$이며, 계수비와 몰비, 분자 수비, 기체인 경우 부피비는 같다.
ㄷ. 반응물과 생성물의 분자량이 다르므로 질량비는 계수비와 같지 않다.

4 (1) 반응물과 생성물이 기체인 경우 화학 반응식의 계수비는 몰비와 같다. 따라서 일산화 탄소(CO)와 산소(O_2)를 각각 1몰씩 반응시키면 일산화 탄소는 1몰이 모두 반응하며, 산소는 0.5몰이 반응하고 0.5몰이 남으며, 이산화 탄소(CO_2) 1몰이 생성된다.
(2) 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 양(mol)에 비례하며, 산소와 이산화 탄소의 몰비가 1 : 2이므로 산소 기체 1 L가 모두 반응하면 이산화 탄소 기체 2 L가 생성된다.
(3) 일산화 탄소와 산소의 몰비가 2 : 1이지만 질량비는 2 : 1이 아니므로 일산화 탄소 10 g과 완전히 반응하는 산소의 질량은 5 g이 아니다.
(4) 화학 반응의 전과 후에 질량은 보존되므로 반응물의 전체 질량은 생성물의 전체 질량과 같다.

5 0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 생성된 이산화 탄소의 양(mol)은 1몰이다.
(1) 반응한 에탄올(C_2H_5OH)은 0.5몰이며, 에탄올의 분자량은 46이므로 질량은 23 g이다.
(2) 반응한 산소의 양(mol)은 1.5몰이므로 0 °C, 1기압에서 반응한 산소 기체의 부피는 $1.5\times22.4=33.6$(L)이다.
(3) 생성된 물의 양(mol)은 1.5몰이므로 생성된 물 분자 수는 $1.5\times6.02\times10^{23}=9.03\times10^{23}$이다.

개념 확인 문제 47쪽

❶ 용액의 질량 ❷ 용액의 부피 ❸ 몰 농도

1 (1) ○ (2) ○ (3) × **2** (1) 20 (2) 10 (3) 17.5 **3** (1) 1 M (2) 3 M (3) 2 M **4** (가) 9 (나) 부피 플라스크 **5** (1) 0.6 g (2) 0.01 M

1 (1) 퍼센트 농도는 질량을 기준으로 나타내기 때문에 일상생활에서 가장 많이 사용하는 농도이다.
(2) 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(mol/L)와 용액의 부피(L)를 곱해서 구할 수 있다.
(3) 용액을 묽힐 때 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않는다.

2 (1) 염화 나트륨 수용액의 퍼센트 농도 $= \frac{10\text{ g}}{50\text{ g}} \times 100 =$ 20 %
(2) 진한 황산(용액)의 질량 $= 1.84\text{ g/mL} \times 1000\text{ mL} = 1840\text{ g}$
진한 황산의 퍼센트 농도 $= \frac{184\text{ g}}{1840\text{ g}} \times 100 = 10\text{ %}$
(3) 염산의 퍼센트 농도 $= \frac{\text{염화 수소의 질량}}{50\text{ g}} \times 100 = 35\text{ %}$
염화 수소의 질량 $= 17.5\text{ g}$

3 (1) 질산 나트륨의 화학식량이 85이므로 8.5 g은 0.1몰이고, 수용액의 부피가 100 mL이므로 몰 농도는 1 M이다.
질산 나트륨의 양 $= \frac{8.5\text{ g}}{85\text{ g/mol}} = 0.1\text{ mol}$
질산 나트륨 수용액의 몰 농도 $= \frac{0.1\text{ mol}}{0.1\text{ L}} = 1\text{ M}$
(2) 수용액 100 mL에 염화 나트륨 0.3몰이 녹아 있으므로 몰 농도는 3 M이다.
염화 나트륨 수용액의 몰 농도 $= \frac{0.3\text{ mol}}{0.1\text{ L}} = 3\text{ M}$
(3) 수산화 나트륨의 화학식량이 40이므로 40 g은 1몰이며, 수용액의 부피가 500 mL이므로 몰 농도는 2 M이다.
수산화 나트륨의 양 $= \frac{40\text{ g}}{40\text{ g/mol}} = 1\text{ mol}$
수산화 나트륨 수용액의 몰 농도 $= \frac{1\text{ mol}}{0.5\text{ L}} = 2\text{ M}$

4 (가) 0.1 M 포도당 수용액 500 mL에 녹아 있는 포도당은 $0.1\text{ M} \times 0.5\text{ L} = 0.05\text{ mol}$이므로 필요한 포도당의 질량은 $0.05\text{ mol} \times 180\text{ g/mol} = 9\text{ g}$이다.
(나) 포도당 수용액 500 mL를 제조하기 위해 필요한 용기는 500 mL 부피 플라스크이다.

5 0.1 M 아세트산 수용액 100 mL에는 0.01몰의 아세트산이 포함되어 있다.
아세트산의 양 $= 0.1\text{ M} \times 0.1\text{ L} = 0.01\text{ mol}$
(1) (가)에서 아세트산 수용액에 녹아 있는 아세트산 0.01몰의 질량은 0.6 g이다.
아세트산의 질량 $= 0.01\text{ mol} \times 60\text{ g/mol} = 0.6\text{ g}$
(2) (나)에서 0.01몰의 아세트산이 1 L 용액에 녹아 있으므로 몰 농도는 0.01 M이다.
아세트산 수용액의 몰 농도 $= \frac{0.01\text{ mol}}{1\text{ L}} = 0.01\text{ M}$

대표 자료 분석 48쪽

자료 1 **1** 이산화 탄소 **2** $CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$
3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○

자료 2 **1** 부피 플라스크 **2** (다) → (나) → (가) **3** 8.4(g)
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

1-1,2 꼼꼼 문제 분석

(가) 탄산 칼슘의 질량을 측정하였더니 w_1 g이었다. (w_1: 탄산 칼슘의 질량)
(나) 충분한 양의 묽은 염산이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 w_2 g이었다. (w_2: (묽은 염산 + 삼각 플라스크)의 질량)
(다) (나)의 삼각 플라스크에 (가)의 탄산 칼슘을 넣었더니 A 기체가 발생하였다. (A 기체: 이산화 탄소)
(라) 반응이 완전히 끝난 뒤 용액이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 w_3 g이었다. ($(w_1 + w_2)$ − 공기 중으로 날아간 A의 질량)

탄산 칼슘과 염산이 반응하면 염화 칼슘과 물이 생성되고, 이산화 탄소 기체가 발생한다. 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.
$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

1-3 (1) 탄산 칼슘과 염산의 반응에서 화학 반응식의 계수비가 1 : 2이므로 반응 몰비도 1 : 2이다.
(2) 반응 전 전체 질량은 $(w_1 + w_2)$ g이고, 반응 후 전체 질량은 (A 기체의 질량 $+ w_3$) g이다. 따라서 반응 전후의 전체 질량을 비교하면 $(w_1 + w_2)$ g = (A 기체의 질량 $+ w_3$) g이므로 $w_1 + w_2 > w_3$이다.
(3) 반응한 탄산 칼슘의 양(mol)은 $\frac{\text{탄산 칼슘의 질량}}{\text{탄산 칼슘의 몰 질량}} = \frac{w_1}{100}$이다.
(4) 반응 전후의 전체 질량을 비교하면 $(w_1 + w_2)$ g = (A 기체의 질량 $+ w_3$) g이므로 A 기체의 질량 = $\{(w_1 + w_2) - w_3\}$ g이다.
(5) 탄산 칼슘과 A 기체의 몰비는 1 : 1이므로 A 기체의 양(mol)은 $\frac{w_1}{100}$(mol)과 같다. 따라서 A 기체의 부피는 0 °C, 1 기압에서 $\frac{w_1}{100} \times 22.4$ L이다.

(6) A의 분자량은 A 기체의 질량을 탄산 칼슘의 양(mol)으로 나누어 구할 수 있다. A 기체의 질량은 $\{(w_1+w_2)-w_3\}$ g이고, 탄산 칼슘의 양(mol)은 $\frac{w_1}{100}$이므로 A의 분자량은 $\{(w_1+w_2)-w_3\}\times\frac{100}{w_1}=\frac{(w_1+w_2)-w_3}{w_1}\times100$이다.

2-1 꼼꼼 문제 분석

(가) 증류수를 1 L ㉠(부피 플라스크)의 눈금선까지 넣고 잘 섞는다.
(나) 비커에 남은 $NaHCO_3$ 수용액을 증류수로 씻어 1 L ㉠에 넣는다.
(다) 소량의 증류수가 들어 있는 비커에 $NaHCO_3$ x g을 넣어 녹인 후, 이 수용액을 1 L ㉠에 넣는다.

→ $NaHCO_3$의 양 $=0.1\ M\times1\ L=0.1\ mol$
$NaHCO_3$의 질량 $=0.1\ mol\times84\ g/mol=8.4\ g$

특정한 몰 농도의 용액을 제조할 때 사용하는 실험 기구는 부피가 일정한 부피 플라스크이다.

2-2 0.1 M 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$) 수용액 1 L를 만들 때 필요한 $NaHCO_3$을 소량의 증류수가 들어 있는 비커에서 녹인 후 1 L 부피 플라스크에 넣는다. 비커에 남은 $NaHCO_3$ 수용액을 증류수로 씻어 부피 플라스크에 넣고 증류수를 부피 플라스크의 눈금선까지 넣어 잘 섞어 준다. 따라서 실험 과정은 (다) → (나) → (가)이다.

2-3 0.1 M $NaHCO_3$ 수용액 1 L에 녹아 있는 $NaHCO_3$의 양은 $0.1\ M\times1\ L=0.1\ mol$이며, $NaHCO_3$의 화학식량이 84이므로 필요한 질량은 8.4 g이다.

2-4 (1) 과정 (나)에서 비커에 남은 $NaHCO_3$ 수용액을 증류수로 씻어 넣지 않으면 부피 플라스크에 들어 있는 $NaHCO_3$의 양이 감소하므로 수용액의 몰 농도는 0.1 M보다 작아진다.
(2) 0.1 M $NaHCO_3$ 수용액은 용액 1 L에 $NaHCO_3$ 0.1몰(=8.4 g)이 녹아 있는 것이다. 증류수 1 L에 $NaHCO_3$ 0.1몰을 녹이면 용액 전체의 부피는 1 L보다 커지고, 수용액의 몰 농도는 0.1 M보다 작아진다.
(3) 0.1 M $NaHCO_3$ 수용액 200 mL에 녹아 있는 $NaHCO_3$의 양은 $0.1\ M\times0.2\ L=0.02\ mol$이다.
(4) $NaHCO_3$ 4.2 g은 $\frac{4.2\ g}{84\ g/mol}=0.05\ mol$이다. 0.1 M $NaHCO_3$ 수용액 1 L에는 $NaHCO_3$ 0.1 mol이 녹아 있으므로 $NaHCO_3$ 0.05 mol이 녹아 있는 0.1 M $NaHCO_3$ 수용액의 부피는 0.5 L, 즉 500 mL이다.

(5) 0.1 M $NaHCO_3$ 수용액 100 mL에 포함된 $NaHCO_3$의 양은 $0.1\ M\times0.1\ L=0.01\ mol$이므로 증류수를 가하여 전체 부피를 1 L로 하면 수용액의 몰 농도는 0.01 M가 된다.

내신 만점 문제

49쪽~51쪽

01 ③ **02** ① **03** ③ **04** (1) $C_6H_{12}O_6(s)\longrightarrow2C_2H_5OH(l)+2CO_2(g)$ (2) 230 mL **05** ③ **06** ② **07** ㄱ, ㄴ, ㄷ **08** 24 **09** ⑤ **10** ② **11** ⑤ **12** 해설 참조 **13** 0.5 L **14** ③

01 ㄱ, ㄴ. 에탄올의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.
$C_2H_5OH(l)+3O_2(g)\longrightarrow2CO_2(g)+3H_2O(l)$
따라서 화학 반응식의 계수는 $a=3$, $b=2$, $c=3$이며, X는 CO_2이다.
바로알기 ㄷ. 반응 전후에 원자의 종류와 수는 같지만, 분자의 종류와 수는 다르다.

02 ㄱ. A_2 분자 4개와 B_2 분자 2개가 반응하여 A_2B 분자 4개가 생성되었으므로 분자 수비는 $A_2:B_2:A_2B=2:1:2$이다. 따라서 화학 반응식의 계수비도 2 : 1 : 2이므로 화학 반응식은 $2A_2+B_2\longrightarrow2A_2B$이다.
바로알기 ㄴ. A_2와 B_2는 계수비가 2 : 1이므로 2 : 1의 몰비로 반응한다. 따라서 A_2 1몰이 모두 반응하려면 B_2는 0.5몰이 필요하다.
ㄷ. A_2가 모두 반응하여 남아 있지 않으므로 B_2를 더 첨가해도 생성물의 양은 변하지 않는다.

03 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같으므로 수소(H_2)와 수증기(H_2O)의 몰비는 1 : 1이고, 0 ℃, 1기압에서 H_2 4.48 L는 0.2몰이므로 생성되는 H_2O도 0.2몰이다. H_2O의 분자량이 18이므로 생성되는 H_2O의 질량은 $0.2\ mol\times18\ g/mol=3.6\ g$이다.

04 (1) 포도당의 발효 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.
$C_6H_{12}O_6(s)\longrightarrow2C_2H_5OH(l)+2CO_2(g)$
(2) 포도당의 분자량은 180이므로 포도당 360 g은 $\frac{360\ g}{180\ g/mol}=2\ mol$이며, 포도당과 에탄올의 계수비는 1 : 2이므로 포도당 2몰을 발효시킬 때 얻을 수 있는 에탄올은 4몰이다. 에탄올의 분자량은 46이므로 에탄올 4몰은 $4\ mol\times46\ g/mol=184\ g$이고, 밀도가 0.8 g/mL이므로 부피는 $\frac{184\ g}{0.8\ g/mL}=230\ mL$이다.

05 에테인(C_2H_6) 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

$2C_2H_6(g)+7O_2(g) \longrightarrow 4CO_2(g)+6H_2O(l)$

ㄱ. $a=7$, $b=4$, $c=6$이므로 $a+b+c=17$이다.

ㄴ. C_2H_6의 분자량은 30이고 C_2H_6과 물(H_2O)의 몰비는 1 : 3이므로 C_2H_6 30 g(=1몰)을 완전 연소시키면 분자량이 18인 H_2O이 3 mol×18 g/mol=54 g 생성된다.

바로알기 ㄷ. 이산화 탄소(CO_2) 분자 1.806×10^{24}개는 3몰이며 CO_2 3몰이 생성되는 데 필요한 산소(O_2)의 양은 3(몰)×$\frac{7}{4}=\frac{21}{4}$(몰)이다.

06 꼼꼼 문제 분석

화학 반응식	$C_3H_8(g)+5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(l)$								
계수비	1	:	5	:	3	:	4		
몰비	1	:	5	:	3	:	4		
기체의 부피비	1	:	5	:	3				

① 화학 반응식의 계수비와 몰비가 같으므로 프로페인(C_3H_8)과 산소(O_2)는 1 : 5의 몰비로 반응한다.

③ C_3H_8 1몰이 완전 연소할 때 생성되는 이산화 탄소(CO_2)는 3몰이다. CO_2의 화학식량은 44이므로 CO_2 3몰은 132 g이다.

CO_2 3몰의 질량=3 mol×44 g/mol=132 g

④ C_3H_8 2.24 L는 0.1몰이고, O_2 5.6 L는 0.25몰이다. C_3H_8과 O_2는 1 : 5의 몰비로 반응하므로 C_3H_8과 O_2를 완전 연소시키면 C_3H_8이 0.05몰 남는다.

⑤ CO_2 6.6 g은 0.15몰이다. CO_2 0.15몰이 생성될 때 함께 생성되는 H_2O은 0.2몰이므로 3.6 g이다.

CO_2 6.6 g의 양=$\frac{6.6\text{ g}}{44\text{ g/mol}}=0.15$ mol

H_2O 0.2몰의 질량=0.2 mol×18 g/mol=3.6 g

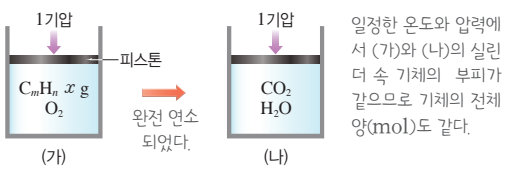
바로알기 ② C_3H_8 4.4 g은 0.1몰이다. C_3H_8 0.1몰이 완전 연소하기 위해 필요한 O_2는 0.5몰이므로 부피는 11.2 L이다.

C_3H_8 4.4 g의 양=$\frac{4.4\text{ g}}{44\text{ g/mol}}=0.1$ mol

O_2 0.5몰의 부피=0.5 mol×22.4 L/mol=11.2 L

07 꼼꼼 문제 분석

$$\underset{3}{C_mH_n}(g)+\underset{4}{aO_2}(g) \longrightarrow \underset{3}{3CO_2}(g)+\underset{4}{2H_2O}(g)$$



일정한 온도와 압력에서 (가)와 (나)의 실린더 속 기체의 부피가 같으므로 기체의 전체 양(mol)도 같다.

ㄱ. 반응 전후에 기체의 온도와 압력이 같으며, (가)와 (나)의 부피는 변함이 없으므로 반응 전후에 기체의 양(mol)이 일정하다. 따라서 화학 반응식의 계수 $a=4$이다.

ㄴ. 반응 전후에 원자의 종류와 수가 같으며 C_mH_n 1몰이 연소되면 3몰의 이산화 탄소(CO_2)와 2몰의 수증기(H_2O)가 생성되므로 $m=3$, $n=4$이다. 따라서 $m+n=7$이다.

ㄷ. 프로파인(C_3H_4)의 분자량은 40이므로 C_3H_4 x g은 $\frac{x}{40}$몰이다.

C_3H_4 $\frac{x}{40}$몰이 완전 연소되면 H_2O $\frac{x}{20}$몰이 생성되고, H_2O의 분자량은 18이므로 생성된 H_2O의 질량은 $\frac{x}{20}$ mol×18 g/mol=0.9x g이다.

08 반응에서 생성된 수소(H_2) 2.24 L는 0.1몰이고, 화학 반응식에서 금속 M과 H_2의 몰비가 1 : 1이므로 반응한 금속 M의 양(mol)도 0.1몰이다. 반응에 사용한 금속 M 2.4 g이 0.1몰이므로 금속 M 1몰은 24 g이고, M의 원자량은 24이다.

$\underline{M(s)}+2HCl(aq) \longrightarrow MCl_2(aq)+\underline{H_2(g)}$

0.1몰(=2.4 g) 0.1몰(=2.24 L)

09 꼼꼼 문제 분석

$$CaCO_3(s)+2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq)+H_2O(l)+\underset{CO_2}{X(g)}$$

실험	(가)	(나)	(다)
$CaCO_3$의 질량(g)	1.0	3.0	5.0
반응 전 묽은 염산이 담긴 플라스크의 질량(g)	132.7	132.7	132.7
반응 후 플라스크의 질량(g)	133.26	134.38	136.38
반응 전후의 질량 차이(g) =발생한 X의 질량(g)	133.7−133.26 =0.44	135.7−134.38 =1.32	137.7−136.38 =1.32

ㄱ. 탄산 칼슘($CaCO_3$)과 X의 몰비는 1 : 1이다. $CaCO_3$의 화학식량이 100이므로 (가)에서 반응하는 $CaCO_3$의 양(mol)은 $\frac{1.0\text{ g}}{100\text{ g/mol}}=0.01$ mol이다. 따라서 발생한 X의 양(mol)도 0.01몰이다.

ㄴ. (나)에서 반응하는 $CaCO_3$의 양은 $\frac{3.0\text{ g}}{100\text{ g/mol}}=0.03$ mol이므로 발생한 X의 양(mol)도 0.03몰이다. 0 °C, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 0.03몰의 부피는 0.672 L, 즉 672 mL이다.

ㄷ. (나)와 (다)에서 생성된 X는 1.32 g, 즉 0.03몰로 같다. 따라서 반응한 $CaCO_3$의 양(mol)도 0.03몰로 같다.

10 꼼꼼 **문제 분석**

(가)와 (나) 모두 퍼센트 농도는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{500\text{ g}}\times100=5\ \%$이므로 용질의 질량은 25 g이다.

ㄴ. (가)의 수용액 속에 녹아 있는 설탕의 질량은 25 g이고, 설탕의 화학식량은 342이므로 (가)의 수용액 속에 녹아 있는 설탕의 양(mol)은 $\frac{25\text{ g}}{342\text{ g/mol}}\fallingdotseq0.073\text{ mol}$이다. 따라서 설탕 분자 수는 $0.073\times(6.02\times10^{23})$이다.

(나)의 수용액 속에 녹아 있는 포도당의 질량은 25 g이고, 포도당의 화학식량은 180이므로 (나)의 수용액 속에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $\frac{25\text{ g}}{180\text{ g/mol}}\fallingdotseq0.139\text{ mol}$이다. 따라서 포도당 분자 수는 $0.139\times(6.02\times10^{23})$이다. 즉, 수용액 속 용질의 입자 수는 (가)<(나)이다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)의 수용액 속에 녹아 있는 용질은 25 g으로 같다.

ㄷ. (가)의 수용액 속에 녹아 있는 설탕의 양(mol)은 약 0.073 mol이고, 수용액의 부피는 $\frac{500\text{ g}}{1\text{ g/mL}}=500\text{ mL}=0.5\text{ L}$이므로 몰 농도는 $\frac{0.073\text{ mol}}{0.5\text{ L}}=0.146\text{ M}$이다.

(나)의 수용액 속에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 약 0.139 mol이고, 수용액의 부피는 0.5 L이므로 몰 농도는 $\frac{0.139\text{ mol}}{0.5\text{ L}}=0.278\text{ M}$이다. 따라서 수용액의 몰 농도는 (가)<(나)이다.

11 ㄱ, ㄷ. 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 500 mL에 포함된 NaOH은 $0.1\text{ M}\times0.5\text{ L}=0.05\text{ mol}$이며, NaOH의 화학식량이 40이므로 NaOH의 질량(x)$=0.05\text{ mol}\times40\text{ g/mol}=2\text{ g}$이다.

ㄴ. 0.1 M NaOH 수용액 500 mL를 만들 때는 500 mL 부피 플라스크를 이용한다.

12 진한 용액의 몰 농도(M_1)×진한 용액의 부피(V_1)=묽은 용액의 몰 농도(M_2)×묽은 용액의 부피(V_2)이므로 $2\text{ M}\times V_1=0.1\text{ M}\times1\text{ L}$, $V_1=0.05\text{ L}=50\text{ mL}$이다.

모범답안 0.1 M $KHCO_3$ 수용액 1 L에는 $KHCO_3$ 0.1몰이 포함되어야 하므로 2 M $KHCO_3$ 수용액 50 mL를 취하여 1 L 부피 플라스크에 넣고, 1 L가 될 때까지 증류수를 넣어 묽힌다.

채점 기준	배점
1 L 부피 플라스크를 이용하여 만드는 방법을 옳게 서술한 경우	100 %
묽혀야 하는 용액의 부피는 옳게 구했지만, 1 L 부피 플라스크를 이용하여 만드는 방법을 옳게 서술하지 못한 경우	40 %

13 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$)의 화학식량은 84이므로 $NaHCO_3$ 4.2 g은 0.05몰이다.

$NaHCO_3$ 4.2 g의 양$=\frac{4.2\text{ g}}{84\text{ g/mol}}=0.05\text{ mol}$

$NaHCO_3$과 CH_3COOH은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 $NaHCO_3$ 0.05몰과 완전히 반응하는 데 필요한 CH_3COOH은 0.05몰이다. 따라서 0.1 M CH_3COOH 수용액은 0.5 L가 필요하다.

0.1 M CH_3COOH 수용액의 부피$=\frac{0.05\text{ mol}}{0.1\text{ M}}=0.5\text{ L}$

14 ㄱ. (가)에 녹아 있는 염화 나트륨(NaCl)은 $x\text{ M}\times0.1\text{ L}=0.1x\text{ mol}$이다. 이 용액에서 물을 증발시켜 부피를 50 mL로 만들면 용액의 몰 농도는 $\frac{0.1x\text{ mol}}{0.05\text{ L}}=2x\text{ M}$가 된다. 따라서 (나)의 몰 농도는 (가)의 2배이다.

ㄷ. (나)에서 NaCl 수용액의 몰 농도는 $2x$ M이며, 증류수를 가해 전체 부피를 200 mL로 만들면 몰 농도는 $\frac{0.1x\text{ mol}}{0.2\text{ L}}=\frac{x}{2}\text{ M}$가 된다. 즉, 수용액의 몰 농도는 (나)의 $\frac{1}{4}$이 된다.

바로알기 ㄴ. (가)에 $0.1x$몰의 NaCl이 녹아 있는데, 여기에 NaCl $\frac{x}{2}$몰을 더 녹이면 NaCl의 전체 양(mol)은 $0.6x$몰이 된다. 용액의 부피가 100 mL로 변함이 없다고 가정해도 몰 농도는 $\frac{0.6x\text{ mol}}{0.1\text{ L}}=6x\text{ M}$가 된다. 즉, (나)의 몰 농도인 $2x$ M가 되지 않는다.

중단원 핵심 정리 52쪽

❶ 탄소(^{12}C) ❷ 원자량 ❸ 원자량 ❹ 아보가드로수 ❺ 몰 질량 ❻ 아보가드로 ❼ 6.02×10^{23} ❽ 몰 질량 ❾ 22.4 ❿ 부피비 ⓫ 퍼센트 농도 ⓬ 1 L ⓭ 용액의 부피 ⓮ 묽은 용액의 부피

중단원 마무리 문제 53쪽~55쪽

01 ② 02 ③ 03 ④ 04 ④ 05 ④ 06 ③
07 24 08 ① 09 ③ 10 ② 11 해설 참조
12 해설 참조

01 꼼꼼 문제 분석

화합물	성분 원소	1분자당 구성 원자 수	분자량	분자식
(가)	X, Y	4	17	XY_3
(나)	X, Y	2	15	XY
(다)	X, Y, Z	3	27	XYZ

- (나)는 이원자 분자이므로 분자식이 XY이며, XY의 분자량은 15이다.
- (다)는 삼원자 분자이므로 분자식이 XYZ이며, XYZ의 분자량은 27이다. 따라서 (XYZ의 분자량−XY의 분자량)=Z의 원자량=12이다.
- (가)의 분자식은 X_3Y 혹은 XY_3 중 하나인데, X의 원자량이 Z의 원자량인 12보다 크므로 분자량이 17인 (가)의 분자식은 XY_3이다. 그리고 XY의 분자량이 15이므로 X의 원자량은 14, Y의 원자량은 1이다.

ㄴ. (가)의 분자식이 XY_3이고, (나)의 분자식이 XY이므로 $\frac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}}$은 (가)가 $\frac{14}{3}$, (나)가 14로 (가)가 (나)의 $\frac{1}{3}$이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 분자식은 XY_3이다.

ㄷ. Z의 원자량은 12이고, Y의 원자량은 1이므로 ZY_4의 분자량은 16이며 (가)나 (다)의 분자량보다 작다.

02

ㄱ. 새로운 기준에서 산소(^{16}O)의 원자량을 x라고 하면, $x : 15.995 = 27.000 : 26.982$에서 $x = 15.995 \times \frac{27.000}{26.982}$이므로 현재의 원자량보다 크다.

ㄴ. 현재 기준에서 알루미늄(^{27}Al) 1몰에 들어 있는 원자 수는 $\frac{26.982\,g}{^{27}Al\text{ 원자 1개의 질량}}$이지만, 새로운 원자량 기준에서 ^{27}Al 1몰에 들어 있는 원자 수는 $\frac{27.000\,g}{^{27}Al\text{ 원자 1개의 질량}}$이다. 그런데 ^{27}Al 원자 1개의 질량은 원자량에 관계없이 변하지 않으므로 새로운 기준에서 ^{27}Al 1몰에 들어 있는 원자 수는 현재보다 증가한다.

바로알기 ㄷ. 1 g에 들어 있는 원자의 양(mol)은 $\frac{1\,g}{\text{몰 질량(g/mol)}}$이다. 새로운 기준에서 탄소($^{12}C$)의 원자량은 $12.000 \times \frac{27.000}{26.982}$으로 현재보다 크며, ^{12}C의 몰 질량도 현재보다 크다. 따라서 1 g에 들어 있는 ^{12}C 원자의 양(mol)은 현재보다 작다.

03

ㄴ. 포도당의 분자량이 180이므로 1몰의 질량은 180 g이다.

ㄷ. 포도당 360 g은 $\frac{360\,g}{180\,g/mol} = 2$ mol이며 포도당 1분자에 탄소 원자 6개가 포함되어 있으므로 포도당 2몰에 포함된 탄소 원자는 12몰이다.

바로알기 ㄱ. 포도당의 몰 질량이 180 g/mol이므로 포도당 1개의 질량은 $\frac{180}{6.02 \times 10^{23}}$ g이다.

04 꼼꼼 문제 분석

기체	분자량	질량(g)	부피(L)	밀도	양(mol)
X	16	1.6	2.50	d	0.1
Y	32	1.6	1.25	$2d$	0.05
Z	4	0.8	5.00	$\frac{d}{4}$	0.2

- Y의 분자량이 32이고 질량이 1.6 g이므로 Y의 양(mol)은 $\frac{1.6\,g}{32\,g/mol} = 0.05$ mol이다. 이때 Y의 부피가 1.25 L이므로 t ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피는 $\frac{1.25\,L}{0.05} = 25$ L이다.
- X 2.50 L는 0.1몰이며 질량이 1.6 g이므로 X의 분자량은 16이다.
- Z 5.00 L는 0.2몰이며 Z의 분자량이 4이므로 Z의 질량은 0.8 g이다.

ㄴ. 기체 Y의 질량이 1.6 g이고 Z의 질량이 0.8 g이므로 질량은 Y가 Z의 2배이다.

ㄷ. 일정한 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 분자량 비는 X : Z=4 : 1이고, X의 밀도가 d이므로 Z의 밀도는 $\frac{d}{4}$이다.

바로알기 ㄱ. 기체 X의 분자량은 16이다.

05 꼼꼼 문제 분석

탄화수소	(가)	(나)
분자식	C_4H_8	C_2H_4
부피(L)	10	20
분자량	56	28

- 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 분자 수에 비례하므로 기체의 몰비는 (가) : (나)=1 : 2이다.
- C_4H_8의 분자량은 56이고, C_2H_4의 분자량은 28이므로 분자량 비는 $C_4H_8 : C_2H_4 = 2 : 1$이다.

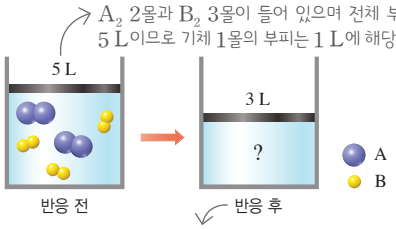
ㄱ. 기체의 몰비는 (가) : (나)=1 : 2이고 분자량 비는 (가) : (나)=2 : 1이므로 질량비는 (가) : (나)=1 : 1이다. 즉, (가)와 (나)는 질량이 같다.

ㄷ. $\frac{\text{수소(H) 원자 수}}{\text{탄소(C) 원자 수}}$는 (가)와 (나)가 같으므로 1 g에 포함된 C 원자 수와 H 원자 수가 각각 같다. 따라서 1 g을 완전 연소시킬 때 필요한 산소(O_2)의 양(mol)도 (가)와 (나)가 같다.

바로알기 ㄴ. 온도와 압력이 같을 때 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 밀도비는 (가) : (나)=2 : 1이다.

06 꼼꼼 문제 분석

$$\underset{1}{aA_2(g)}+\underset{3}{bB_2(g)}\longrightarrow\underset{AB_3}{2X(g)}$$



A_2 2몰과 B_2 3몰이 반응하여 A_2는 1몰이 남고 B_2는 모두 반응하며 X는 2몰이 생성되므로 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$aA_2(g)$	+ $bB_2(g)$	⟶ $2X(g)$
반응 전	2	3	
반응	−1	−3	+2
반응 후	1	0	2

몰비는 $A_2 : B_2 : X = 1 : 3 : 2$이므로 화학 반응식은 $A_2(g)+3B_2(g)\longrightarrow 2X(g)$이고, X의 분자식은 AB_3이다.

ㄱ. 몰비는 $A_2 : B_2 = 1 : 3$이다.

ㄷ. 반응 후 X 2몰이 생성되고 A_2 1몰이 남으므로 $\frac{\text{X의 분자 수}}{\text{전체 분자 수}}=\frac{2}{3}$이다.

바로알기 ㄴ. X의 분자식은 AB_3이다.

07 금속 M의 산화물 X의 화학식은 MO이다. 금속 M 3 g이 반응하면 MO 5 g이 생성되므로 반응한 산소의 질량은 2 g이다. 따라서 M의 원자량을 x라고 하면 $x : 16 = 3\text{ g} : 2\text{ g}$이므로 $x=24$이다.

08 꼼꼼 문제 분석

[화학 반응식]

$$CaCO_3(s)+\underset{2}{a}HCl(aq)\longrightarrow CaCl_2(aq)+\underset{1}{b}H_2O(l)+\underset{CO_2}{X(g)}$$

[과정]

(가) $CaCO_3$의 질량(w_1)을 측정한다.

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

(다) (나)의 삼각 플라스크에 $CaCO_3$을 넣어 반응시킨다.

(라) 반응이 완전히 끝난 후 삼각 플라스크의 질량(w_3)을 측정한다. $w_3=(w_1+w_2)-$발생한 CO_2의 질량

발생한 CO_2의 질량 $=(x+330.0)\text{ g}-331.12\text{ g}=(x-1.12)\text{ g}$

[결과]

w_1	w_2	w_3
x g	330.0 g	331.12 g

ㄴ. 탄산 칼슘($CaCO_3$)과 묽은 염산(HCl)이 반응하면 염화 칼슘($CaCl_2$)과 물(H_2O)이 생성되고, 이산화 탄소(CO_2) 기체가 발생한다. 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.

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

$CaCO_3$과 CO_2의 몰비는 1 : 1이다. $CaCO_3$의 화학식량이 100이고 질량이 x g이며, 발생한 CO_2의 분자량이 44이고 질량이 $(x-1.12)$ g이므로 다음 관계식이 성립한다.

$\frac{x\text{ g}}{100\text{ g/mol}}=\frac{(x-1.12)\text{ g}}{44\text{ g/mol}}$, $x=2$

$CaCO_3$의 질량은 2 g이고, 발생한 CO_2의 질량은 $(x-1.12)\text{ g}=(2-1.12)\text{ g}=0.88\text{ g}$이다.

바로알기 ㄱ. $a=2$, $b=1$이며 $a+b=3$이다.

ㄷ. 발생한 CO_2의 질량이 $(x-1.12)$ g이므로 양(mol)은 $\frac{x-1.12}{44}$몰이다. 화학 반응식의 계수비가 HCl : $CO_2=2:1$이므로 반응한 HCl의 양(mol)은 발생한 CO_2의 2배인 $\frac{x-1.12}{22}$몰이다.

09 (가)에 녹아 있는 X의 양(mol)은 $\frac{a\text{ g}}{x\text{ g/mol}}=\frac{a}{x}$ mol이고, X 수용액의 부피는 $\frac{100\text{ g}}{d\text{ g/mL}}=\frac{100}{d}\text{ mL}=\frac{1}{10d}\text{ L}$이므로 (가)의 몰 농도는 $\frac{\frac{a}{x}\text{ mol}}{\frac{1}{10d}\text{ L}}=\frac{10ad}{x}$ M이다. 묽은 용액의 몰 농도(M) $=\frac{\text{진한 용액의 몰 농도(M)}\times\text{진한 용액의 부피(L)}}{\text{묽은 용액의 부피(L)}}$이므로 (나)의 몰 농도는 $\frac{\frac{10ad}{x}\text{ M}\times 0.01\text{ L}}{0.1\text{ L}}=\frac{ad}{x}$ M이다.

[다른 풀이] X a g이 녹아 있는 100 g의 수용액은 밀도가 d g/mL이므로 용액 10 mL에 포함된 X의 질량은 $\frac{a}{100}\times 10d=\frac{ad}{10}$(g)이다. X의 분자량이 x이므로 수용액의 전체 부피를 100 mL로 만들면 몰 농도는 $\frac{\frac{ad}{10}\times\frac{1}{x}}{\frac{1}{10}}=\frac{ad}{x}$(M)이다.

10 (가) 수용액의 질량은 $1000\text{ mL}\times 1.0\text{ g/mL}=1000\text{ g}$이고, 퍼센트 농도는 0.1 %이므로 수용액에 녹아 있는 포도당의 질량은 1 g이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $\frac{1\text{ g}}{180\text{ g/mol}}\fallingdotseq 0.0056\text{ mol}$이다.

(나) 수용액의 몰 농도는 0.1 M이므로 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $0.1\text{ M}\times 0.5\text{ L}=0.05\text{ mol}$이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 포도당의 질량은 $180\text{ g/mol}\times 0.05\text{ mol}=9\text{ g}$이다.

ㄷ. 혼합 용액의 몰 농도(M) $=\frac{\text{전체 용질의 양(mol)}}{\text{용액 전체의 부피(L)}}$이므로 $\frac{0.0056\ \text{mol}+0.05\ \text{mol}}{1\ \text{L}+0.5\ \text{L}} \fallingdotseq 0.037\ \text{M}$이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 몰 농도는 약 $\frac{0.0056\ \text{mol}}{1\ \text{L}}=0.0056\ \text{M}$이고, (나)의 몰 농도는 0.1 M이므로 (가)와 (나)의 몰 농도는 같지 않다.

ㄴ. (가)의 퍼센트 농도는 0.1 %이고, (나)의 퍼센트 농도는 $\frac{9\ \text{g}}{500\ \text{g}}\times 100=1.8\ \%$이므로 (가)와 (나)의 퍼센트 농도는 같지 않다.

11 꼼꼼 문제 분석

$$\underset{1}{aA_2(g)}+\underset{3}{bB_2(g)} \longrightarrow \underset{2AB_3}{cX(g)}$$

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

X 2 L가 생성될 때 반응한 A_2의 부피는 1 L이고 B_2의 부피는 3 L이다.

모범답안 $a=1$, $b=3$, $c=2$, (가)~(다)에서 생성된 X의 부피가 같으며, (가)와 (나)에서 반응한 A_2의 부피가 같고, (가)와 (다)에서 반응한 B_2의 부피가 같은 것으로 보아 기체의 부피비는 $A_2 : B_2 : X = 1 : 3 : 2$이다. 따라서 화학 반응식의 계수는 $a=1$, $b=3$, $c=2$이고, 화학 반응식은 $A_2(g)+3B_2(g) \longrightarrow 2X(g)$이다.

채점 기준	배점
화학 반응식의 계수를 모두 옳게 구하고, 그 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
화학 반응식의 계수만 옳게 구한 경우	40 %

12 꼼꼼 문제 분석

[화학 반응식]

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

[실험 과정]

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

[실험 결과]

• 도가니 질량: 210 g

열분해 반응이 완료되면 질량은 더 이상 변하지 않는다.

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

CO_2 기체가 발생하므로 전체 질량이 감소한다.

시간에 따라 발생한 이산화 탄소(CO_2)의 질량은 다음과 같다. 따라서 X_2CO_3이 완전 분해되면 CO_2 22 g이 생성된다.

시간(분)	0	2	4	…	12	…	18	20
질량(g)	0	2	4	…	11	…	22	22

도가니에 넣은 X_2CO_3의 질량은 247 g − 210 g = 37 g이고, 반응 후 생성된 CO_2의 질량은 22 g이므로 생성된 X_2O의 질량은 37 g − 22 g = 15 g이다.

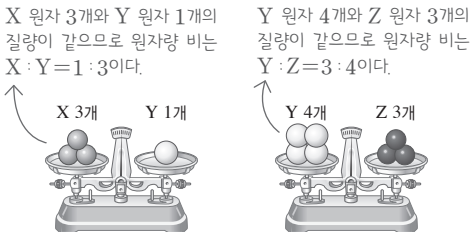
모범답안 X의 원자량: 7. 18분과 20분에서 질량이 더 이상 변하지 않으므로 도가니 안의 고체는 X_2O뿐이며 감소한 질량은 발생한 CO_2의 질량과 같다. 처음보다 감소한 질량이 22 g이므로 CO_2 0.5몰이 발생하였고, X_2O와 CO_2의 몰비가 1 : 1이므로 X_2O도 0.5몰 생성되었다. X_2O 0.5몰의 질량은 15 g이므로 X_2O의 화학식량은 30이고, X의 원자량은 7이다.

채점 기준	배점
원자량을 옳게 구하고, 그 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
원자량만 옳게 구한 경우	40 %

수능 실전 문제 57쪽~59쪽

1 ④ 2 ⑤ 3 ④ 4 ③ 5 ③ 6 ② 7 ⑤
8 ② 9 ④ 10 ① 11 ④ 12 ⑤

1 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. X 원자 1개의 질량은 $\frac{1}{6.02\times 10^{23}}$ g이다. $\frac{4}{6.02\times 10^{23}}$ g

ㄴ. 1 g에 들어 있는 원자의 몰비는 Y : Z = 4 : 3이다.

ㄷ. 1몰의 질량은 YZ_2가 X의 11배이다.

전략적 풀이 ❶ X의 원자량과 아보가드로수를 이용하여 X 원자 1개의 질량을 구한다.

ㄱ. 원자량 비는 X : Y : Z = 1 : 3 : 4이고, Y 원자 1몰의 질량이 12 g이므로 X의 원자량은 4, Y의 원자량은 12, Z의 원자량은 16이다.

X의 원자량이 4이고, 1몰의 질량이 4 g이므로 X 원자 1개의 질량은 $\frac{4}{6.02\times10^{23}}$ g이다.

❷ 원자량 비로부터 1 g에 들어 있는 원자의 몰비를 구한다.

ㄴ. 원자량 비는 Y : Z=3 : 4이므로 1 g에 들어 있는 원자의 몰비는 Y : Z=$\frac{1}{3}$: $\frac{1}{4}$=4 : 3이다.

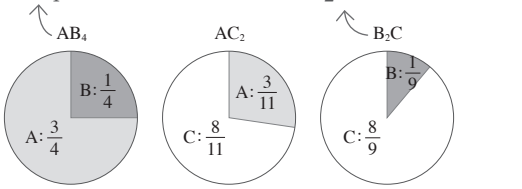
❸ 분자식에 포함된 모든 원자의 원자량을 합하여 분자량을 구하고 1몰의 질량을 비교한다.

ㄷ. YZ_2의 분자량은 12+2×16=44이므로 X의 원자량 4의 11배이다.

2 꼼꼼 문제 분석

원자 수비는 A : B=1 : 4이고 질량비는 A : B=3 : 1이므로 원자량 비는 A : B=3 : $\frac{1}{4}$=12 : 1이다.

원자 수비는 B : C=2 : 1이고 질량비는 B : C=1 : 8이므로 원자량 비는 B : C=$\frac{1}{2}$: 8=1 : 16이다.



원자 수비는 A : C=1 : 2이고 질량비는 A : C=3 : 8이므로 원자량 비는 A : C=3 : $\frac{8}{2}$=3 : 4이다.

선택지 분석

ㄱ. 원자량은 A가 C의 $\frac{3}{4}$이다.

ㄴ. 1 g에 포함된 전체 원자 수비는 AB_4 : B_2C=15 : 8이다.

ㄷ. 1몰의 질량은 화합물 AC(28)와 A_2B_4(28)가 서로 같다.

전략적 풀이 ❶ 분자를 구성하는 성분 원소의 원자 수비와 질량비로부터 원자량 비를 구하여 비교한다.

ㄱ. 원자량 비는 A : B : C=12 : 1 : 16이다. 따라서 원자량은 A가 C의 $\frac{3}{4}$이다.

❷ 분자량과 1분자당 원자 수를 이용하여 1 g에 포함된 전체 원자 수비를 구한다.

ㄴ. AB_4는 오원자 분자이고, B_2C는 삼원자 분자이며 분자량 비는 AB_4 : B_2C=16 : 18이다. 따라서 1 g에 포함된 전체 원자 수비는 $\frac{5}{16}$: $\frac{3}{18}$=15 : 8이다.

❸ 분자식에 포함된 원자들의 원자량을 모두 합하여 분자량 비를 구하고 1몰의 질량을 비교한다.

ㄷ. 분자량 비는 AC : A_2B_4=28 : 28=1 : 1이므로 AC와 A_2B_4는 분자량이 같다. 따라서 1몰의 질량도 같다.

3 꼼꼼 문제 분석

(마)에서 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$=5이고 분자식이 A_2B_5이므로 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$=3인 (라)의 분자식은 A_2B_3이다.

화합물	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
분자량	27	36	45	72	108
$\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$	2	1	4	3	5
분자식	AB	A_2B	AB_2	A_2B_3	A_2B_5

(마)의 분자량에서 (라)의 분자량을 빼면 B 원자 2개의 질량이므로 B의 원자량은 18이고, A의 원자량은 9이다. 이를 이용하여 나머지 화합물의 분자식을 결정할 수 있다.

선택지 분석

ㄱ. 원자량은 A가 B보다 크다. 작다

ㄴ. (나)와 (다)는 1분자당 원자 수가 같다.

ㄷ. 일정량의 B와 결합한 A의 질량비는 (가) : (라)=3 : 2이다.

전략적 풀이 ❶ 분자식과 분자량으로부터 원소의 원자량을 구한다.

ㄱ. A의 원자량은 9이고, B의 원자량은 18이므로 원자량은 A가 B보다 작다.

❷ $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$의 값과 분자량으로부터 분자식을 구하고 1분자당 원자 수를 비교한다.

ㄴ. (나)는 분자량이 36이고 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$=1이므로 분자식이 A_2B이고, (다)는 분자량이 45이고 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$=4이므로 분자식이 AB_2이다. 따라서 1분자당 원자 수가 3으로 같다.

❸ $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$의 값으로부터 일정량의 B와 결합한 A의 질량을 비교한다.

ㄷ. $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$은 (가)가 2이고 (라)가 3이다. 따라서 일정량의 B와 결합한 A의 질량비는 (가) : (라)=$\frac{1}{2}$: $\frac{1}{3}$=3 : 2이다.

4 꼼꼼 문제 분석

구분	반응 전	반응 후
몰비	X : B_2=4 : 3	B_2 : AB_3=1 : 4

반응 후에는 X가 남아 있지 않으므로 모두 반응하였다.

선택지 분석

ㄱ. X는 삼원자 분자이다.

ㄴ. 원자량은 A가 B의 3배이다. 2배

ㄷ. 반응 질량비는 X : B_2=4 : 1이다.

전략적 풀이 ❶ 몰비를 이용하여 화학 반응식의 계수를 구하고, X의 분자식을 결정한다.

ㄱ. 화학 반응의 전과 후에 물질의 양(mol) 변화는 다음과 같다.

$$aX(g) + bB_2(g) \longrightarrow 2AB_3(g)$$

반응 전	4	3	
반응	−4	−2	+4
반응 후	0	1	4

따라서 몰비는 X : B_2 : AB_3=2 : 1 : 2이고, 화학 반응식은 $2X(g)+B_2(g) \longrightarrow 2AB_3(g)$이며, X는 분자식이 AB_2이므로 삼원자 분자이다.

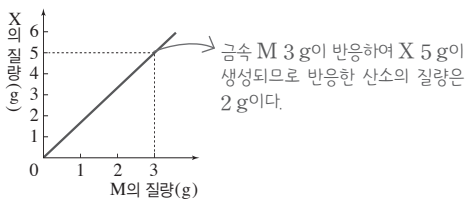
❷ 반응 질량비를 구한다.

ㄷ. $X(AB_2)$ 10.0 g이 모두 반응하여 AB_3 12.5 g이 생성되므로 반응한 B_2의 질량은 2.5 g이다. 따라서 반응 질량비는 AB_2 : B_2=4 : 1이다.

❸ 몰비와 질량비로 분자량을 구해 원자량을 파악한다.

ㄴ. 몰비는 AB_2 : B_2=2 : 1이고 질량비는 AB_2 : B_2=4 : 1이므로 분자량은 AB_2가 B_2의 2배이다. 따라서 원자량은 A가 B의 2배이다.

5 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

(ㄱ) ㄱ. X의 화학식은 MO이다.

(ㄴ) ㄴ. M의 원자량은 24이다.

(×) ㄷ. X 10 g이 생성되는 데 필요한 O_2는 $\frac{1}{4}$몰이다. $\frac{1}{8}$몰

전략적 풀이 ❶ 화학 반응식에서 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같다는 원리를 이용하여 금속 산화물 X의 화학식을 구한다.

ㄱ. 화학 반응식은 $2M(s)+O_2(g) \longrightarrow 2MO(s)$이므로 산화물 X의 화학식은 MO이다.

❷ 반응한 금속과 산소의 질량을 구한 후, 금속 M의 원자량을 구한다.

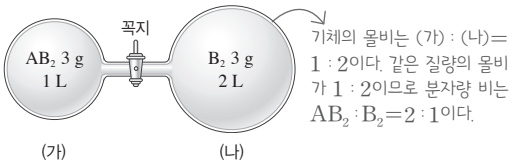
ㄴ. 금속 M 3 g은 산소(O_2) 2 g과 반응하여 MO 5 g을 생성하므로 M의 원자량을 x라고 하면 x : 16=3 g : 2 g이다. 따라서 M의 원자량(x)은 24이다.

❸ 질량비로부터 X 10 g이 생성되는 데 필요한 산소의 양을 구한다.

ㄷ. 반응 질량비는 M : O_2 : X=3 : 2 : 5이므로 X 10 g이 생성되는 데 필요한 O_2는 4 g이다. O_2의 분자량이 32이므로 필요한 O_2의 양(mol)은 $\frac{4}{32}=\frac{1}{8}$(몰)이다.

6 꼼꼼 문제 분석

이 반응의 화학 반응식은 $2AB_2(g)+B_2(g) \longrightarrow 2AB_3(g)$이다.



선택지 분석

(×) ㄱ. 꼭지를 열기 전 전체 원자 수비는 (가) : (나)=$\underset{3:4}{1:2}$이다.

(ㄴ) ㄴ. 원자량은 A가 B의 2배이다.

(×) ㄷ. 생성된 AB_3의 질량은 3.5 g이다. 3.75 g

전략적 풀이 ❶ 반응 전 기체의 몰비를 구하고, 1분자당 원자 수를 통해 전체 원자 수비를 구한다.

ㄱ. 꼭지를 열기 전 분자의 몰비는 (가) : (나)=1 : 2이고, AB_2는 삼원자 분자이고 B_2는 이원자 분자이므로 전체 원자 수비는 (가) : (나)=1×3 : 2×2=3 : 4이다.

❷ 분자량 비를 이용하여 원자량 비를 구한다.

ㄴ. 분자량 비는 AB_2 : B_2=2 : 1이므로 원자량 비는 A : B=2 : 1이다.

❸ 반응 질량비를 구하여 생성된 물질의 질량을 구한다.

ㄷ. 반응 질량비는 AB_2 : B_2=4 : 1이며, AB_2 3 g은 B_2 $\frac{3}{4}$ g과 반응하여 AB_3 $\frac{15}{4}$ g=3.75 g을 생성한다.

7 꼼꼼 문제 분석

$$C_6H_{12}O_6(s)+\underset{6}{aO_2(g)} \longrightarrow \underset{6}{bCO_2(g)}+6H_2O(l)$$

선택지 분석

(ㄱ) ㄱ. x=45이다.

(ㄴ) ㄴ. 생성된 H_2O의 질량은 27 g이다.

(ㄷ) ㄷ. 반응 후 용기 안 $\frac{CO_2\text{의 양(mol)}}{\text{전체 물질의 양(mol)}}=\frac{1}{3}$이다.

전략적 풀이 ❶ 몰비를 구하여 반응 전 포도당의 질량을 구한다.

ㄱ. 포도당의 연소 반응에 대한 화학 반응식은 다음과 같다.

$C_6H_{12}O_6(s)+6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g)+6H_2O(l)$

몰비는 포도당 : 산소=1 : 6이고, 반응한 산소 48 g은 1.5몰이다. 산소 1.5몰과 반응한 포도당은 0.25몰이며 분자량이 180이므로 질량은 0.25 mol×180 g/mol=45 g이다.

❷ 몰비를 이용하여 생성물의 질량을 구한다.

ㄴ. 포도당 0.25몰이 완전 연소하면 물 1.5몰이 생성된다. 물의 분자량이 18이므로 질량은 1.5 mol×18 g/mol=27 g이다.

❸ 반응 후 남은 산소, 생성된 이산화 탄소와 물의 양(mol)을 구하여 $\frac{CO_2의\ 양(mol)}{전체\ 물질의\ 양(mol)}$을 구한다.

ㄷ. 반응 후 산소 1.5몰이 남고, 이산화 탄소와 물이 각각 1.5몰씩 생성된다. 따라서 $\frac{CO_2의\ 양(mol)}{전체\ 물질의\ 양(mol)}=\frac{1.5}{4.5}=\frac{1}{3}$이다.

8 꼼꼼 문제 분석

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

(가)와 (다)에서 발생한 X의 부피가 같으므로 (가)에서는 A_2가 모두 소모되고, (다)에서는 B_2가 모두 소모되었음을 알 수 있다.

(가)에서 A_2 3 L가 모두 반응할 때 X 2 L가 생성되므로 A_2와 X의 부피비는 3 : 2이다. (다)에서 B_2 1 L가 모두 반응할 때 X 2 L가 생성되므로 B_2와 X의 부피비는 1 : 2이다. ➡ 부피비는 $A_2 : B_2 : X = 3 : 1 : 2$이므로 $aA_2(g)+bB_2(g) \longrightarrow 2X(g)$에서 $a=3$, $b=1$이고, X의 분자식은 A_3B이다.

선택지 분석

ㄱ. X는 삼원자 분자이다. 사원자 분자

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

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

전략적 풀이 ❶ 화학 반응식을 완성하고 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같다는 원리를 이용하여 생성물의 분자식을 구한다.

ㄱ. 화학 반응식은 $3A_2(g)+B_2(g) \longrightarrow 2X(g)$이고, X는 A_3B이며 사원자 분자이다.

❷ 화학 반응식의 계수비로부터 몰비, 부피비를 구한다.

ㄴ. 기체의 온도와 압력이 일정할 때 몰비는 부피비와 같으므로 같은 양(mol)의 A_2와 B_2를 반응시킬 때 양적 관계는 다음과 같다.

$$3A_2(g) + B_2(g) \longrightarrow 2X(g)$$

	$3A_2(g)$	$B_2(g)$	$2X(g)$
반응 전	n	n	
반응	$-n$	$-\frac{n}{3}$	$+\frac{2n}{3}$
반응 후	0	$\frac{2n}{3}$	$\frac{2n}{3}$

따라서 용기 안의 $\frac{반응\ 후\ 기체의\ 전체\ 부피}{반응\ 전\ 기체의\ 전체\ 부피}=\frac{\frac{4n}{3}}{2n}=\frac{2}{3}$이다.

❸ 실험 (나)와 (다)에서 반응 후 용기 안의 $\frac{X의\ 분자\ 수}{전체\ 분자\ 수}$를 구하여 비교한다.

ㄷ. (나)에서 A_2 12 L와 B_2 2 L를 반응시키면 A_2 6 L가 남고 X 4 L가 생성된다. (다)에서 A_2 15 L와 B_2 1 L를 반응시키면 A_2 12 L가 남고 X 2 L가 생성된다. 온도와 압력이 같을 때 기체의 분자 수는 부피에 비례하므로 반응 후 용기 안의 $\frac{X의\ 분자\ 수}{전체\ 분자\ 수}$는 (나)가 $\frac{4}{10}=\frac{2}{5}$이고, (다)가 $\frac{2}{14}=\frac{1}{7}$이다. 즉, (나)>(다)이다.

9 꼼꼼 문제 분석

(가) NaOH 4 g을 100 mL의 증류수에 녹인다. → $\frac{4\ g}{40\ g/mol}=0.1\ mol$

(나) (가)의 수용액을 1 L 부피 플라스크에 넣고 눈금선까지 증류수를 넣는다. → $\frac{0.1\ mol}{1\ L}=0.1\ M$

선택지 분석

ㄱ. (가) 수용액의 몰 농도는 1 M보다 크다. 작다

ㄴ. (나) 수용액의 몰 농도는 0.1 M이다.

ㄷ. (나) 수용액 10 g에 포함된 NaOH은 $\frac{1}{1000}$몰이다.

전략적 풀이 ❶ 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 몰 농도를 판단한다.

ㄱ. NaOH 0.1몰을 100 mL의 물에 녹이면 수용액의 부피는 100 mL보다 크다. 따라서 (가) 수용액의 몰 농도는 1 M보다 작다.

❷ 수용액의 부피와 용질의 양(mol)으로부터 몰 농도를 구한다.

ㄴ. (나) 수용액의 부피는 1 L이고 녹아 있는 NaOH의 양(mol)은 0.1 mol이다. 따라서 몰 농도는 $\frac{0.1\ mol}{1\ L}=0.1\ M$이다.

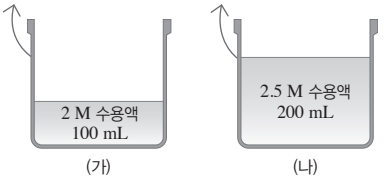
❸ 수용액의 밀도와 질량으로부터 부피를 구하고, 몰 농도와 수용액의 부피를 곱하여 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구한다.

ㄷ. (나) 수용액의 밀도가 1 g/mL이므로 10 g의 부피는 10 mL이다. (나) 수용액의 몰 농도가 0.1 M이므로 (나) 수용액 10 g에 포함된 NaOH은 $0.1\ M \times 0.01\ L = \frac{1}{1000}$ mol이다.

10 꼼꼼 문제 분석

2 M 수용액 100 mL에 녹아 있는 X의 양은 2 M × 0.1 L = 0.2 mol이다.

2.5 M 수용액 200 mL에 녹아 있는 X의 양은 2.5 M × 0.2 L = 0.5 mol이다.



선택지 분석

ㄱ. (가)에 녹아 있는 X의 양(mol)은 2몰이다. 0.2몰

ㄴ. (나)에 녹아 있는 X의 질량은 50 g이다.

ㄷ. (가)와 (나)를 1 : 1의 부피비로 혼합한 용액의 몰 농도는 4.5 M이다. 2.25 M

전략적 풀이 ❶ 수용액 (가)의 몰 농도와 부피를 곱하여 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구한다.

ㄱ. (가)에 녹아 있는 X의 양은 $2\ M \times 0.1\ L = 0.2\ mol$이다.

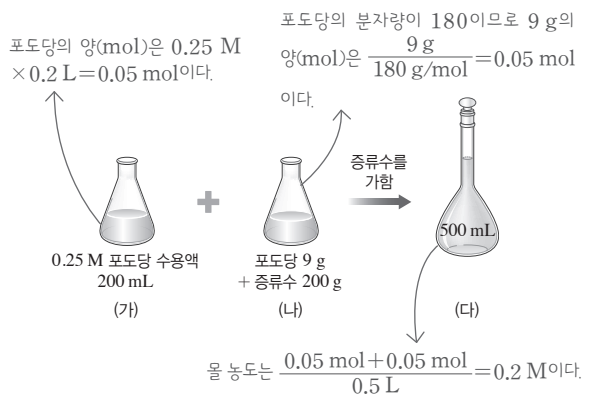
❷ 수용액 (나)에 녹아 있는 X의 양(mol)을 구하고, 화학식량을 이용하여 질량을 구한다.

ㄴ. (나)에 녹아 있는 X의 양은 $2.5\ M \times 0.2\ L = 0.5\ mol$이고 X의 화학식량이 100이므로 녹아 있는 X의 질량은 $0.5\ mol \times 100\ g/mol = 50\ g$이다.

❸ 서로 다른 용액을 혼합할 때 녹아 있는 용질의 전체 양(mol)과 혼합 용액의 부피로부터 혼합 용액의 몰 농도를 구한다.

ㄷ. (가)와 (나)를 1 : 1의 부피비로 혼합할 때 (가) 100 mL와 (나) 100 mL를 혼합했다면 혼합 용액의 전체 부피는 200 mL이고, (가)에 포함된 X의 양(mol)은 0.2 mol이며 (나)에 포함된 X의 양(mol)은 $2.5\ M \times 0.1\ L = 0.25\ mol$이다. 따라서 혼합 용액의 몰 농도는 $\frac{0.2\ mol + 0.25\ mol}{0.2\ L} = 2.25\ M$이다.

11 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ 녹아 있는 포도당 분자 수는 (가)와 (나)가 같다.

㉡ 수용액의 몰 농도는 (가)와 (나)가 같다. (가)>(나)

㉢ 수용액 (다)의 몰 농도는 0.2 M이다.

전략적 풀이 ❶ 수용액의 몰 농도와 부피를 곱하여 녹아 있는 포도당의 양(mol)을 비교한다.

ㄱ. 수용액 (가)와 (나)에서 녹아 있는 포도당의 양(mol)이 0.05몰로 같으므로 녹아 있는 포도당 분자 수는 (가)와 (나)가 같다.

❷ 같은 양의 용질을 증류수에 녹여 전체 부피를 200 mL로 만든 경우와 증류수 200 mL에 넣어 녹인 경우의 몰 농도를 비교한다.

ㄴ. 수용액의 밀도가 (가)>(나)이므로 같은 양의 수용액에 녹아 있는 포도당의 양은 (가)>(나)이다. 또, (나)에서 증류수 200 g에 포도당 0.05몰을 녹이면 용액의 전체 부피는 200 mL보다 크므로 수용액의 몰 농도는 (가)가 (나)보다 크다.

❸ 혼합 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)과 용액의 부피를 이용하여 몰 농도를 구한다.

ㄷ. (가)에 포함된 포도당이 0.05몰이고, (나)에 포함된 포도당이 0.05몰이며, 혼합 용액 (다)의 전체 부피가 500 mL이므로 (다)의 몰 농도는 $\frac{0.05\ mol + 0.05\ mol}{0.5\ L} = 0.2\ M$이다.

12 꼼꼼 문제 분석

(가) 시판되는 12 M 염산을 준비한다.

(나) 피펫을 이용하여 12 M 염산 [A] mL를 1 L [B]에 넣는다.

A → $12\ M \times x\ mL = 0.5\ M \times 1000\ mL$, $x = \frac{500}{12} = \frac{125}{3}\ (mL)$

B → 부피 플라스크

(다) 증류수를 [B]의 눈금선까지 채운 후 잘 섞는다.

B → 부피 플라스크

선택지 분석

㉠ A는 $\frac{125}{3}$이다.

㉡ B는 부피 플라스크이다.

㉢ 0.5 M 염산 1 L에 포함된 물의 질량은 $\frac{1000d - 0.5a}{1000}$ kg이다.

전략적 풀이 ❶ 진한 염산에 증류수를 가하여 희석할 때 녹아 있는 HCl의 양(mol)은 변하지 않는다는 것을 이용하여 필요한 진한 염산의 부피를 구한다.

ㄱ. 12 M 염산을 0.5 M 염산으로 희석할 때 용액에 포함된 HCl의 양(mol)은 변하지 않는다. 필요한 12 M 염산의 부피를 x mL라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$12\ M \times x\ mL = 0.5\ M \times 1000\ mL$

$x = \frac{500}{12} = \frac{125}{3}\ (mL)$

❷ 특정한 몰 농도의 용액을 제조할 때 사용하는 실험 기구를 판단한다.

ㄴ. 12 M 염산을 필요한 부피만큼 취한 후 증류수를 가하여 0.5 M 염산 1 L를 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다.

❸ 0.5 M 염산의 부피에 밀도를 곱하여 용액의 질량을 구하고, 용질의 질량을 빼서 용매인 물의 질량을 구한다.

ㄷ. 0.5 M 염산 1 L의 질량은 밀도×부피$= d\ g/mL \times 1000\ mL = 1000d\ g$이다.

0.5 M 염산 1 L에 포함된 HCl는 0.5몰이고, HCl의 분자량은 a이므로 질량은 $0.5a$ g이다.

따라서 물의 질량은 $\frac{1000d - 0.5a}{1000}$ kg이다.

Ⅱ. 원자의 세계

1 원자의 구조

01 원자의 구조

개념 확인 문제 67쪽

❶ 음극선 ❷ (+) ❸ (−) ❹ 전자 ❺ (+) ❻ 원자핵
❼ 톰슨 ❽ 러더퍼드 ❾ 양성자 ❿ 중성자

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **2** (1) ㉢ (2) ㉠ (3) ㉣ (4) ㉡
3 (1) a (2) 원자핵 **4** (가) 원자핵 (나) 전자 (다) 중성자

1 (1) 음극선은 (−)전하를 띠므로 전기적 인력에 의해 (+)극 쪽으로 휜다.
(2) 음극선은 직진하는 성질이 있으므로 음극선이 지나는 길에 장애물을 설치하면 그림자가 생긴다.
(3) 음극선은 질량이 있어 힘이 작용할 수 있으므로 바람개비가 회전할 수 있다.
(4) 음극선이 지나는 길에 자석을 가까이 가져가면 자기장에 의해 전기장이 유도되어 음극선이 휜다.

2 (1) 원자핵은 원자의 중심에 존재하며 (+)전하를 띠는 입자로 알파(α) 입자를 산란시킨다.
(2) 양성자는 수소 원자가 전자를 잃어 형성되는 입자로 양극선을 이룬다.
(3) 중성자는 베릴륨 원자핵에 알파(α) 입자를 충돌시킬 때 방출되는 전하를 띠지 않는 입자로 가장 늦게 발견되었다.
(4) 전자는 음극선을 이루는 입자이며, (−)전하를 띤다.

3 (1) 알파(α) 입자는 대부분 원자를 통과하므로 a 위치에 가장 많이 도달한다. 이는 원자의 대부분이 빈 공간이기 때문이다.
(2) 알파(α) 입자가 원자핵에 부딪혀 90° 이상의 큰 각도로 튕겨져 나오면 c 위치에서 발견된다.

4 알파(α) 입자 산란 실험으로 원자핵이 발견되었고, 음극선 실험으로 전자가 발견되었으며, 베릴륨 원자핵에 알파(α) 입자를 충돌시키는 실험으로 중성자가 발견되었다.

개념 확인 문제 70쪽

❶ 중성자 ❷ 전자 ❸ −1 ❹ 0 ❺ 양성자수 ❻ 전자 수
❼ 중성자수 ❽ b ❾ b ❿ $a-b$ ⓫ 동위 원소

1 (1) ○ (2) ○ (3) × **2** (가) 1 (나) 0 (다) −1 **3** (1) D (2) A와 B (3) B와 C (4) D, (+)전하 **4** ㉠ 11, ㉡ 12, ㉢ 10
5 ㄷ, ㄹ **6** 11.5

1 (1) 원자핵은 양성자로 인해 (+)전하를 띤다.
(2) 전자의 질량은 양성자와 중성자에 비해 무시할 수 있을 정도로 매우 작으므로 양성자와 중성자로 구성된 원자핵이 원자 질량의 대부분을 차지한다.
(3) 원자에서 원자핵은 매우 좁은 공간에 밀집되어 중심에 위치하고 전자가 원자의 대부분의 공간을 차지한다.

2 (가) 중성자의 질량은 양성자의 질량과 거의 같으므로 중성자의 상대적인 질량은 1이다.
(나) 중성자는 전하를 띠지 않으므로 중성자의 상대적인 전하량은 0이다.
(다) 전자는 양성자가 띠는 전하량과 크기는 같고 부호가 반대이므로 전자의 상대적인 전하량은 −1이다.

3 (1) 원자핵의 전하량이 가장 큰 것은 양성자수가 가장 큰 D이다.
(2) 동위 원소는 양성자수는 같고 중성자수가 다른 원소이므로 A와 B이다.
(3) 질량수=양성자수+중성자수이고, B와 C는 질량수가 16으로 같다.
(4) 이온은 양성자수와 전자 수가 다르다. D는 전자 수가 양성자수보다 1 작으므로 전자 1개를 잃고, (+)전하를 띠는 양이온이다.

4 $^{23}_{11}Na^{+}$에서 원자 번호가 11이므로 양성자수는 11이고, 질량수가 23이므로 중성자수는 23−11=12이다.
$^{23}_{11}Na^{+}$은 $^{23}_{11}Na$이 전자 1개를 잃은 양이온이므로 $^{23}_{11}Na^{+}$의 전자수는 11−1=10이다.

5 ㄱ, ㄷ. 원자는 양성자수와 전자 수가 같다. 전자 수가 2이므로 🔴이 양성자이고, 원자 번호는 2이다.
ㄴ. 양성자수가 2, 중성자수가 1이므로 질량수는 3이다.
ㄹ. 원자이므로 양성자(🔴)와 전자(⊖)의 전하량의 절댓값은 같다.

6 평균 원자량은 $\frac{10\times1+12\times3}{4}=11.5$이다.

대표 자료 분석

71쪽

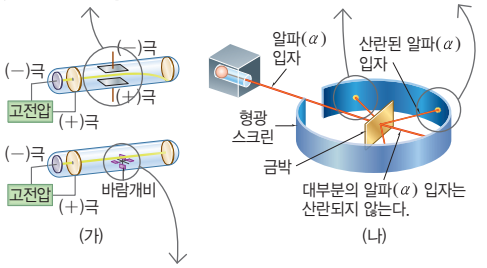
자료 1 **1** (가) 전자 (나) 원자핵 **2** 톰슨: ㄷ, 러더퍼드: ㅁ
3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

자료 2 **1** 15 **2** W와 X **3** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) ○ (7) × (8) × (9) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석

음극선이 지나는 길에 전기장을 걸어 주면 음극선이 (+)극 쪽으로 휜다.
➡ 음극선은 (−)전하를 띤다.

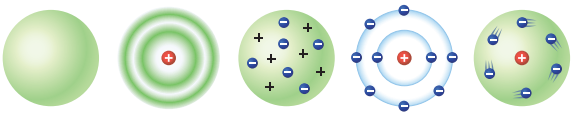
(+)전하를 띠는 알파(α) 입자가 원자핵 근처를 지나면 원자핵의 (+)전하와 반발하여 진로가 크게 휜다.



음극선이 지나는 길에 바람개비를 놓아두면 바람개비가 회전한다.
➡ 음극선은 질량을 가진 입자이다.

(가) 음극선 실험에서 발견된 입자는 전자이고, (나) 알파(α) 입자 산란 실험에서 발견된 입자는 원자핵이다.

1-2 톰슨은 전체적으로 (+)전하를 띠는 푸딩과 같은 구형 물체에 (−)전하를 띠는 전자가 건포도처럼 박혀 있는 원자 모형(ㄷ)을 제시하였고, 러더퍼드는 (+)전하를 띠는 원자핵이 중심에 있고, 그 주위를 전자가 움직이고 있는 원자 모형(ㅁ)을 제시하였다.



1-3 (1) (가)의 첫 번째 실험에서 음극선이 (+)극 쪽으로 휘는 것으로부터 음극선은 반대 전하인 (−)전하를 띤다는 것을 알 수 있다.
(2) 질량을 가지고 있어야 힘이 작용할 수 있으므로, (가)의 두 번째 실험에서 바람개비가 회전하는 것으로 보아 음극선이 질량을 가진 입자라는 것을 알 수 있다.
(3) (가)에서 발견된 전자는 원자핵에 비해 무시할 수 있을 정도로 질량이 작다.
(4) (나)에서 발견된 원자핵은 (+)전하를 띤다.
(5) 대부분의 알파(α) 입자가 방해를 받지 않고 금박을 통과하는 것으로부터 원자는 대부분 빈 공간이라는 것을 알 수 있다.

2-1 꼼꼼 문제 분석

양성자수가 7로 같으므로 동위 원소이고, 서로 화학적 성질이 같다.

중성자수 = 질량수 − 양성자수
➡ W, X, Y^+, Z^{2-}의 중성자수는 각각 7, 8, 12, 8이다.

원자 또는 이온	양성자수	질량수	전자 수
W	7	14	7
X	7	15	(a)
Y^+	11	23	10
Z^{2-}	(b)	16	10

원자 번호와 원자량이 가장 크다.

Z^{2-}은 Z가 전자 2개를 얻은 음이온이므로 양성자수는 8이다.

X는 원자이므로 전자수는 양성자수와 같은 7이다.

원자는 양성자수와 전자 수가 같으므로 X의 전자 수 a는 양성자수와 같은 7이다. Z^{2-}은 Z가 전자 2개를 얻어 생성된 음이온이므로 Z의 전자 수는 8이다. 따라서 원자 Z의 양성자수 b는 16−8=8이고, $a+b=7+8=15$이다.

2-2 동위 원소는 양성자수(원자 번호)는 같지만 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소이므로 W와 X가 동위 원소이다.

2-3 (1) 원자 번호는 양성자수와 같으므로 양성자수가 가장 큰 Y의 원자 번호가 가장 크다. 원자가 이온이 될 때 전자 수만 변하므로 원자인 Y와 이온인 Y^+의 양성자수는 같다.

원자 또는 이온	양성자수	질량수	전자 수	중성자수
W	7	14	7	7
X	7	15	7	8
Y^+	11	23	10	12
Z^{2-}	8	16	10	8

(2) 중성자수 = 질량수 − 양성자수이므로 X와 Z의 중성자수는 8로 같다.
(3) W와 X는 양성자수가 같으므로 원자 번호가 같다.
(4) W와 X는 동위 원소이므로 화학적 성질이 같다.
(5) 질량수가 클수록 원자량이 크므로 질량수가 가장 큰 Y의 원자량이 가장 크다. Y^+은 Y가 전자 1개를 잃은 양이온이지만 전자는 원자 질량에 거의 영향을 미치지 않으므로 원자량은 변하지 않는다.
(6) Y^+은 Y가 전자 1개를 잃어 생성된 이온이므로 Y의 전자 수는 11이고, Z^{2-}은 Z가 전자 2개를 얻어 생성된 이온이므로 Z의 전자 수는 8이다.
(7) 중성자수 = 질량수 − 양성자수이므로 Y가 12로 가장 크다.
(8) W는 양성자수가 7이고 질량수가 14이므로 $^{14}_{7}W$로 나타내야 한다.
(9) W와 X는 동위 원소이므로 화학적 성질이 같으며, 이들이 같은 원소인 Z와 결합한 화합물의 화학적 성질은 같다.

내신 만점 문제

72쪽~75쪽

01 ④	02 ④	03 ③	04 ②	05 해설 참조	06 ②
07 ⑤	08 ⑤	09 ①	10 ①	11 ③	12 ③
13 ④	14 ④	15 ②	16 ⑤	17 ①	18 해설 참조
19 ①					

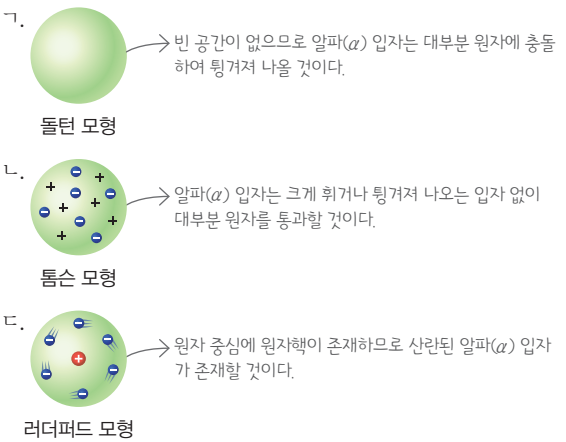
01 ㄴ. 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이므로 바람개비에 힘을 작용하여 바람개비가 회전한다.
ㄷ. 음극선은 직진하는 성질이 있기 때문에 장애물의 그림자가 생긴다.
바로알기 ㄱ. 음극선은 (−)전하를 띠고 있기 때문에 (+)극 쪽으로 휜다.

02 (가)로부터 음극선이 (−)전하를 띤다(ㄴ)는 것을 알 수 있고, (나)로부터 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름(ㄷ)이라는 것을 알 수 있으며, (다)로부터 음극선은 직진하는 성질(ㄱ)이 있다는 것을 알 수 있다.

[03~05] 꼼꼼 문제 분석

03 **바로알기** ㄷ. 원자핵이 양성자와 중성자로 이루어져 있다는 것은 다른 실험에 의해 밝혀졌다.

04 꼼꼼 문제 분석



ㄷ. 주어진 실험은 원자핵이 발견된 알파(α) 입자 산란 실험이므로 같은 결과를 나타내기 위해서는 원자 중심에 원자핵이 존재해야 한다. 원자핵이 존재하는 모형은 ㄷ뿐이다.
바로알기 ㄱ. 돌턴의 원자 모형으로, 빈 공간이 없으므로 알파(α) 입자는 대부분 원자에 충돌하여 튕겨져 나올 것이다.
ㄴ. 톰슨의 원자 모형으로, (+)전하와 (−)전하가 분산되어 있고, 질량이 밀집된 부분이 없으므로 크게 휘거나 튕겨져 나오는 입자 없이 모든 알파(α) 입자가 원자를 통과할 것이다.

05 원자 번호가 13인 알루미늄은 79인 금에 비해 양성자수와 중성자수가 $\frac{1}{6}$ 정도이기 때문에 원자핵의 크기, 질량, 전하량도 작다. 따라서 알루미늄을 사용하면 그대로 통과하는 알파(α) 입자의 수는 금을 사용할 때보다 증가하고, 크게 휘거나 튕겨져 나오는 입자의 수는 금을 사용할 때보다 감소할 것이다.
모범답안 알루미늄박을 통과하는 입자의 수는 금박보다 증가하고, 크게 휘거나 튕겨져 나오는 입자의 수는 금박보다 감소할 것이다.

채점 기준	배점
입자의 진로를 입자 수 증감으로 옳게 서술한 경우	100 %
입자의 진로를 옳게 서술하지 못한 경우	0 %

06 (가)는 톰슨의 음극선 실험으로 이 실험에서 발견된 입자 A는 전자이고, (나)는 러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험으로 이 실험에서 발견된 입자 B는 원자핵이다.
ㄴ. A(전자)는 알파(α) 입자에 비해 질량이 무시할 수 있을 정도로 작고, 분산되어 있기 때문에 알파(α) 입자의 진로에 거의 영향을 주지 않는다.
바로알기 ㄱ. 원자에서 A(전자)는 원자의 종류에 따라 개수가 달라지고, A의 개수는 B(원자핵)에 포함된 양성자수와 같다.
ㄷ. B(원자핵)는 원자 크기에 비해 매우 작은 공간을 차지한다.

07 (가)는 전자, (나)는 양성자, (다)는 원자핵, (라)는 중성자이다.
ㄱ. 전자는 (−)전하를 띠고 질량을 가진다.
ㄴ. 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다.
ㄷ. 중성자는 전하를 띠지 않기 때문에 존재를 알아내기 어려워 원자의 구성 입자 중 가장 늦게 발견되었다.

08 꼼꼼 문제 분석

질량이 비슷하므로 (가)와 (나)는 양성자와 중성자 중 하나이다.
(+)전하를 띠므로 (가)는 양성자이다.

구성 입자	질량(g)	전하량(C)
(가)	1.673×10^{-24}	$+1.6\times10^{-19}$
(나)	1.675×10^{-24}	0 → 중성자
(다)	9.109×10^{-28}	-1.6×10^{-19}

(−)전하를 띠므로 (다)는 전자이다.

ㄱ. (가)는 양성자, (나)는 중성자이므로 (가)와 (나)는 원자핵을 구성하는 입자이다.

ㄴ. 원자에서 양성자수와 전자 수는 같으므로 양성자인 (가)와 전자인 (다)의 수는 같다.

ㄷ. 원자핵의 전하량($+1.6\times10^{-18}$ C)이 양성자 1개가 띠는 전하량의 10배이므로 X의 양성자수는 10이고, 중성자수=질량수−양성자수=20−10=10이다.

09 ㄱ. 원자핵의 전하량($+1.76\times10^{-18}$ C)이 양성자 1개가 띠는 전하량의 11배이므로 X의 양성자수는 11이다.

바로알기 ㄴ. 질량수=양성자수+중성자수=11+12=23이다.

ㄷ. 양성자수가 11인데 전자 수가 10이므로 전자 1개를 잃은 상태로, X는 (+)전하를 띤다.

10 A는 전자이고, 원자는 양성자수와 전자 수가 같으므로 B는 양성자, C는 중성자이다.

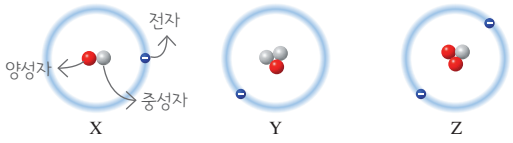
ㄱ. 질량수=양성자수+중성자수=2+1=3이다.

바로알기 ㄴ. A(전자)의 질량은 B(양성자)의 질량에 비해 무시할 수 있을 정도로 작다.

ㄷ. 알파(α) 입자 산란 실험에서 발견된 입자는 원자핵이고, 원자핵을 구성하는 입자인 양성자와 중성자의 존재는 이후에 발견되었다.

11 꼼꼼 문제 분석

X~Z는 원자이므로 양성자수와 전자 수가 같아야 한다.



원자	양성자수	중성자수	질량수	전자 수
X	1	1	②	1
Y	1	2	3	1
Z	2	1	③	2

양성자수는 같고, 중성자수가 달라 질량수가 다르므로 동위 원소이다. ➡ 화학적 성질이 같다.

질량수비는 X : Z=2 : 3이다.

ㄱ. 원자는 양성자수와 전자 수가 같으므로 ●은 양성자, ●은 중성자, ⊖은 전자이다.

ㄴ. X와 Y는 양성자수는 같고 중성자수가 다른 동위 원소이므로 화학적 성질이 같다.

바로알기 ㄷ. 질량수=양성자수+중성자수이므로 질량수는 X가 2, Z가 3이고, 질량수비는 X : Z=2 : 3이다.

12 원자에서 양성자수와 전자 수는 항상 같으므로 세 원자에서 그 수가 같은 a와 c는 각각 양성자와 전자 중의 하나이며, 어떤 것이 양성자인지는 알 수 없다. b는 중성자이다.

ㄱ. 질량수=양성자수+중성자수이므로 Y와 Z는 질량수가 3으로 같다.

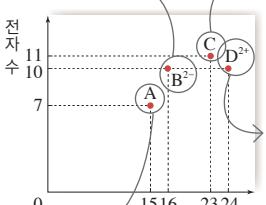
ㄴ. X와 Y는 양성자수는 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다. 따라서 화학적 성질이 같다.

바로알기 ㄷ. 원자핵을 구성하는 입자는 양성자와 중성자이다. a와 c는 각각 양성자와 전자 중의 하나이므로, a와 c 중 하나는 원자핵을 구성하는 입자가 아니다.

13 꼼꼼 문제 분석

전자 2개를 얻어 생성된 음이온이므로 양성자수는 8로 ${}_8O^{2-}$이다.

원자이므로 양성자수는 전자 수와 같은 11이고 중성자수=질량수−양성자수=23−11=12이다.



전자 2개를 잃고 생성된 양이온이므로 양성자수는 12(${}_{12}Mg$)이고 중성자수=질량수−양성자수=24−12=12이다.

전자 수가 7이므로 양성자수도 7이다. 따라서 ${}_7N$이다.

ㄴ. C와 D의 중성자수는 12로 같다.

ㄷ. 원자 번호는 A가 7, B가 8, C가 11, D가 12이다.

바로알기 ㄱ. A와 B는 양성자수가 각각 7, 8이므로 동위 원소가 아니다.

14 X^{2-}은 X가 전자 2개를 얻어 생성된 이온이므로 X의 양성자수(a)는 전자 수보다 2 작은 8이다. Y^+은 Y가 전자 1개를 잃고 생성된 이온이므로 전자 수(b)는 양성자수보다 1 작은 10이다. Z는 원자이므로 전자 수(c)는 양성자수(b)와 같은 10이다. 따라서 $a+b+c=28$이다.

15 원자에서 양성자수는 전자 수와 같으므로 $\frac{\text{중성자수}}{\text{전자 수}}$는 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}}$와 같다. 따라서 원자 X~Z의 양성자수와 중성자수는 표와 같다.

원자	X	Y	Z
양성자수	6	6	7
중성자수	6	8	7

ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 것은 양성자수가 가장 큰 Z이다.

바로알기 ㄱ. 중성자수는 Y가 Z보다 크다.

ㄷ. Y와 Z는 양성자수가 다르므로 화학적 성질이 다르다.

16 ⑤ 질량수=양성자수+중성자수이고 두 원자는 질량수가 14로 같다.

바로알기 ①, ② 두 원자는 서로 다른 원자이므로 양성자수와 전자 수가 다르다.

③ 두 원자는 질량수가 같지만 양성자수가 다르므로 중성자수도 다르다.

④ 서로 다른 원자이므로 화학적 성질이 다르다.

17 ${}_{a}^{b}\mathrm{X}$ • a: 양성자수=원자 번호=원자의 전자 수 • b: 질량수 • $b-a$: 중성자수

ㄱ. a는 원자 번호이고 양성자수와 같다.

바로알기 ㄴ. 질량수(b)는 양성자수(a)에 중성자수를 더한 값이므로 양성자수(a)와 같거나 크다.

ㄷ. 양성자수(a)가 같고 질량수(b)가 다른 원소가 동위 원소이다.

18 원자량이 10인 원소 X의 존재 비율이 80 %이고, 원자량이 11인 원소 X의 존재 비율이 20 %이므로 평균 원자량은 다음과 같이 구한다.

모범답안 평균 원자량 $=\frac{10\times80+11\times20}{100}=10.2$

채점 기준	배점
계산식과 답을 옳게 쓴 경우	100 %
계산식을 정확히 썼으나 계산 실수로 답이 틀린 경우	50 %
답만 옳게 쓴 경우	30 %

19 꼼꼼 문제 분석

동위 원소는 양성자수는 같지만 중성자수가 달라 질량수가 다른 원소이다.

동위 원소	원자량	평균 원자량
(가)	a	$a+0.5$
(나)	$a+2$	

(나)의 존재 비율을 x %라고 하면 (가)의 존재 비율은 $(100-x)$ %이다.

평균 원자량 $=\frac{a\times(100-x)+(a+2)\times x}{100}=a+0.5$

$\rightarrow x=25$

따라서 (가)의 존재 비율은 75 %이다.

ㄱ. 동위 원소 (나)의 존재 비율을 x %라고 하면, (가)의 존재 비율은 $(100-x)$ %이다.

따라서 평균 원자량은 $\frac{a\times(100-x)+(a+2)\times x}{100}=a+0.5$

이고, 식을 풀면 x는 25이므로 (가)의 존재 비율은 75 %이다.

바로알기 ㄴ. 동위 원소의 중성자수는 서로 다르다.

ㄷ. X의 평균 원자량이 $a+0.5$이므로 HX의 분자량은 $a+1.5$이다.

02 원자 모형과 전자 배치

78쪽

완자쌤 비법특강 Q1 (가) b (나) g Q2 해설 참조

Q1 수소 원자의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지는 진동수에 비례하고, 파장에 반비례한다.

$E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}$ (h: 플랑크 상수, ν: 진동수, λ: 파장)

방출되는 빛의 진동수가 가장 큰 전자 전이는 에너지가 가장 큰 b이고, 파장이 가장 긴 전자 전이는 에너지가 가장 작은 g이다.

Q2 수소 원자에서 주 양자수(n)가 클수록 에너지 준위가 높아지고 이웃한 두 전자 껍질의 에너지 차이가 작아진다. 따라서 수소 원자의 스펙트럼 계열에서도 파장이 짧은 쪽(에너지가 큰 쪽)으로 갈수록 선의 간격이 좁아진다.

모범답안 주 양자수(n)가 클수록 에너지 준위가 높아지고, 이웃한 두 전자 껍질의 에너지 차이가 작아지기 때문이다.

채점 기준	배점
주 양자수의 크기와 전자 껍질 사이의 에너지 차이 관계를 옳게 서술한 경우	100 %
에너지가 클수록 파장이 짧다고만 서술한 경우	50 %

개념 확인 문제

79쪽

❶ 불연속 ❷ 전자 껍질 ❸ K ❹ L ❺ M ❻ N ❼ n^2 ❽ 바닥상태 ❾ 들뜬상태 ❿ 자외선 ⓫ 1 ⓬ 가시광선 ⓭ 2 ⓮ 적외선 ⓯ 3

1 ㄷ **2** (1) (가) 라이먼 계열, 자외선 (나) 발머 계열, 가시광선 (다) 파셴 계열, 적외선 (2) (다) **3** (1) ○ (2) ○ (3) × **4** (1) ○ (2) × (3) ○

1 ㄱ. 바닥상태는 원자가 가장 낮은 에너지를 가지는 안정한 상태, 즉 전자가 K 전자 껍질($n=1$)에 있을 때의 상태이다.

ㄴ. 적외선은 $n\geq4$ → $n=3$으로 전자가 전이할 때 방출되는데, 전자가 M 전자 껍질($n=3$)에 있으므로 적외선은 방출될 수 없다.

ㄷ. 전자가 $n=3$인 M 전자 껍질에 있으므로 전자가 M 전자 껍질에서 K 전자 껍질로 전이하는 경우, M 전자 껍질에서 L 전자 껍질로 전이한 후 다시 L 전자 껍질에서 K 전자 껍질로 전이하는 3가지 전자 전이가 가능하기 때문에 3가지 빛이 방출될 수 있다.

2 (1) (가) 전자 전이가 $n \geq 2 \rightarrow n=1$로 일어나므로 라이먼 계열에 해당하고 자외선을 방출한다.
(나) 전자 전이가 $n \geq 3 \rightarrow n=2$로 일어나므로 발머 계열에 해당하고 가시광선을 방출한다.
(다) 전자 전이가 $n \geq 4 \rightarrow n=3$으로 일어나므로 파셴 계열에 해당하고 적외선을 방출한다.
(2) 스펙트럼의 오른쪽으로 갈수록 빛의 파장이 길다. 파장은 에너지와 반비례하므로 스펙트럼의 가장 오른쪽에는 에너지가 가장 작은 (다)의 빛들이 나타난다.

3 (1) 전자가 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로 전이할 때 에너지가 흡수되므로 에너지를 흡수하는 경우는 d 1가지이다.
(2) c는 $n=2 \rightarrow n=1$의 전자 전이이므로 $E_c=\frac{3k}{4}$이고, e는 $n=\infty \rightarrow n=2$의 전자 전이이므로 $E_e=\frac{k}{4}$이다.
따라서 방출되는 빛에너지의 비는 c : e = 3 : 1이다.
(3) 빛의 파장은 에너지와 반비례하므로 가장 큰 에너지의 빛을 방출하는 a에서 가장 짧은 파장의 빛이 방출된다.

4 (1) 주어진 선 스펙트럼은 빨강, 보라 등의 색이 있으므로 가시광선 영역의 선 스펙트럼이다. 따라서 $n \geq 3 \rightarrow n=2$로 전자가 전이할 때 방출된다.
(2) 파장이 b가 a보다 길기 때문에 에너지는 b가 a보다 작다.
(3) 수소의 스펙트럼이 불연속적인 선으로 나타나는 까닭은 수소 원자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다. 만약 수소 원자의 에너지 준위가 연속적이라면 연속 스펙트럼이 나타나야 한다.

개념 확인 문제

83쪽

❶ 오비탈 ❷ s ❸ 없다 ❹ p ❺ 있다 ❻ 에너지 준위 ❼ 모양 ❽ 0, 1 ❾ $-1, 0, +1$ ❿ $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$

1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ **2** ㄷ **3** (1) × (2) ○ (3) × (4) × **4** (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) × **5** ㉠ 1, ㉡ 2, ㉢ $-1, 0, +1$, ㉣ $-1, 0, +1$, ㉤ $-2, -1, 0, +1, +2$

1 (1) 현대의 원자 모형은 전자의 위치와 운동을 정확히 알 수 없기 때문에 전자가 특정 위치에서 발견될 확률로 나타낸다. 오비탈은 원자핵 주위에서 전자가 존재할 수 있는 공간을 확률 분포로 나타낸 것이다.
(2) L 전자 껍질에는 s, p 2종류의 오비탈만 존재할 수 있다.
(3) s 오비탈은 공 모양의 오비탈이다. s 오비탈의 방위 양자수(l)는 0이므로 자기 양자수(m_l)도 0이다.
(4) p 오비탈은 원자핵으로부터의 방향에 따라 전자가 발견될 확률이 달라지므로 방향성이 있고, $n=2$인 전자 껍질부터 존재한다.

2 ㄱ, ㄴ. 점은 밀도에 따라 전자가 발견될 확률을 나타내는 것이지, 전자 1개를 나타내는 것이 아니다. ㉡에서보다 ㉠에서 전자를 발견할 확률이 높다.
ㄷ. s 오비탈은 공 모양으로 대칭이므로 원자핵으로부터의 방향이 다르더라도 거리만 같으면 전자가 발견될 확률이 같다.

3 (1) 주 양자수(n)는 전자 껍질을 나타내므로 $2s$, $2p$ 오비탈과 같이 주 양자수(n)가 같더라도 오비탈의 모양이 다를 수 있다.
(2) 양자수는 전자의 상태를 나타내기 위한 것으로 같은 상태를 갖는 전자는 존재하지 않기 때문에 4가지 양자수가 모두 같은 전자는 존재하지 않는다.
(3) 방위 양자수(l)는 오비탈의 모양(s, p, d, f)을 결정하고, 주 양자수(n)는 오비탈의 에너지를 결정한다.
(4) 스핀 자기 양자수(m_s)는 다른 양자수와 관계없이 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 2가지 값만 가질 수 있다.

4 (1) (가)는 $2s$, (나)는 $2p_x$, (다)는 $2p_y$, (라)는 $2p_z$ 오비탈이다.
(2) 방향성이 없는 오비탈은 s 오비탈인 (가) 1가지이다.
(3) 1개의 오비탈에 들어갈 수 있는 전자 수는 오비탈의 모양에 관계없이 2이다.
(4) 방위 양자수(l)는 오비탈의 모양을 결정하므로 같은 p 오비탈인 (나), (다), (라)의 방위 양자수(l)는 같다.
(5) 오비탈 경계면 밖에서 전자를 발견할 확률은 10 %이다.

5 전자 껍질에 따른 양자수와 오비탈의 관계는 다음과 같다.

전자 껍질	K	L		M		
주 양자수(n)	1	2		3		
방위 양자수(l)	0	0	1	0	1	2
오비탈	$1s$	$2s$	$2p$	$3s$	$3p$	$3d$
자기 양자수(m_l)	0	0	$-1, 0, +1$	0	$-1, 0, +1$	$-2, -1, 0, +1, +2$
오비탈 수(n^2)	1	1	3	1	3	5

개념 확인 문제

86쪽

❶ 쌓음 ❷ 파울리 배타 ❸ 2 ❹ 훈트 ❺ 홀전자 ❻ 원자가 전자 ❼ 비활성 기체

1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ **2** (가) 훈트 규칙 (나) 쌓음 원리 (다) 파울리 배타 원리 **3** (1) $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$ (2) $1s^2 2s^2 2p^6$ (3) $1s^2 2s^2 2p^6$ (4) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ **4** (1) 2 (2) 6 (3) 2 (4) 5 **5** (1) B, C, D (2) B, E (3) C (4) D (5) C, D, E

1 (1) 1개의 오비탈에는 스핀 방향이 다른 전자 2개가 채워진다.
(2) 전자 배치 규칙을 따르며 에너지가 가장 낮은 안정한 상태의 전자 배치를 바닥상태의 전자 배치라고 한다.
(3) 훈트 규칙은 에너지가 같은 오비탈에 전자가 배치될 때 적용되는 규칙이다. $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈은 에너지가 다르기 때문에 훈트 규칙이 적용되지 않는다.
(4) 원자가 전자는 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 배치된 전자이다.

2 (가) $2p_z$ 오비탈이 비어 있는데, $2p_x$ 오비탈에 전자가 쌍을 이루어 배치되어 있으므로 훈트 규칙에 위배된다.
(나) 에너지가 낮은 $2s$ 오비탈에 전자가 채워지지 않은 상태에서 $2p$ 오비탈에 전자가 배치되었으므로 쌓음 원리에 위배된다.
(다) $2s$ 오비탈에 스핀 방향이 같은 전자가 배치되어 있으므로 파울리 배타 원리에 위배된다.

3 (1) ${}_8\mathrm{O}$는 원자 번호 8인 원자이다. ➡ $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$
(2) ${}_{11}\mathrm{Na}^+$은 원자 번호 11이고 전자 1개를 잃은 양이온이다.
➡ $1s^2 2s^2 2p^6$
(3) ${}_{12}\mathrm{Mg}^{2+}$은 원자 번호 12이고 전자 2개를 잃은 양이온이다.
➡ $1s^2 2s^2 2p^6$
(4) ${}_{15}\mathrm{P}^{3-}$은 원자 번호 15이고 전자 3개를 얻은 음이온이다.
➡ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

4 X^{2-}은 X가 전자 2개를 얻어 생성된 음이온이므로 원자 X의 전자 수는 8이다. 따라서 오비탈을 이용한 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$이고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 2, 원자가 전자 수는 6, 홀전자 수는 2, 전자가 들어 있는 오비탈 수는 5이다.

5 (1) 가장 바깥 전자 껍질의 주 양자수가 2로 같은 B, C, D의 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
(2) 원자가 전자 수는 B와 E가 2로 같다.
(3) 홀전자 수는 C가 3으로 가장 크다.
(4) 원자가 전자 수는 D가 6으로 가장 크다.
(5) C와 D는 각각 전자 3개와 2개를 얻고, E는 2개를 잃어 Ne의 전자 배치($1s^2 2s^2 2p^6$)를 갖는 이온이 된다.

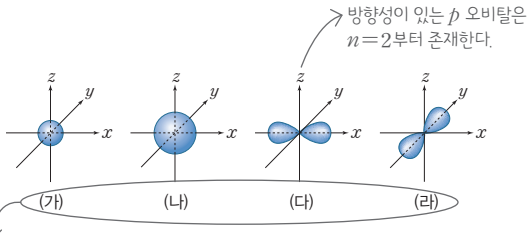
대표 자료 분석

87쪽

자료 ❶ **1** (가)<(나)=(다)=(라) **2** (가)<(나)<(다)=(라) **3** $n=2,\ l=0,\ m_l=0,\ m_s=+\frac{1}{2}$ 또는 $n=2,\ l=0,\ m_l=0,\ m_s=-\frac{1}{2}$ **4** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○ (8) ○

자료 ❷ **1** A: 쌓음 원리, B: 파울리 배타 원리, D: 훈트 규칙 **2** 해설 참조 **3** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

❶-1 꼼꼼 문제 분석



방향성이 없는 공 모양 오비탈 중 (나)가 (가)보다 크므로 (가)는 $1s$ 오비탈, (나)는 $2s$ 오비탈, (다)는 $2p_x$ 오비탈, (라)는 $2p_y$ 오비탈이다. 전자 껍질과 오비탈, 양자수의 관계는 다음과 같다.

전자 껍질	K	L	
주 양자수(n)	1	2	
방위 양자수(l)	0	0	1
오비탈	$1s$	$2s$	$2p$
자기 양자수(m_l)	0	0	$-1, 0, +1$

주 양자수(n)가 1 또는 2이고, (나)가 (가)보다 오비탈의 크기가 크므로 (가)는 $1s$ 오비탈, (나)는 $2s$ 오비탈이며, (다)는 $2p_x$ 오비탈, (라)는 $2p_y$ 오비탈이다. 수소 원자는 전자가 1개이므로 원자핵과 전자 사이의 인력에만 영향을 받아 오비탈의 에너지 준위는 $1s<2s=2p_x=2p_y$, 즉 (가)<(나)=(다)=(라)이다.

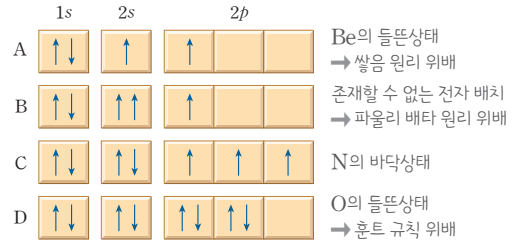
❶-2 다전자 원자는 원자핵과 전자 사이의 인력뿐 아니라 전자 사이의 반발력에도 영향을 받으므로 오비탈의 모양에 따라서도 에너지 준위가 달라진다. 오비탈의 에너지 준위는 $1s<2s<2p_x=2p_y$이므로 (가)<(나)<(다)=(라)이다.

❶-3 (나)는 $2s$ 오비탈이므로 주 양자수(n)는 2, 방위 양자수(l)는 0, 자기 양자수(m_l)는 0이다. 스핀 자기 양자수(m_s)는 전자의 스핀 방향에 따라 $+\frac{1}{2}$ 또는 $-\frac{1}{2}$의 값을 가질 수 있다.

❶-4 (1) (가)와 (나)는 공 모양의 s 오비탈이므로 모두 방향성이 없다.
(2) 오비탈은 종류에 관계없이 1개의 오비탈에 전자를 2개까지만 채울 수 있다.

(3) (나)~(라)는 모두 주 양자수(n)가 2이므로 같은 L 전자 껍질에 존재한다.
(4) 주 양자수(n)가 2인 오비탈은 (나)~(라) 3가지이다.
(5) (다)와 (라)는 방위 양자수(l)는 1로 같지만 오비탈의 방향이 다르므로 오비탈의 공간적인 방향을 결정하는 자기 양자수(m_l)는 다르다.
(6) 오비탈의 모양에 관계없이 전자가 가질 수 있는 스핀 자기 양자수(m_s)는 $+\frac{1}{2}$ 또는 $-\frac{1}{2}$로 2가지이다.
(7) (가)와 (나)는 모두 s 오비탈이므로 오비탈의 모양을 결정하는 방위 양자수(l)는 같다.
(8) $2p_x$ 오비탈인 (다)는 $1s$ 오비탈인 (가)보다 에너지가 높으므로 (다)에서 (가)로 전자가 전이할 때 빛을 방출한다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



A는 $2s$ 오비탈에 전자가 다 채워지지 않았는데, $2p$ 오비탈에 전자가 배치되었으므로 쌓음 원리에 위배된다.
B는 $2s$ 오비탈에 같은 방향의 스핀을 갖는 전자가 배치되어 있으므로 파울리 배타 원리에 위배되어 존재할 수 없는 전자 배치이다.
D는 $2p$ 오비탈 중 비어 있는 오비탈이 있는데 전자가 쌓을 이루어 배치되어 있으므로 훈트 규칙에 위배된다.

2-2 들뜬상태의 전자 배치는 파울리 배타 원리를 따르지만 쌓음 원리나 훈트 규칙에 어긋나는 전자 배치로 A와 D는 들뜬상태의 전자 배치, B는 존재할 수 없는 전자 배치, C는 바닥상태의 전자 배치이다. A와 D의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.
A: $1s^2 2s^2$, D: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$

모범답안 A: ↑↓ ↑↓
D: ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑

2-3 (1) 원자가 전자 수는 D가 6으로 가장 크다.
(2) 홀전자 수는 C가 3으로 가장 크다.
(3) C와 D는 원자가 전자 수가 각각 5, 6으로 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되기 위해 각각 전자 3개, 2개를 얻어 Ne과 같은 전자 배치를 갖는다.
(4) A와 C는 모두 주 양자수(n)가 2인 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 전자 껍질 수가 2로 같다.
(5) 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 C와 D가 5로 같다.
(6) 1개의 오비탈에서 두 전자의 스핀 자기 양자수(m_s)는 $+\frac{1}{2}$ 또는 $-\frac{1}{2}$의 2가지 값을 가질 수 있으므로 전자가 쌍을 이루고 있는 경우 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이 된다. 바닥상태에서 A는 전자가 $1s$ 오비탈과 $2s$ 오비탈에 모두 쌍을 이루어 배치되어 있으므로 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다.

내신 만점 문제

88쪽~93쪽

01 ④ 02 ④ 03 ① 04 ⑤ 05 해설 참조 06 ③
07 ② 08 ① 09 ⑤ 10 $n=3$, $l=0$, $m_l=0$, $m_s=+\frac{1}{2}$ 또는 $n=3$, $l=0$, $m_l=0$, $m_s=-\frac{1}{2}$ 11 ②
12 ③ 13 ② 14 ① 15 ⑤ 16 ② 17 ③
18 ⑤ 19 (나) 훈트 규칙 (다) 쌓음 원리 20 ④ 21 ⑤
22 ④ 23 X: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1}$, Y: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 24 ②
25 ④ 26 ⑤ 27 ② 28 ① 29 ①

01 전자 껍질의 에너지 준위는 K<L<M<N…이고, 에너지 준위가 높은 전자 껍질에서 에너지 준위가 낮은 전자 껍질로 전자가 전이할 때 빛을 방출하므로 N 전자 껍질에서 L 전자 껍질로 전자가 전이할 때 빛을 방출한다.

02 전자 전이 A~E에서 방출되는 빛에너지는 다음과 같다.

전자 전이		스펙트럼 계열	에너지(kJ/mol)
A	$n=4 \rightarrow n=1$	라이먼 계열 (자외선)	$-\frac{k}{4^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=\frac{15}{16}k$
B	$n=3 \rightarrow n=1$		$-\frac{k}{3^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=\frac{8}{9}k$
C	$n=2 \rightarrow n=1$		$-\frac{k}{2^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=\frac{3}{4}k$
D	$n=4 \rightarrow n=2$	발머 계열 (가시광선)	$-\frac{k}{4^2}-\left(-\frac{k}{2^2}\right)=\frac{3}{16}k$
E	$n=3 \rightarrow n=2$		$-\frac{k}{3^2}-\left(-\frac{k}{2^2}\right)=\frac{5}{36}k$

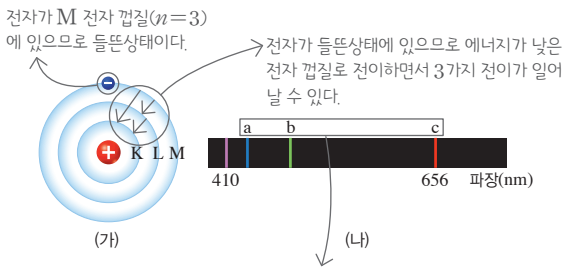
ㄴ. E에서 에너지가 가장 작은 빛이 방출되므로 파장은 가장 길다.
ㄷ. 가시광선은 $n \geq 3 \rightarrow n=2$로 전자가 전이할 때 방출되므로 D, E 2가지이다.
바로알기 ㄱ. 방출되는 에너지는 C가 D보다 크다.

03 ㄱ. 발머 계열의 스펙트럼이므로 가시광선 영역이다.

바로알기 ㄴ. 빛에너지는 파장에 반비례하므로 파장이 짧은 a의 에너지가 b의 에너지보다 크다.

ㄷ. b는 발머 계열 중 에너지가 가장 작은 빛이므로 전자가 $n=3 \rightarrow n=2$로 전이할 때 방출된다.

04 꼼꼼 **문제 분석**



a는 $n=5 \rightarrow n=2$, b는 $n=4 \rightarrow n=2$, c는 $n=3 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출되는 빛이다.

ㄱ. (가)는 전자가 M 전자 껍질에 존재하므로 들뜬상태이다.

ㄴ. (가)에서 방출될 수 있는 3가지 빛 중 가시광선은 $n=3 \rightarrow n=2$로의 전이에서 방출되며, 이 빛은 c에 해당한다. a와 b는 (가)의 M 전자 껍질보다 에너지가 더 높은 전자 껍질($n=4$, $n=5$)에서 전자가 전이할 때 방출된다.

ㄷ. c는 $n=3 \rightarrow n=2$의 전이에서 방출되는 빛이므로 M 전자 껍질($n=3$)에서 L 전자 껍질($n=2$)로 전자가 전이할 때 방출된다.

05 빛의 종류가 모두 6가지이므로 주 양자수(n) 4에서 전이할 때 방출되는 빛으로 x는 4이고, (가)~(바)는 각각 다음과 같다.

전자 전이		스펙트럼 계열
(가)	$n=4 \rightarrow n=3$	파셴 계열
(나)	$n=3 \rightarrow n=2$	발머 계열
(다)	$n=4 \rightarrow n=2$	
(라)	$n=2 \rightarrow n=1$	라이먼 계열
(마)	$n=3 \rightarrow n=1$	
(바)	$n=4 \rightarrow n=1$	

모범답안 (1) 4 (2) (나), (다)

(3) $E_{(다)}=-\frac{k}{4^2}-\left(-\frac{k}{2^2}\right)=\frac{3}{16}k$, $E_{(마)}=-\frac{k}{3^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=\frac{8}{9}k$이고, 파장은 에너지에 반비례하므로 파장의 비 $\lambda_{(다)} : \lambda_{(마)}=\frac{8}{9} : \frac{3}{16}=128 : 27$이다.

채점 기준		배점
(1)	답을 옳게 쓴 경우	20 %
	답이 틀린 경우	0 %
(2)	답을 옳게 쓴 경우	30 %
	답이 틀린 경우	0 %
(3)	풀이 과정을 정확히 서술하고 답을 옳게 쓴 경우	50 %
	풀이 과정을 정확히 서술했지만 답이 틀린 경우	30 %
	답만 옳게 쓴 경우	20 %

06 ③ s 오비탈은 공 모양, p 오비탈은 아령 모양으로 s, p, d, f 등은 오비탈의 모양에 따른 분류이다.

바로알기 ①, ② 현대의 원자 모형에서는 전자의 위치와 운동량을 정확히 알 수 없기 때문에 전자가 특정 위치에 존재할 확률로 나타낸다. 전자는 확률만 다를 뿐 원자핵 주위의 어떤 공간에도 존재할 수 있다. 오비탈은 전자를 발견할 확률이 큰 공간 영역을 나타낸다.

④ 주 양자수(n)는 오비탈의 에너지 준위를 결정하는 양자수이다.

⑤ 주 양자수(n)와 관계없이 1개의 오비탈에는 전자가 2개까지만 들어갈 수 있다.

07 ㄷ. 같은 모양의 오비탈은 주 양자수(n)가 커질수록 크기가 커진다.

바로알기 ㄱ. s 오비탈은 모든 전자 껍질에 존재하지만 p 오비탈은 L 전자 껍질($n=2$)부터 존재한다.

ㄴ. 오비탈 경계면 밖에서도 확률은 작지만 전자가 존재할 수 있다.

08 ㄱ. He과 같은 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 $1s<2s<2p$ 순이다.

바로알기 ㄴ. 공 모양으로 방향성이 없는 오비탈은 $1s$ 오비탈과 $2s$ 오비탈 2가지이다.

ㄷ. $1s$ 오비탈과 $2s$ 오비탈은 주 양자수(n)가 다르므로 $1s$ 오비탈은 K 전자 껍질에, $2s$ 오비탈은 L 전자 껍질에 존재한다.

09 ① 주 양자수(n)가 클수록 가능한 양자수의 조합이 많아지므로 오비탈 수가 많아진다.

② 자기 양자수(m_l)는 오비탈의 공간적인 방향을 결정한다.

③ 전자의 스핀 자기 양자수(m_s)는 $+\frac{1}{2}$ 또는 $-\frac{1}{2}$이다.

④ 방위 양자수(l)가 1인 경우 -1, 0, $+1$의 3가지 자기 양자수(m_l)를 갖는다.

바로알기 ⑤ 4가지 양자수는 원자에 있는 전자 1개의 상태를 나타내기 위한 것으로, 4가지 양자수가 같은 전자는 존재할 수 없다. 따라서 주 양자수(n)가 2인 경우, L 전자 껍질에 8개의 전자가 존재할 수 있으므로 가능한 양자수의 조합도 8가지이다.

10 M 전자 껍질이므로 주 양자수(n)는 3이고, s 오비탈이므로 방위 양자수(l)는 0이다. 방위 양자수(l)가 0인 경우 가질 수 있는 자기 양자수(m_l)는 0뿐이다. 스핀 자기 양자수(m_s)는 다른 양자수에 관계없이 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 2가지 값만 갖는다.

n	l	m_l	m_s
3	0	0	$+\frac{1}{2}$
3	0	0	$-\frac{1}{2}$

11 ② 주 양자수(n)가 2일 때 방위 양자수(l)는 0, 1의 2가지 값을 가질 수 있고, 방위 양자수(l)가 1일 때 -1, 0, $+1$의 3가지 자기 양자수(m_l)를 가질 수 있다. 또한 스핀 자기 양자수(m_s)는 다른 양자수에 관계없이 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 2가지 값만 갖는다.

바로알기 ①, ③ 방위 양자수(l)가 0인 경우 가능한 자기 양자수(m_l)는 0뿐이다.

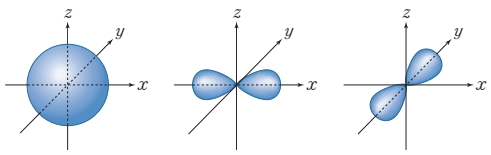
④, ⑤ L 전자 껍질이므로 주 양자수(n)가 2이어야 한다.

12 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 $1s<2s<2p<3s<3p$ … 순이고, np 오비탈의 np_x, np_y, np_z의 에너지 준위는 같다. 여기서 주 양자수(n)가 클수록, 주 양자수(n)가 같은 경우 방위 양자수(l)가 클수록($s \rightarrow p \rightarrow d$로 갈수록) 에너지 준위가 커지며, p_x, p_y, p_z와 같이 오비탈의 방향을 결정하는 자기 양자수(m_l)에 의해서는 에너지가 달라지지 않는다. 따라서 주 양자수(n)와 방위 양자수(l)가 같은 (나)와 (다)의 에너지 준위가 같다.

13 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수(n)에 의해서만 결정된다. 따라서 주 양자수(n)가 같으면 오비탈의 모양 관계없이 에너지 준위가 같다.

14 꼼꼼 문제 분석

같은 전자 껍질에 존재하는 오비탈이므로 주 양자수(n)가 모두 같고, p 오비탈이 존재하므로 n은 2 이상이다.



s 오비탈 p_x 오비탈 p_y 오비탈

ㄱ. 같은 전자 껍질에 존재하므로 주 양자수(n)가 같다.

바로알기 ㄴ. 방위 양자수(l)는 오비탈의 모양을 결정하므로 s 오비탈과 p 오비탈의 방위 양자수(l)는 다르다.

ㄷ. 자기 양자수(m_l)는 오비탈의 방향을 결정하므로 p_x 오비탈과 p_y 오비탈의 자기 양자수(m_l)는 다르다.

15 s 오비탈과 p 오비탈로 분류한 것이다.

① p 오비탈은 아령 모양이고, s 오비탈은 공 모양이므로 분류 기준이 될 수 있다.

② p 오비탈은 방향성이 있고, s 오비탈은 방향성이 없으므로 분류 기준이 될 수 있다.

③ 다전자 원자에서 에너지 준위는 $2p_x=2p_y$이고, $1s<2s$이므로 분류 기준이 될 수 있다.

④ p 오비탈은 방위 양자수(l)가 1이고, s 오비탈은 방위 양자수(l)가 0이므로 분류 기준이 될 수 있다.

바로알기 ⑤ $2s$, $2p_x$, $2p_y$ 오비탈은 주 양자수(n)가 2이므로 L 전자 껍질에 존재하지만, $1s$ 오비탈은 K 전자 껍질에 존재하므로 분류 기준이 될 수 없다.

16 ㄴ. 주 양자수(n)가 클수록 오비탈의 수가 많아지며, 오비탈의 수는 n^2과 같다.

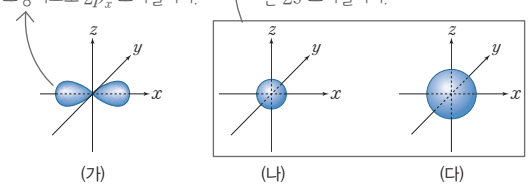
바로알기 ㄱ. 수소 원자는 주 양자수(n)가 같으면 오비탈의 모양에 관계없이 에너지 준위가 같으므로, 즉 $ns=np$이므로 X는 수소 원자가 아니다.

ㄷ. 다전자 원자의 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수(n)와 방위 양자수(l)에 따라 달라지며, $np_x=np_y=np_z$와 같이 자기 양자수(m_l)에 의해서는 달라지지 않는다.

17 꼼꼼 문제 분석

p 오비탈은 L 전자 껍질부터 존재하고, x축을 중심으로 한 모양이므로 $2p_x$ 오비탈이다.

모양이 같은데 (다)의 크기가 크고, 주 양자수가 2 이하이므로 (나)는 $1s$ 오비탈, (다)는 $2s$ 오비탈이다.



(가) (나) (다)

ㄱ. (가)와 (다)는 같은 L 전자 껍질에 존재한다.

ㄷ. 바닥상태에서 붕소(B) 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1}$이므로 (나)와 (다)에 배치된 전자 수는 각각 2이고, (가)에 배치된 전자 수는 1이다. 한편, 붕소(B) 원자에서 $2p_x$ 대신 $2p_y$ 또는 $2p_z$ 오비탈에 전자가 배치되더라도 바닥상태이므로 (가)에 배치된 전자 수가 0일 수도 있다.

바로알기 ㄴ. 오비탈의 모양에 관계없이 오비탈 1개에 들어갈 수 있는 전자 수는 2로 같다.

18 빛을 방출할 수 있는 전자 배치는 들뜬상태의 전자 배치이다.

⑤ 에너지 준위가 낮은 오비탈부터 차례대로 전자가 배치되어 있고 훈트 규칙에 위배되지 않으므로 바닥상태이다. 따라서 빛을 방출할 수 없다.

바로알기 바닥상태의 전자 배치는 다음과 같다.

① $1s^2 2s^1$

② $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1}$

③ $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$

④ $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$

19 (가)는 $2s$ 오비탈에 스핀 방향이 같은 전자가 배치되어 있으므로 파울리 배타 원리에 위배되며 존재할 수 없는 전자 배치이다.
(나)는 에너지가 같은 $2p$ 오비탈 3개 중 비어 있는 오비탈이 있는데도 전자가 쌍을 이루어 배치되어 있으므로 훈트 규칙에 위배되어 들뜬상태의 전자 배치이다.
(다)는 에너지가 낮은 $2s$ 오비탈에 전자가 모두 배치되지 않은 상태에서 $2p$ 오비탈에 전자가 배치되었으므로 쌓음 원리에 위배되어 들뜬상태의 전자 배치이다.

20 ①, ③ L 전자 껍질은 주 양자수가 2이므로 산소 원자는 2주기 원소임을 알 수 있으며, L 전자 껍질은 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈로 이루어진다.
② 산소 원자(O)가 산화 이온(O^{2-})이 될 때 전자 2개를 얻으므로 L 전자 껍질의 전자 수가 2 증가하여 8이 된다.
⑤ 산소 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$이므로 $2p$ 오비탈에서 홀전자 수는 2이다.
바로알기 ④ 산소 원자의 원자가 전자는 L 전자 껍질에 들어 있으며, $2s$ 오비탈에 2개, $2p$ 오비탈에 4개가 들어 있다. 다전자 원자에서 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈의 에너지 준위를 비교하면 $2s < 2p$이므로, 원자가 전자들의 에너지가 모두 같은 것은 아니다.

21 ⑤ 질소 원자의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$이고 다전자 원자이므로 오비탈의 에너지 준위는 $1s < 2s < 2p$ …이다.
바로알기 ①, ② 3개의 $2p$ 오비탈의 에너지 준위가 $2s$ 오비탈보다 높아야 하고, ①의 $2p_x$ 오비탈의 전자 스핀 방향은 서로 달라야 한다.
③ 3개의 $2p$ 오비탈($2p_x$, $2p_y$, $2p_z$)의 에너지 준위가 같아야 한다.
④ 훈트 규칙에 위배된다.

22 ㄴ. 들뜬상태의 전자 배치는 쌓음 원리에 위배되는 (가)와 훈트 규칙에 위배되는 (다) 2가지이다.
ㄷ. (가)는 들뜬상태이고 (나)는 바닥상태이므로 (가)에서 (나)로 될 때 빛에너지를 방출한다.
바로알기 ㄱ. (가)는 $2p$ 오비탈에 전자가 채워지지 않은 상태에서 에너지 준위가 더 높은 $3s$ 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 쌓음 원리에 위배된다.

23 원자의 전자 수비가 X : Y = 1 : 2이므로 원자 번호비가 X : Y = 1 : 2이다. 이 조건을 만족하는 원소의 쌍은 (1번, 2번), (2번, 4번), (3번, 6번), (4번, 8번), (5번, 10번), (6번, 12번), (7번, 14번), (8번, 16번), (9번, 18번)인데, 이 중 전자가 들어 있는 오비탈 수비가 2 : 3인 것은 6번(오비탈 수 4, $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1}$)과 12번(오비탈 수 6, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$)이다. 따라서 X는 원자 번호 6번, Y는 원자 번호 12번이다.

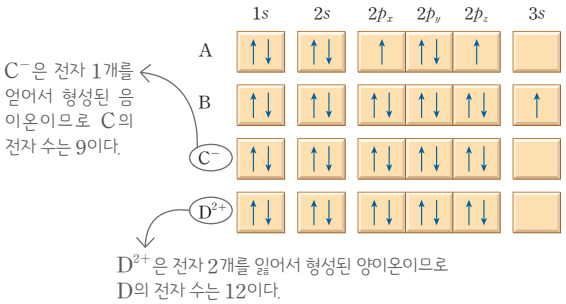
24 원자 A~C의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.
A: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$
B: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$
C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
ㄴ. 홀전자 수는 A가 3으로 가장 크다.
바로알기 ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 5, B가 6, C가 1이므로 B가 가장 크다.
ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 A와 B가 5, C가 6으로 C > A = B이다.

25 전자가 들어 있는 오비탈 수가 2인 A, B는 $2s$ 오비탈에 전자가 채워지므로 홀전자 수가 1이나 0이다. 따라서 A~D의 전자 배치는 다음과 같다.
A: $1s^2 2s^2$
B: $1s^2 2s^1$
C: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1}$
D: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$
a는 0, b는 2, c는 5이므로 $a+b+c = 0+2+5 = 7$이다.

26 주어진 조건을 만족하는 원자 A~C의 전자 배치는 다음과 같다.
A: $1s^2 2s^1 2p_x^{\,1}$
B: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1}$
C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^{\,1}$
A~C는 모두 다른 전자 배치도 가능하다. 예를 들어 A의 경우 $1s^2 3s^1 3p_x^{\,1}$ 등 다양한 경우가 가능하지만 어떤 전자 배치를 선택하더라도 문제의 답은 변하지 않는다.
ㄱ. A, B는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2로 같다.
ㄴ. A는 쌓음 원리에 위배되고, B는 훈트 규칙에 위배되므로 들뜬상태의 전자 배치이고, C는 바닥상태의 전자 배치이다.
ㄷ. 바닥상태의 전자 배치는 A: $1s^2 2s^2$, B: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$, C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^{\,1}$이므로 바닥상태에서 홀전자 수는 A가 0, B가 3, C가 1이다.

27 A^+은 A 원자가 전자 1개를 잃고 생성된 양이온이고, B^{2-}은 B 원자가 전자 2개를 얻어 생성된 음이온이다.
따라서 A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$이고, B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$이다.
ㄴ. 홀전자 수는 A가 1, B가 2이다.
바로알기 ㄱ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 A가 3, B가 2이다.
ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 A가 6, B가 5이다.

28 꼼꼼 문제 분석



원자	A	B	C	D
원자가 전자 수	6	1	7	2
홀전자 수	2	1	1	0

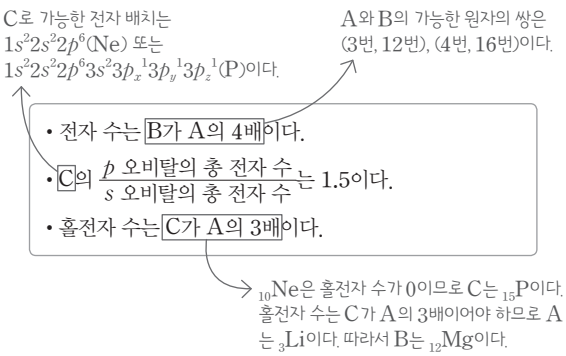
C의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,2} 2p_z^{\,1}$, D의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$이다.

ㄱ. 원자가 전자 수는 C가 7로 가장 크다.

바로알기 ㄴ. 홀전자 수는 A가 2, D가 0이다.

ㄷ. 스핀 자기 양자수(m_s)는 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 2가지 값만 가지므로 각 오비탈에 전자가 쌍을 이룬 경우 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다. B는 쌍을 이루지 않은 홀전자가 1개 있으므로 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이 아니다.

29 꼼꼼 문제 분석



원자 번호가 B가 A의 4배이므로 A와 B의 가능한 원자의 쌍은 (3번, 12번), (4번, 16번)이다. 한편, C로 가능한 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$(Ne) 또는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^{\,1} 3p_y^{\,1} 3p_z^{\,1}$(P)인데, 홀전자 수가 A의 3배이어야 하므로 C는 홀전자 수가 3인 $_{15}$P이고, A는 홀전자 수가 1인 $_3$Li이다. 따라서 B는 $_{12}$Mg이다.

ㄱ. 원자가 전자 수가 1인 A(Li)는 전자 1개를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

바로알기 ㄴ. 원자가 전자 수는 C(P)가 5로 가장 크다.

ㄷ. B(Mg)는 전자 2개를 잃고 Ne의 전자 배치(Mg^{2+})를 갖고, C(P)는 전자 3개를 얻어 Ar의 전자 배치(P^{3-})를 갖는다.

중단원 핵심 정리

94쪽~95쪽

❶ (−) ❷ 질량 ❸ 전자 ❹ 원자핵 ❺ 전자 ❻ 1
❼ −1 ❽ 원자핵 ❾ 양성자수 ❿ 중성자수 ⓫ 가시광선
⓬ −2, −1, 0, +1, +2 ⓭ 홀전자 수 ⓮ 8

중단원 마무리 문제

96쪽~102쪽

01 ② 02 ⑤ 03 원자핵의 유무 04 ③ 05 ① 06 ②
07 ⑤ 08 ① 09 ③ 10 ① 11 (가) 10 (나) 10 (다) 10
12 ② 13 ③ 14 ③ 15 ② 16 ③ 17 ③
18 ② 19 ② 20 ② 21 ⑤ 22 ③ 23 ④
24 ① 25 ② 26 ① 27 ① 28 ① 29 ②
30 해설 참조 31 해설 참조 32 해설 참조

01 (가) 음극선이 지나는 길에 전기장을 걸어 주면 전기장의 (+)극 쪽으로 음극선의 진로가 휘는 것(ㄱ)으로부터 음극선이 (−)전하를 띤다는 사실을 확인할 수 있다.
(나) 음극선이 질량을 가진다는 의미는 물체에 힘을 작용할 수 있다는 것이므로 진로 중간에 설치한 바람개비가 회전하는 것(ㄷ)으로부터 확인할 수 있다.

02 (가)에서 발견된 입자 A는 전자이고, (나)에서 발견된 입자 B는 원자핵이다.

ㄱ. A(전자)의 질량은 B(원자핵)에 비해 무시할 정도로 작다.

ㄴ. A(전자)는 (−)전하를 띠고, B(원자핵)는 (+)전하를 띠므로 A와 B 사이에는 정전기적 인력이 작용한다.

ㄷ. 알파(α) 입자는 대부분 금박을 통과하여 직진하므로 주로 a 위치에 도달한다.

03 A는 돌턴, B는 톰슨, C는 러더퍼드, D는 보어, E는 현대의 원자 모형이다. A와 B에는 원자핵이 없지만, C, D, E에는 원자핵이 존재하므로 원자핵의 유무가 분류 기준이 될 수 있다.

04 ③ ^{35}Cl와 ^{37}Cl는 원자 번호가 17로 서로 같고 중성자수가 달라 질량수가 35와 37로 다른 동위 원소이다.

바로알기 ①, ②, ④ 원자 번호가 같은 동위 원소이므로 양성자수와 전자 수는 같고, 동위 원소의 화학적 성질은 같다.
⑤ 모든 원소의 구성 입자는 양성자, 중성자, 전자이다.(단, 수소는 양성자, 전자)

05 X는 Z와 질량이 비슷하면서 (+)전하를 띠므로 양성자이고, Y는 질량이 X와 Z에 비해 매우 작고 (−)전하를 띠므로 전자이며, Z는 전하를 띠지 않으므로 중성자이다.

ㄱ. 원자에서 (+)전하를 띠는 X(양성자)와 (−)전하를 띠는 Y(전자)의 수는 같다.

바로알기 ㄴ. 질량수=양성자수+중성자수=(X+Z)의 수이다.

ㄷ. 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되므로 X와 Z가 원자핵을 구성한다.

06 이온은 전자를 잃거나 얻어서 생성되므로 원자가 이온이 되어도 원자핵의 전하량은 변하지 않는다. 따라서 원자핵의 전하량이 $+1.28\times10^{-18}$ C이므로 X의 양성자수는 $\frac{+1.28\times10^{-18}\text{ C}}{+1.6\times10^{-19}\text{ C}}$ =8이다.

ㄷ. 동위 원소는 (+)전하를 띠는 양성자수가 같으므로 원자핵의 전하량은 같다.

바로알기 ㄱ. 질량수=양성자수+중성자수=8+10=18이다.

ㄴ. X의 양성자수가 8이므로 전자 수도 8이다. X 이온은 전자 수가 10이므로 X가 전자 2개를 얻어 생성된 음이온(X^{2-})이다.

07 ㄱ. 산소(O)는 원자 번호가 8이고, 질량수가 16이다.

ㄴ. 원자에서 양성자수(=원자 번호)는 전자 수와 같으므로 전자 수도 8이다.

ㄷ. 중성자수=질량수−양성자수=16−8=8이다.

08 a는 원자 번호이고, b는 질량수이다.

ㄱ. 질량수=양성자수+중성자수이므로 중성자가 없는 ${}_1^1\text{H}$를 제외하고는 b가 a보다 항상 크다. H는 전자 수가 1이므로 +2의 전하를 띠는 양이온이 될 수 없다. 따라서 H는 X가 될 수 없다.

바로알기 ㄴ. X^{2+}은 X가 전자 2개를 잃고 생성된 양이온이고, X의 전자 수는 a이므로 X^{2+}의 전자 수는 $a-2$이다.

ㄷ. X^{2+}은 X와 양성자수는 같고 전자 수만 다르다. 질량수=양성자수+중성자수이므로 X^{2+}의 질량수는 b이다.

09 A는 양성자, B는 중성자, C는 전자이다.

ㄱ. ${}_7^{14}\text{N}$의 양성자수, 중성자수, 전자 수는 각각 7이므로 A~C의 수는 모두 7로 같다.

ㄷ. A는 (+)전하를 띠는 양성자, C는 (−)전하를 띠는 전자이므로 A와 C 사이에는 정전기적 인력이 작용하다.

바로알기 ㄴ. N가 이온이 될 때 B(중성자)의 수는 변하지 않고, C(전자)의 수만 변한다.

10 X^{2+}은 X가 전자 2개를 잃은 상태이므로 양성자가 전자보다 2개 많아야 한다. 따라서 a, b는 양성자와 중성자 중 하나이고, c는 전자이다.

ㄱ. a, b는 각각 양성자, 중성자 중 하나이므로 Y 원자의 양성자수는 8이다. Y 이온의 전자 수가 10이므로 Y 이온은 원자 Y가 전자 2개를 얻어 생성된 음이온이므로 화학식은 Y^{2-}이다.

바로알기 ㄴ. 원자와 이온은 전자 수만 다르므로 질량수는 같다. 질량수=양성자수+중성자수이므로 X의 질량수는 24, Y의 질량수는 16이다. 따라서 질량수비는 X : Y=3 : 2이다.

ㄷ. 바닥상태에서 X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$이고, Y의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$이므로 홀전자 수는 X<Y이다.

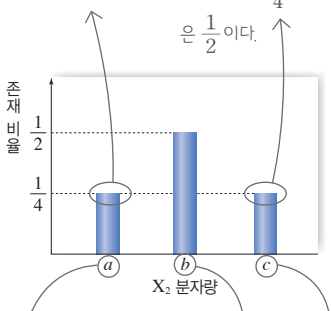
11 원자핵에서 전하를 띠는 입자는 양성자이고, 원자핵의 전하량이 양성자 1개 전하량의 10배이므로 양성자수는 10이다. 질량수가 20이므로 중성자수는 10이다. 또한 양성자수와 전자수가 같으므로 전자 수도 10이다.

12 평균 원자량은 동위 원소의 존재 비율을 고려한 원자량이므로 $\frac{10\times80+11\times20}{100}$=10.2이다.

13 꼼꼼 **문제 분석**

원자량이 $\frac{a}{2}$인 X 원자 2개가 결합해야 하므로 $\frac{a}{2}$X의 존재 비율×$\frac{a}{2}$X의 존재 비율=$\frac{1}{4}$에서 $\frac{a}{2}$X의 존재 비율은 $\frac{1}{2}$이다.

원자량이 $\frac{c}{2}$인 X 원자 2개가 결합해야 하므로 $\frac{c}{2}$X의 존재 비율×$\frac{c}{2}$X의 존재 비율=$\frac{1}{4}$에서 $\frac{c}{2}$X의 존재 비율은 $\frac{1}{2}$이다.



원자량이 $\frac{a}{2}$인 X 원자 2개가 결합한 분자이다.

원자량이 $\frac{a}{2}$인 X 원자와 $\frac{c}{2}$인 X 원자가 결합한 분자이다.

원자량이 $\frac{c}{2}$인 X 원자 2개가 결합한 분자이다.

ㄱ. $b=\frac{a}{2}+\frac{c}{2}$이므로 $a+c=2b$이다.

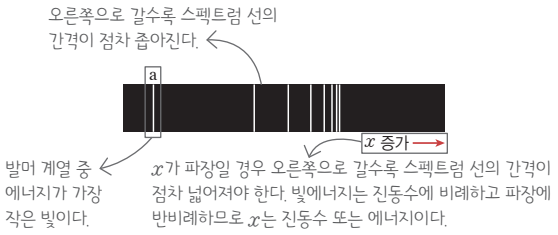
ㄷ. 화학적 성질이 같은 동위 원소끼리 결합한 분자이므로 분자의 화학적 성질도 같다.

바로알기 ㄴ. 원자량이 $\frac{a}{2}$인 X와 $\frac{c}{2}$인 X의 존재 비율이 같으므로 평균값이 평균 원자량이다.

평균 원자량은 $\frac{\frac{a}{2}+\frac{c}{2}}{2}=\frac{a+c}{4}=\frac{b}{2}$이다.

14 바로알기 ③ 원자핵에 가까운 전자 껍질일수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 크기 때문에 에너지가 낮다.

15 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. a는 발머 계열($n \geq 3 \rightarrow n=2$) 중 에너지가 가장 작은 빛이므로 $n=3 \rightarrow n=2$로의 전자 전이에서 방출된다.

바로알기 ㄱ. x는 에너지 또는 진동수이다.

ㄷ. 수소 원자의 스펙트럼이 불연속적인 선으로 나타나는 것은 수소 원자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다. 수소 원자의 스펙트럼 선의 간격이 일정하지 않은 것은 수소 원자의 에너지 준위 간격이 일정하지 않기 때문이다.

16 a는 $n=\infty \rightarrow n=1$로의 전자 전이이므로 방출되는 에너지 $E_a=E_\infty-E_1=-\frac{k}{\infty^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=k$이고, c는 $n=2 \rightarrow n=1$로의 전자 전이이므로 방출되는 에너지 $E_c=E_2-E_1=-\frac{k}{2^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=\frac{3k}{4}$이다. 따라서 $E_a : E_c=k : \frac{3k}{4}=4 : 3$이다.

17 ㉠은 라이먼 계열($n \geq 2 \rightarrow n=1$) 중 에너지가 가장 작은 빛이므로 $n=2 \rightarrow n=1$로의 전자 전이(c)에서 방출된다.

18 꼼꼼 문제 분석

빨간색이므로 가시광선이고, 빨간색은 초록색보다 에너지가 작다. 가시광선 중 $n=4 \rightarrow n=2$로의 전자 전이에서 방출되는 빛보다 에너지가 작은 빛은 $n=3 \rightarrow n=2$로의 전자 전이에서 방출되는 빛뿐이다.

선	전자 전이	색깔	에너지(kJ/mol)
Ⅰ	$n=4 \rightarrow n=2$	초록	$E_Ⅰ$
Ⅱ	$n=3 \rightarrow n=1$		$E_Ⅱ$
Ⅲ		빨강	$E_Ⅲ$
Ⅳ			$E_Ⅳ$

$n=4$ 이하에서의 전자 전이 중 Ⅰ~Ⅲ을 제외하면 $n=4 \rightarrow n=1$, $n=4 \rightarrow n=3$, $n=2 \rightarrow n=1$의 3가지가 있는데 $E_Ⅱ$보다 작은 에너지를 방출하는 경우는 $n=4 \rightarrow n=3$, $n=2 \rightarrow n=1$의 2가지이다.

ㄴ. Ⅱ는 자외선이므로 가시광선인 Ⅰ, Ⅲ보다 에너지가 크고, Ⅳ보다도 에너지가 크다.

바로알기 ㄱ. Ⅳ는 $n=4 \rightarrow n=3$, $n=2 \rightarrow n=1$의 전자 전이 중 1가지이므로 적외선이나 자외선 중 하나이다.

ㄷ. Ⅰ의 에너지 $E_Ⅰ=-\frac{k}{4^2}-\left(-\frac{k}{2^2}\right)=\frac{3k}{16}$이고, Ⅲ의 에너지 $E_Ⅲ=-\frac{k}{3^2}-\left(-\frac{k}{2^2}\right)=\frac{5k}{36}$이다. 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로 $\lambda_Ⅰ : \lambda_Ⅲ=\frac{5k}{36} : \frac{3k}{16}=20 : 27$이다.

19 ㄷ. a는 $n=\infty \rightarrow n=1$로의 전자 전이에서 방출되는 빛이고, b는 $n=2 \rightarrow n=1$로의 전자 전이에서 방출되는 빛이므로 a와 b의 에너지 차이는 $n=\infty \rightarrow n=2$로의 전자 전이에서 방출되는 빛의 에너지와 같다. 한편 c는 발머 계열 중 에너지가 가장 큰 빛이므로 $n=\infty \rightarrow n=2$로의 전자 전이에서 방출되는 빛이다.

바로알기 ㄱ. d는 들뜬상태의 전자가 $n=2$로 전이할 때 방출하는 빛이다.

ㄴ. H가 전자 1개를 잃어 H^+이 될 때 필요한 에너지는 $n=1 \rightarrow n=\infty$로의 전자 전이에 필요한 에너지이므로 k이고, d는 발머 계열 중 파장이 가장 긴(=에너지가 가장 작은) 빛이므로 $n=3 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출된다. 따라서 d의 에너지는 $E_d=E_3-E_2=-\frac{k}{3^2}-\left(-\frac{k}{2^2}\right)=\frac{5k}{36}$이므로 H가 H^+이 될 때 필요한 에너지는 d의 에너지의 $\frac{36}{5}$배이다.

20 ㄴ. 방향성이 없는 오비탈은 $1s$, $2s$ 오비탈 2가지이다.

바로알기 ㄱ. $1s$ 오비탈은 K 전자 껍질, $2s$, $2p_x$, $2p_y$ 오비탈은 L 전자 껍질에 존재한다.

ㄷ. 수소 원자에서는 $2p_x$ 오비탈과 $2s$ 오비탈의 에너지가 같으므로 빛이 방출되지 않는다.

21 (가)는 (나)와 모양은 같으면서 크기가 크므로 $2s$ 오비탈, (나)는 $1s$ 오비탈, (다)는 $2p_x$ 오비탈이다.

ㄱ. s 오비탈의 방위 양자수(l)는 주 양자수(n)에 관계없이 0이므로 (가)와 (나)의 방위 양자수(l)는 같다.

ㄴ. (가)와 (다)는 주 양자수(n)가 2로 같다.

ㄷ. 스핀 자기 양자수(m_s)는 오비탈에 관계없이 모두 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 2가지 값만 가질 수 있다.

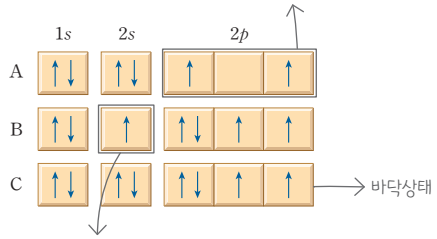
22 (가)와 (나)는 모양이 다르므로 다른 종류의 오비탈인데, 주 양자수(n)가 1인 경우는 s 오비탈만 존재하므로 (가)와 (나)의 주 양자수(n)는 2이다. 한편, (나)와 (다)는 같은 종류의 오비탈인데 주 양자수(n)가 다르므로 주 양자수(n)가 1일 때와 2일 때 모두 존재할 수 있는 오비탈이다. 따라서 (가)는 $2p$ 오비탈, (나)는 $2s$ 오비탈, (다)는 $1s$ 오비탈이다.

ㄱ. (가)는 $2p$ 오비탈이므로 방향성이 있다.
ㄷ. (나)와 (다)는 s 오비탈로 자기 양자수(m_l)는 0이다.
바로알기 ㄴ. (나)는 $2s$ 오비탈이므로 주 양자수(n)가 2이다.

23 ④ M 전자 껍질의 주 양자수(n)는 3이고, p 오비탈의 방위 양자수(l)는 1이다. 또한 p 오비탈이 가질 수 있는 자기 양자수(m_l)는 -1, 0, $+1$의 3가지이며, 스핀 자기 양자수(m_s)는 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 2가지 값만 가질 수 있다.
바로알기 ①, ② 주 양자수(n)가 2이므로 L 전자 껍질이다.
③ 방위 양자수(l)가 0이므로 s 오비탈이다.
⑤ 자기 양자수(m_l)가 $+2$이므로 p 오비탈이 가질 수 없는 양자수이다.

24 꼼꼼 **문제 분석**

3개의 $2p$ 오비탈은 에너지 준위가 같기 때문에 전자가 어떤 오비탈에 먼저 배치되어 에너지가 같다. $2p_y$ 오비탈에 전자가 먼저 배치되지 않고 $2p_z$ 오비탈에 전자가 배치되어도 들뜬상태가 아닌, 바닥상태이다.



$2s$ 오비탈에 전자가 다 채워지지 않았는데 에너지가 높은 $2p$ 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 쌓음 원리에 위배된다.

ㄱ. 바닥상태의 전자 배치는 A, C 2가지이다.
바로알기 ㄴ. A는 바닥상태의 전자 배치이다.
ㄷ. B는 쌓음 원리에 위배되는 들뜬상태의 전자 배치이다.

25 ㄷ. K 전자 껍질과 L 전자 껍질에 전자가 1개씩 있으므로 가능한 전자 배치는 $1s^12s^1$, $1s^12p_x^1$, $1s^12p_y^1$, $1s^12p_z^1$의 4가지이다.
바로알기 ㄱ, ㄴ. X의 바닥상태의 전자 배치는 $1s^2$이므로 X는 1주기 원소이고 홀전자 수는 0이다.

26 각 원자의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.
X: $1s^22s^22p_x^1$
Y: $1s^22s^22p_x^22p_y^22p_z^23s^1$ 또는 $1s^22s^22p_x^22p_y^22p_z^23s^2$
ㄱ. 홀전자 수는 X가 1, Y가 0 또는 1이다.
바로알기 ㄴ. 원자가 전자 수는 X는 3, Y는 1 또는 2이므로 X가 Y보다 크다.
ㄷ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 X가 2, Y가 3이므로 Y가 X의 1.5배이다.

27 ㄱ. A와 B는 바닥상태의 전자 배치이고 C는 들뜬상태(쌓음 원리 위배)의 전자 배치이다. C의 바닥상태 전자 배치는 $1s^22s^22p^6$이므로 A~C 모두 2주기 원소이다.
바로알기 ㄴ. B의 원자가 전자는 $2s$, $2p$ 오비탈에 있는 전자이므로 6개이다.
ㄷ. 바닥상태에서 A~C의 홀전자 수는 각각 1, 2, 0이다.

28 주어진 조건을 만족하는 X와 Y의 전자 배치는 다음과 같다.
X: $1s^22s^12p_x^22p_y^12p_z^1$ 또는 $1s^12s^22p_x^22p_y^12p_z^1$
Y: $1s^22s^22p_x^22p_y^2$
ㄱ. 홀전자 수는 X가 3, Y가 0이다.
바로알기 ㄴ. Y의 바닥상태 전자 배치는 $1s^22s^22p_x^22p_y^12p_z^1$이다.
ㄷ. L 전자 껍질에 들어 있는 전자 수는 X가 5 또는 6, Y가 6이다.

29 원자의 전자 수는 원자 번호와 같으므로 원자 번호의 비가 2 : 1인 조건을 만족하는 2, 3주기 원소의 조합은 (12번, 6번), (14번, 7번), (16번, 8번), (18번, 9번)이다. 이 중 전자가 들어 있는 오비탈 수의 비가 3 : 2인 것은 (12번, 6번)으로 전자 배치가 X는 $1s^22s^22p_x^22p_y^22p_z^23s^2$, Y는 $1s^22s^22p_x^12p_y^1$으로 오비탈 수비는 6 : 4=3 : 2이다.
ㄴ. 홀전자 수는 X가 0, Y가 2이므로 X<Y이다.
바로알기 ㄱ. 원자가 전자 수는 X가 2, Y가 4이므로 X<Y이다.
ㄷ. X가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 $3s$ 오비탈에 있는 전자 2개를 잃으므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 1이 감소한다.

30 A는 $2s$ 오비탈에 전자가 배치되지 않은 상태에서 에너지가 더 높은 $2p$ 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 쌓음 원리에 위배되며, 바닥상태의 전자 배치는 $1s^22s^1$이다.
B는 $2p_z$ 오비탈이 비어 있는데 에너지가 같은 $2p_x$ 오비탈에 전자가 쌍을 이루어 배치되어 있으므로 훈트 규칙에 위배되며, 바닥상태의 전자 배치는 $1s^22s^22p_x^12p_y^12p_z^1$이다.
모범답안 A: 쌓음 원리에 위배된다. ➡ $1s^22s^1$, B: 훈트 규칙에 위배된다. ➡ $1s^22s^22p_x^12p_y^12p_z^1$

채점 기준	배점
들뜬상태를 모두 옳게 고르고, 위배한 전자 배치 규칙, 바닥상태 전자 배치 모두 옳게 서술한 경우	100 %
들뜬상태를 1가지만 옳게 고르고 위배한 전자 배치 규칙, 바닥상태 전자 배치를 옳게 서술한 경우	50 %
들뜬상태만 옳게 고른 경우	30 %

31 $3p$ 오비탈은 주 양자수(n)가 3이고, 방위 양자수(l)는 1이다. 따라서 자기 양자수(m_l)는 -1, 0, $+1$이므로 3개의 오비탈이 존재한다.

전자는 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 2가지 스핀 자기 양자수(m_s)만을 가질 수 있으므로 총 6개의 양자수 조합이 가능하다. 4가지 양자수가 같은 전자는 존재할 수 없으므로 $3p$ 오비탈에는 6개의 전자가 최대로 배치될 수 있다.

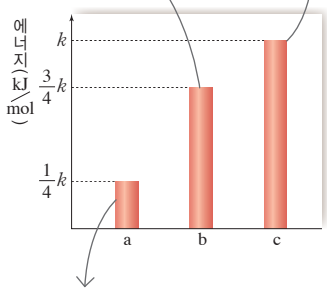
모범답안 6, $3p$ 오비탈은 방위 양자수(l)가 1이고, 자기 양자수(m_l)는 -1, 0, $+1$의 값을 가질 수 있으며, 전자는 스핀 자기 양자수(m_s)를 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 값만 가질 수 있으므로 총 6가지의 양자수 조합이 가능해 최대 6개의 전자가 배치될 수 있다.

채점 기준	배점
최대로 배치될 수 있는 전자 수와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
까닭을 6개의 양자수를 가질 수 있기 때문이라고 서술하고, 왜 양자수가 6개인지 서술하지 않은 경우	50 %
최대로 배치될 수 있는 전자 수만 옳게 쓴 경우	30 %

32 꼼꼼 문제 분석

$n=2 \rightarrow n=1$로의 전자 전이이다.
$E_b=E_2-E_1$
$=-\frac{k}{2^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=\frac{3}{4}k$

$n=\infty \rightarrow n=1$로의 전자 전이이다.
$E_c=E_\infty-E_1$
$=-\frac{k}{\infty^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=k$



$n=\infty \rightarrow n=2$로의 전자 전이이다.
$E_a=E_\infty-E_2=-\frac{k}{\infty^2}-\left(-\frac{k}{2^2}\right)=\frac{1}{4}k$

a는 $n=\infty \rightarrow n=2$로의 전자 전이에서 방출되므로 발머 계열의 빛이고, b와 c는 각각 $n=2 \rightarrow n=1$, $n=\infty \rightarrow n=1$로의 전자 전이에서 방출되므로 라이먼 계열의 빛이다.

$n=2 \rightarrow n=1$로의 전자 전이에서 방출되는 빛에너지는 $\frac{3}{4}k$이고, $n=\infty \rightarrow n=2$로의 전이에서 방출되는 빛에너지는 $\frac{1}{4}k$이다. $\frac{1}{2}k$의 에너지를 갖는 빛이 방출되기 위해서는 $n=1$과 $n=2$ 사이에 에너지 준위가 존재해야 하는데, 이는 보어 원자 모형에 어긋나므로 $\frac{1}{2}k$의 에너지를 갖는 빛은 방출될 수 없다.

모범답안 (1) a, a에서 방출되는 에너지는 $\frac{1}{4}k$ kJ/mol이므로 발머 계열의 빛을 방출하는 $n=\infty \rightarrow n=2$로의 전자 전이를 한다.

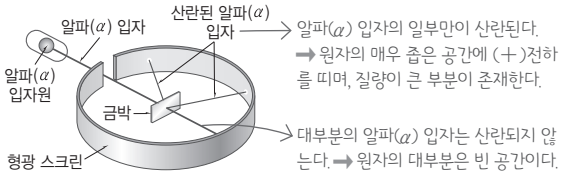
(2) $\frac{1}{2}k$ kJ/mol의 에너지를 갖는 빛이 방출되기 위해서는 $n=1$과 $n=2$ 사이에 에너지 준위가 존재해야 하기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	전자 전이를 옳게 고르고, 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
	전자 전이만 옳게 고른 경우	20 %
(2)	$n=1$과 $n=2$ 사이에 에너지 준위가 존재해야 한다고 서술한 경우	50 %
	옳게 서술하지 못한 경우	0 %

수능 실전 문제 104쪽~107쪽

1 ④ 2 ④ 3 ② 4 ③ 5 ⑤ 6 ③ 7 ⑤
8 ② 9 ① 10 ③ 11 ② 12 ② 13 ④ 14 ③
15 ③ 16 ①

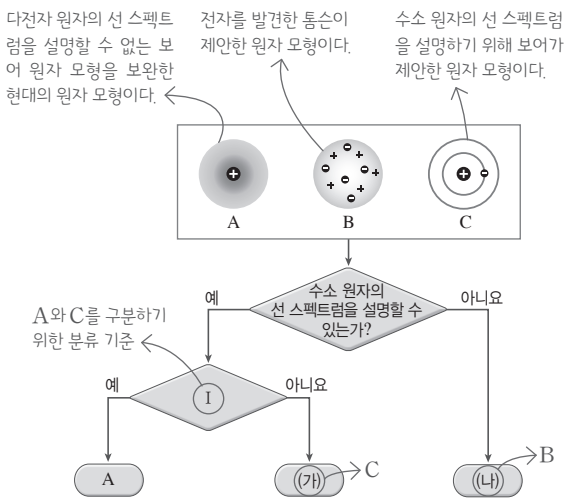
1 꼼꼼 문제 분석



전략적 풀이 알파(α) 입자 산란 실험으로 발견한 원자의 구성 입자를 생각해 본다.

러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험에서 발견된 입자는 원자핵이다. 원자의 대부분은 빈 공간이고, 매우 좁은 공간에 (+)전하를 띠며, 질량이 밀집된 원자핵이 존재한다.

2 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

✗ ㄱ. 기준 I로는 '원자핵이 존재하는가?'가 될 수 있다. 없다

ㄴ. (나)에 해당하는 원자 모형은 B이다.

ㄷ. (가)는 알파(α) 입자 산란 실험 결과를 설명할 수 있다.

전략적 풀이 ❶ 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명하기 위해 제안된 모형을 파악한다.

수소 원자의 선 스펙트럼을 설명하기 위해 제안된 원자 모형은 보어 원자 모형인 C이고, 현대의 원자 모형인 A는 보어 원자 모형의 한계를 해결하기 위해 제안된 모형이므로 보어 원자 모형에서 설명할 수 없었던 내용도 설명할 수 있다.

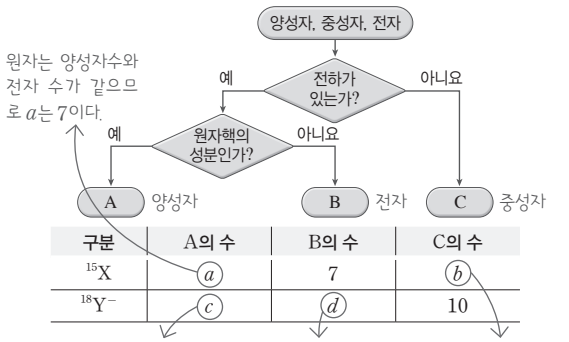
ㄴ. 톰슨 원자 모형인 B는 보어 원자 모형 이전에 나온 것이므로 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 없다. 따라서 (나)는 B이다.

❷ 보어 원자 모형과 현대 원자 모형의 차이점을 파악한다.

ㄱ. A와 (가)에 해당하는 C는 둘 다 원자핵이 존재하는 모형이므로 '원자핵이 존재하는가?'는 분류 기준이 될 수 없다. 분류 기준이 될 수 있는 것은 '다전자 원자의 스펙트럼을 설명할 수 있는가?' 등이 될 수 있다.

ㄷ. (가), 즉 C는 알파(α) 입자 산란 실험 이후에 제안된 모형이고, 원자핵이 존재하므로 알파(α) 입자 산란 실험의 결과를 설명할 수 있다.

3 문제 분석



구분	A의 수	B의 수	C의 수
^{15}X	a	7	b
$^{18}Y^-$	c	d	10

선택지 분석

✗ ㄱ. A와 B는 질량이 같다. A가 크다

ㄴ. $a+d=b+c$이다.

✗ ㄷ. Y의 원자 번호는 9이다. 8

전략적 풀이 ❶ 원자를 구성하는 입자의 성질을 생각하여 입자의 종류를 파악한다.

ㄱ. A는 양성자, B는 전자인데 전자의 질량은 양성자나 중성자의 질량에 비해 무시할 정도로 작다.

❷ 양성자수와 질량수의 관계로부터 a~d의 값을 파악한다.

ㄴ. $a+d=7+9=16$이고, $b+c=8+8=16$이다.

❸ 양성자수로 원자 번호를 알아낸다.

ㄷ. Y의 양성자수는 8인데 원자 번호와 양성자수가 같으므로 Y의 원자 번호는 8이다.

4 문제 분석

a, b는 원자핵을 구성하는 입자이므로 양성자와 중성자 중 하나이고 c는 전자이다.

구분	a의 수	b의 수	c의 수
X 이온	12	11	10
Y 이온	10	8	10

이온은 원자가 전자를 얻거나 잃어서 생성된 것이므로 양성자의 수와 전자의 수가 같을 수 없다. 따라서 b는 양성자이고, a는 중성자이다.

선택지 분석

ㄱ. b는 양성자이다.

ㄴ. 질량수는 X가 Y보다 크다.

✗ ㄷ. 전하량의 비는 X 이온 : Y 이온=1 : 1이다. 1 : 2

전략적 풀이 ❶ 주어진 입자의 수로부터 입자의 종류를 파악한 후, 각 입자의 수로부터 X와 Y의 질량수를 알아낸다.

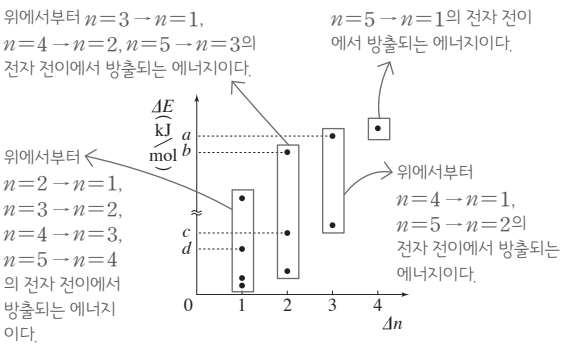
ㄱ. 이온은 원자가 전자를 잃거나 얻은 것이므로 양성자수는 전자 수와 달라야 한다. 따라서 c는 전자이므로 b가 양성자이고 a가 중성자이다.

ㄴ. 질량수=양성자수+중성자수이므로 X의 질량수는 23, Y의 질량수는 18이다. 따라서 질량수는 X가 Y보다 크다.

❷ 파악한 입자의 종류로 X 이온과 Y 이온의 전하량을 유추한다.

ㄷ. X 이온은 X가 전자 1개를 잃어 생성된 이온이므로 X^+이고, Y 이온은 Y가 전자 2개를 얻어 생성된 이온이므로 Y^{2-}이다. 따라서 전하량의 비는 X 이온 : Y 이온=1 : 2이다.

5 문제 분석



선택지 분석

㉠ $x=5$이다.

㉡ $a-c=b-d$이다.

㉢ 가시광선에 해당하는 빛은 3가지이다.

전략적 풀이 ❶ 주 양자수(n)에 따라 방출될 수 있는 빛에너지의 가짓수를 파악한다.

ㄱ. 주어진 점이 10개, 즉 방출되는 빛의 가짓수가 10가지이므로 $x=5$이다. $n=4$일 때는 6가지, $n=3$일 때는 3가지의 빛이 방출될 수 있다.

❷ 각 점에 해당하는 전자 전이를 파악하고 방출되는 에너지 관계를 파악한다.

ㄴ. a는 $n=4 \rightarrow n=1$, b는 $n=3 \rightarrow n=1$, c는 $n=4 \rightarrow n=2$, d는 $n=3 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출되는 빛의 에너지이다. 따라서 $a-c=(E_4-E_1)-(E_4-E_2)=E_2-E_1$이고, $b-d=(E_3-E_1)-(E_3-E_2)=E_2-E_1$이므로 $a-c=b-d$이다.

ㄷ. 가시광선은 $n \geq 3 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출되므로 $n=3 \rightarrow n=2$, $n=4 \rightarrow n=2$, $n=5 \rightarrow n=2$의 3가지이다.

6 꼼꼼 문제 분석

초록은 파장보다 에너지가 작은 가시광선이므로 (가)는 $n=4 \rightarrow n=2$ 또는 $n=3 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출된다.

$E_{Ⅱ}>E_{Ⅲ}$이므로 Ⅲ은 Ⅱ보다 에너지가 작은 가시광선이다. 따라서 Ⅱ는 $n=4 \rightarrow n=2$, Ⅲ은 $n=3 \rightarrow n=2$에서 방출되는 빛이다.

선	전자 전이	색깔	에너지(kJ/mol)
Ⅰ	$n=5 \rightarrow n=2$	파랑	$E_{Ⅰ}$
Ⅱ	(가)	초록	$E_{Ⅱ}$
Ⅲ	$n=a \rightarrow n=2$		$E_{Ⅲ}$
Ⅳ	$n=4 \rightarrow n=b$		$E_{Ⅳ}$

Ⅳ에서 b의 가능한 값은 1, 2, 3인데 Ⅳ의 에너지는 Ⅱ($n=4 \rightarrow n=2$)보다 크므로 $b=1$이다.

선택지 분석

㉠ a는 3이다.

㉡ Ⅳ는 자외선에 해당한다.

㉢ Ⅱ와 Ⅲ의 파장의 비는 $\lambda_{Ⅱ} : \lambda_{Ⅲ}=27 : 20$이다. 20 : 27

전략적 풀이 ❶ 빛의 파장과 에너지 관계로부터 각 선에 해당하는 전자 전이를 파악한다.

ㄱ. Ⅲ은 $n=3 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출되는 빛이므로 a는 3이다.

ㄴ. Ⅳ는 $n=4 \rightarrow n=1$의 전자 전이에서 방출되므로 자외선에 해당한다.

❷ 파장의 비를 직접 구하기 어려우므로 파장이 에너지와 반비례 관계임을 이용하여 구한다.

ㄷ. $E_{Ⅱ}=E_4-E_2=-\frac{1}{4^2}-\left(-\frac{1}{2^2}\right)=\frac{3}{16}$, $E_{Ⅲ}=E_3-E_2=-\frac{1}{3^2}-\left(-\frac{1}{2^2}\right)=\frac{5}{36}$이다. 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로 $\lambda_{Ⅱ} : \lambda_{Ⅲ}=\frac{5}{36} : \frac{3}{16}=20 : 27$이다.

7 꼼꼼 문제 분석

파장이 네 번째로 길다. 즉, 에너지가 네 번째로 작으므로 $n=6 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출된다.

파장이 가장 길다. 즉, 에너지가 가장 작으므로 $n=3 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출된다.

선택지 분석

㉠ 에너지는 a가 b보다 크다.

㉡ b의 에너지는 $\frac{5k}{36}$이다.

㉢ H가 H^+이 될 때 필요한 에너지는 b의 4배보다 크다.

전략적 풀이 ❶ 빛에너지와 파장의 관계를 생각해 본다.

ㄱ. 빛에너지는 파장에 반비례하므로 파장이 짧은 a의 에너지가 파장이 긴 b의 에너지보다 크다.

❷ 스펙트럼 선에 해당하는 전자 전이의 에너지를 구하고, H가 H^+이 될 때 필요한 에너지와 관련된 전자 전이를 생각해 본다.

ㄴ. b는 $n=3 \rightarrow n=2$의 전자 전이에서 방출되는 빛이므로 $E_b=-\frac{k}{3^2}-\left(-\frac{k}{2^2}\right)=\frac{5k}{36}$이다.

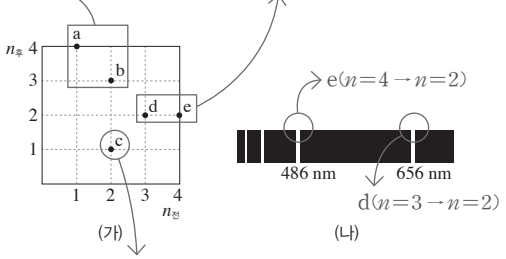
ㄷ. H가 H^+이 될 때 $n=1 \rightarrow n=\infty$의 전자 전이가 일어나므로 $-\frac{k}{1^2}-\left(-\frac{k}{\infty}\right)=-k$로 빛을 k만큼 흡수해야 한다.

따라서 $E_b\left(=\frac{5k}{36}\right)$의 4배보다 크다.

8 꼼꼼 문제 분석

a는 $n=1 \rightarrow n=4$, b는 $n=2 \rightarrow n=3$의 전자 전이이므로 빛에너지를 흡수한다.

d는 $n=3 \rightarrow n=2$, e는 $n=4 \rightarrow n=2$로의 전자 전이이므로 가시광선을 방출한다.



c는 $n=2 \rightarrow n=1$의 전자 전이이므로 자외선을 방출한다.

선택지 분석

ㄱ. 가장 큰 에너지의 빛을 방출하는 경우는 a이다. 흡수

ㄴ. 방출하는 빛의 파장은 d가 c보다 길다.

ㄷ. (나)에 빛이 나타나는 전자 전이는 3가지이다. 2가지(d, e)

전략적 풀이 ❶ (가)에서 a~e에 해당하는 전자 전이를 정리해 본다.

ㄱ. a는 $n=1 \rightarrow n=4$의 전자 전이로 에너지가 낮은 전자 껍질에서 에너지가 높은 전자 껍질로 전자가 전이하므로 가장 큰 에너지의 빛을 흡수한다. a~e 중 가장 큰 에너지의 빛을 방출하는 경우는 c이다.

ㄴ. d는 $n=3 \rightarrow n=2$, c는 $n=2 \rightarrow n=1$의 전자 전이로 d는 c보다 작은 에너지의 빛을 방출하므로 파장은 d가 c보다 길다.

❷ 가시광선이 방출되는 전자 전이를 생각해 본다.

ㄷ. (나)는 가시광선 영역의 스펙트럼이고, 486 nm의 선에 해당하는 e는 $n=4 \rightarrow n=2$, 656 nm의 선에 해당하는 d는 $n=3 \rightarrow n=2$의 전자 전이이므로 가시광선을 방출하는 전자 전이는 d, e 2가지이다.

9 꼼꼼 문제 분석

모양이 같은 것은 $1s$ 오비탈과 $2s$ 오비탈이므로 (가)와 (나)는 $1s$ 오비탈과 $2s$ 오비탈 중 하나이다.

- (가)와 (나)의 모양이 같다.
- (가)와 (다)에는 원자가 전자가 들어 있다.

원자가 전자는 가장 바깥 전자 껍질, 즉 주 양자수가 가장 큰 오비탈에 들어 있으므로 (가)와 (다)는 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈 중 하나이다. 따라서 (가)는 $2s$, (나)는 $1s$, (다)는 $2p$ 오비탈이다.

선택지 분석

ㄱ. 오비탈의 크기는 (가)>(나)이다.

ㄴ. 홀전자가 존재하는 오비탈은 (가)이다. (다)

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 (다)가 (나)의 2배이다. 3배

전략적 풀이 ❶ 주어진 자료로부터 (가)~(다)에 해당하는 오비탈을 파악한다.

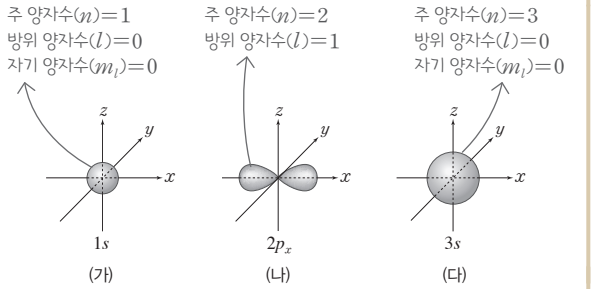
ㄱ. (가)와 (나)는 같은 모양의 오비탈이므로 $1s$, $2s$ 오비탈 중 하나이며, (가)에 원자가 전자가 들어 있으므로 주 양자수(n)는 (가)가 (나)보다 크고 오비탈의 크기는 (가)>(나)이다.

❷ 바닥상태 질소 원자의 전자 배치를 쓰고 홀전자 수와 전자가 들어 있는 오비탈 수를 파악한다.

ㄴ. 바닥상태 질소 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,1} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$이므로 홀전자가 존재하는 오비탈은 $2p$ 오비탈, 즉 (다)이다.

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈은 (다)는 $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$의 3개이고, (나)는 $1s$의 1개이므로 (다)가 (나)의 3배이다.

10 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. 방향성이 없는 것은 2가지이다.

ㄴ. (가)와 (다)는 자기 양자수(m_l)가 같다.

ㄷ. 방위 양자수(l)가 가장 큰 것은 (다)이다. (나)

전략적 풀이 ❶ 오비탈의 모양에 따른 특징을 생각해 본다.

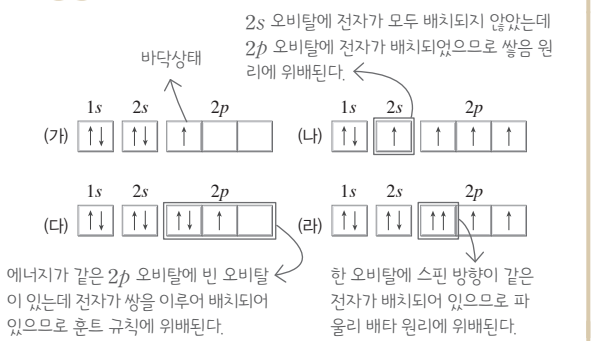
ㄱ. (가)와 (다)는 공 모양인 s 오비탈이므로 방향성이 없다.

❷ 각 오비탈의 양자수를 생각해 본다.

ㄴ. s 오비탈은 자기 양자수(m_l)가 0의 1가지 값만 가지므로 (가)와 (다)는 자기 양자수(m_l)가 0으로 같다.

ㄷ. 방위 양자수(l)가 가장 큰 것은 p 오비탈인 (나)이다.

11 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. 들뜬상태의 전자 배치는 3가지이다. 2가지((나), (다))

ㄴ. 훈트 규칙에 위배되는 전자 배치는 2가지이다. 1가지((다))

ㄷ. 바닥상태에서 홀전자 수가 가장 큰 것은 (다)이다.

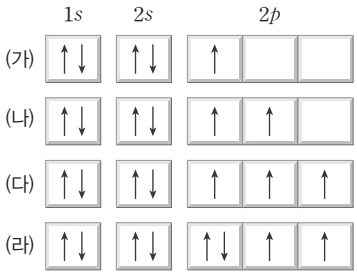
전략적 풀이 ❶ 각 전자 배치 중 전자 배치 규칙에 위배되는 전자 배치를 파악한다.

ㄱ. 전자 배치 규칙을 위배하는 전자 배치는 (나), (다), (라)의 3가지이지만, (라)는 들뜬상태가 아니라 존재할 수 없는 전자 배치이다.

ㄴ. 훈트 규칙에 위배되는 전자 배치는 (다) 1가지이다.

❷ 각 원자의 바닥상태의 전자 배치를 그려 홀전자 수를 파악한다.

ㄷ. 각 원자의 바닥상태의 전자 배치 (가)~(라)는 다음과 같다.



바닥상태에서 (가)~(라)의 홀전자 수는 각각 1, 2, 3, 2이므로 (다)가 가장 크다.

12 꼼꼼 문제 분석

쌓음 원리에 위배되는 전자 배치로 가능한 전자 배치는 다음과 같다.

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

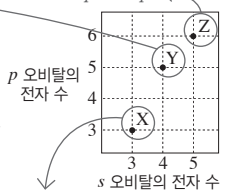
$1s^1 2s^2 2p^6 3s^2$

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^1$

$1s^2 2s^2 2p^5 3s^1 3p^1$

$1s^2 2s^2 2p^5$로 ㉠은 7이다.

원자	가장 바깥 전자 껍질	
	종류	전자 수
X	L	4
Y	L	㉠ → 7
Z	M	2



$1s^2 2s^1 2p^3$으로 쌓음 원리에 위배되는 들뜬상태이며, $2p$ 오비탈에 전자가 배치된 상태는 자료만으로는 알 수 없다.

선택지 분석

ㄱ. ㉠은 5이다. 7

ㄴ. 바탕상태의 원자는 1가지이다.

ㄷ. L 전자 껍질에 있는 전자 수는 Y가 Z보다 크다. 작거나 같다

전략적 풀이 ❶ 주어진 자료로 각 원자의 전자 배치를 파악한다.

ㄱ. Y의 L 전자 껍질에 존재하는 전자들의 전자 배치는 $2s^2 2p^5$이므로 ㉠은 7이다.

ㄷ. Z의 가능한 전자 배치는 다음과 같으므로 L 전자 껍질에 있는 전자 수는 7 또는 8이다.

$1s^2 2s^1 2p^6 3s^2$ $1s^1 2s^2 2p^6 3s^2$

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^1$ $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1 3p^1$

Y의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$이므로 L 전자 껍질의 전자 수는 7이다. 따라서 L 전자 껍질에 있는 전자 수는 Y가 Z보다 작거나 같다.

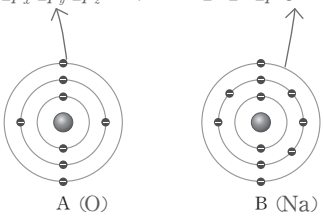
❷ 전자 배치 규칙으로 바닥상태의 원자를 파악한다.

ㄴ. X와 Z의 전자 배치는 모두 쌓음 원리에 위배되는 들뜬상태의 전자 배치이고, Y는 바닥상태의 전자 배치이다. 즉, 바닥상태의 원자는 Y 1가지이다.

13 꼼꼼 문제 분석

바닥상태의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$이다.

바닥상태의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$이다.



선택지 분석

① 원자가 전자 수는 같다. 다르다

② 홀전자 수는 B가 A보다 크다. 작다

③ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 같다. 다르다

④ 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수는 같다.

⑤ A는 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자가 들어 있는 오비탈 수가 증가한다. 변화 없음

전략적 풀이 오비탈을 이용하여 바닥상태의 전자 배치를 쓰고, 이를 바탕으로 문제를 해결한다.

A는 전자가 8개이므로 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$이고, B는 전자가 11개이므로 바닥상태 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$이다.

① 원자가 전자 수는 A가 6, B가 1이다.

② 홀전자 수는 A가 2, B가 1이다.

③ A는 K, L 전자 껍질에 전자가 들어 있고, B는 K, L, M 전자 껍질에 전자가 들어 있으므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 A가 2, B가 3이다.

④ 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수는 A와 B가 3으로 같다.

⑤ A는 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자 2개를 얻는데, 이 2개의 전자는 기존에 전자가 들어 있는 $2p_y$, $2p_z$ 오비탈에 배치되므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 변하지 않는다.

14 꼼꼼 문제 분석

바닥상태의 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$이므로 a는 5이다.

바닥상태의 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$이므로 b는 3이다.

원자	s 오비탈에 들어 있는 전자 수	p 오비탈에 들어 있는 전자 수	홀전자 수
(가)	a	6	1
(나)	4	3	b
(다)	3	c	d

바닥상태의 전자 배치가 $1s^2 2s^1$이므로 c는 0, d는 1이다.

선택지 분석

ㄱ. $a+b+c+d=9$이다.

ㄴ. (가)와 (다)는 화학적 성질이 비슷하다.

ㄷ. (다)에 존재하는 전자들의 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다. 0이 아니다

전략적 풀이 ❶ 각 원소의 바닥상태의 전자 배치를 파악하여 a~d를 유추한다.

ㄱ. a~d는 각각 5, 3, 0, 1이므로 $a+b+c+d=9$이다.

ㄴ. (가)와 (다)는 원자가 전자 수가 1로 같으므로 화학적 성질이 비슷하다.

❷ 한 오비탈에서 전자들이 가질 수 있는 스핀 자기 양자수(m_s)를 생각해 본다.

ㄷ. 스핀 자기 양자수(m_s)는 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$의 2가지 값만 가질 수 있으므로 한 오비탈에 전자 2개가 채워진 경우 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다. (다)는 $2s$ 오비탈에 홀전자가 존재하므로 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이 아니다.

15 꼼꼼 문제 분석

A는 2주기, B는 3주기, C는 2주기, D는 3주기 원자이다.

- 전자가 들어 있는 전자 껍질 수: B>A, D>C
- 전체 s 오비탈의 전자 수에 대한 전체 p 오비탈의 전자 수의 비

원자	A	B	C	D
$\frac{\text{전체 } p \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 } s \text{ 오비탈의 전자 수}}$	1	1	1.5	1.5

A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$이고, B의 전자 배치는 전자 껍질이 1개 많은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$이다. C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$이고, D의 전자 배치는 전자 껍질이 1개 많은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^{\,1} 3p_y^{\,1} 3p_z^{\,1}$이다.

선택지 분석

ㄱ. 홀전자 수는 D가 가장 크다.

ㄴ. 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수는 B가 A보다 크다. 같다

ㄷ. B가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되면 C와 전자 배치가 같다.

전략적 풀이 ❶ 두 종류 오비탈의 전자 수비가 1과 1.5로 가능한 전자 배치를 모두 써보고, 전자 껍질 수를 비교하여 A~D의 전자 배치를 파악한다.

A~D가 2, 3주기 원자이고 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 B, D>A, C이므로 A, C는 2주기 원자, B, D는 3주기 원자이다. 전체 s 오비탈의 전자 수 : 전체 p 오비탈의 전자 수가 1 : 1인 경우와 1 : 1.5인 경우의 전자 배치를 써보면 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$ B: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

C: $1s^2 2s^2 2p^6$ D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^{\,1} 3p_y^{\,1} 3p_z^{\,1}$

ㄱ. 홀전자 수는 A가 2, B와 C가 0, D가 3으로 D가 가장 크다.

ㄴ. 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수는 A와 B 모두 3($2p_x$, $2p_y$, $2p_z$)으로 같다.

❷ 원자가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때의 전자 배치를 생각해 본다.

ㄷ. B는 원자가 전자 수가 2이므로 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되면 전자 2개를 잃고 C와 전자 배치가 같아진다.

16 꼼꼼 문제 분석

원자의 전자 수는 원자 번호와 같고, 2주기 원자이므로 조건을 만족하는 원자의 쌍은 (6번, 3번), (8번, 4번), (10번, 5번)이다.

- 전자 수비는 X : Y=2 : 1이다.
- 전자가 들어 있는 오비탈 수비는 X : Y=5 : 2이다.

이 조건을 만족하는 원자의 쌍은 8번($1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$)과 4번($1s^2 2s^2$)이다.

선택지 분석

ㄱ. 홀전자 수는 X가 Y보다 크다.

ㄴ. 원자가 전자 수비는 X:Y=2 : 5이다. 3 : 1

ㄷ. X가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자가 들어 있는 p 오비탈 수가 증가한다. 변화 없음

전략적 풀이 ❶ 주어진 각 조건을 만족하는 원소들을 나열한 후 두 조건을 공통적으로 만족하는 원소의 전자 배치를 파악한다.

X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$, Y의 전자 배치는 $1s^2 2s^2$이다.

❷ 파악한 원소의 전자 배치를 이용하여 홀전자 수와 원자가 전자 수를 파악한다.

ㄱ. 홀전자 수는 X가 2, Y가 0이므로 X가 Y보다 크다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 X가 6, Y가 2이므로 X : Y=3 : 1이다.

❸ 원자가 이온이 될 때의 전자 배치 변화로 오비탈 수의 변화를 파악한다.

ㄷ. X가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,1} 2p_z^{\,1}$에서 $1s^2 2s^2 2p_x^{\,2} 2p_y^{\,2} 2p_z^{\,2}$가 되므로 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 변하지 않는다.

2 원소의 주기적 성질

01 주기율표

개념 확인 문제

113쪽

❶ 되베라이너 ❷ 뉴랜즈 ❸ 원자량 ❹ 원자 번호 ❺ 원자가 전자 수 ❻ 전자 껍질 수 ❼ 원자가 전자 수 ❽ 금속 ❾ 양 ❿ 비금속 ⓫ 음

1 23 **2** (1) × (2) ○ (3) × **3** ㄱ **4** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × **5** (1) B, C, D (2) C, E (3) B

1 세 쌍 원소를 원자량 순으로 나열했을 때 중간 원소의 원자량은 나머지 원소의 원자량을 평균한 값과 같다.

Na의 원자량 $=\frac{7+39}{2}=23$이다.

2 (1) 세 쌍 원소는 화학적 성질이 비슷한 원소들이므로 현대 주기율표에서 같은 족에 속한다.
(2) 옥타브설은 원자들을 원자량 순으로 배열했을 때 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타난다는 것으로 현대 주기율표에서 주기 개념의 시초가 되었다.
(3) 멘델레예프는 원소들을 원자량 순으로 배열하면 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타난다는 것을 발견하였다.

3 ㄱ. 주기율표의 세로줄을 족이라고 하며 1족~18족으로 분류하고, 가로줄을 주기라고 하며 1주기~7주기로 분류한다.
ㄴ. 현대 주기율표는 원소들을 원자 번호 순으로 배열하였다.
ㄷ. 같은 족에 속하는 원소들은 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하고, 같은 주기에 속하는 원소들은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

4 (1) A는 수소로 비금속 원소이고, B는 금속 원소, C는 준금속 원소, D는 비금속 원소이다.
(2) 비금속 원소인 A와 금속 원소인 B는 이온이 될 때 전자를 잃고 양이온이 된다.
(3) D는 비금속 원소이므로 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.
(4) E는 비활성 기체로 실온에서 기체 상태로 존재한다.

5 (1) B, C, D는 가장 큰 주 양자수(n)가 2이므로 2주기에 속하는 원소이다. A는 1주기, E는 3주기 원소이다.
(2) C와 E는 원자가 전자 수가 4로 같으므로 14족 원소이다.
(3) B는 원자가 전자 수가 2로 2족 원소이므로 금속 원소이다.

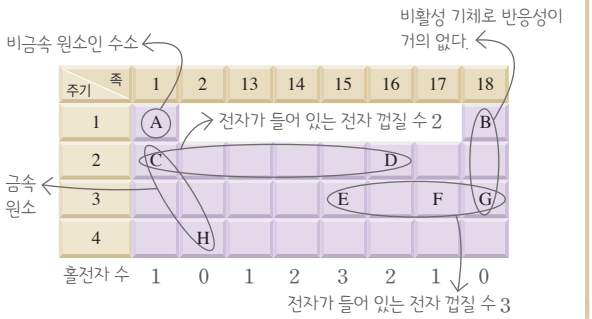
대표 자료 분석

114쪽

자료 ① **1** (1) C, H (2) A, B, D, E, F, G **2** (1) ㉠ +1, ㉡ 양 (2) ㉠ −1, ㉡ 음 (3) 비활성 (4) ㉠ +2, ㉡ 양 **3** (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) × (6) ○ (7) ○

자료 ② **1** A, B **2** B, C, E **3** B, D **4** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

1-1 꼼꼼 문제 분석



주기율표의 왼쪽에 위치하는 C는 알칼리 금속 원소, H는 알칼리 토금속 원소이고, 왼쪽에 위치하는 수소인 A와 오른쪽에 위치하는 B, D, E, F, G는 비금속 원소이다.

1-2 (1) C는 알칼리 금속 원소로 +1의 전하를 띠는 양이온이 되기 쉽다.
(2) F는 할로젠으로 −1의 전하를 띠는 음이온이 되기 쉽다.
(3) B와 G는 비활성 기체로 반응성이 거의 없다.
(4) H는 알칼리 토금속 원소로 +2의 전하를 띠는 양이온이 되기 쉽다.

1-3 (1) C와 D는 같은 2주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2로 같다.
(2) C는 1족 원소, H는 2족 원소이므로 원자가 전자 수는 각각 1, 2로 서로 다르다.
(3) 바닥상태에서 홀전자 수는 15족 원소인 E가 3으로 가장 크다.
- A: $1s^1$
- B: $1s^2$
- C: $1s^2 2s^1$
- D: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$

• E: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$
• F: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^2 3p_z^1$
• G: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
• H: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

(4) D, E, F는 비금속 원소이므로 열과 전기 전도성이 매우 작다.
(5) E와 G의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$이므로 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 9로 같다.
(6) B와 G는 비활성 기체로 실온에서 기체 상태로 존재한다.
(7) A, C, H는 1, 2족 원소로 원자가 전자 수가 1, 2이므로 전자 1개 또는 2개를 잃고 양이온이 된다.

2-1 꼼꼼 **문제 분석**

원자 또는 이온	전자 배치
A 수소(H)	$1s^1$ → 1주기 1족 원소
B 리튬(Li)	$1s^2 2s^1$ → 2주기 1족 원소
금속 원소 C 산소(O)	$1s^2 2s^2 2p^4$ → 2주기 16족 원소
D^{2+} 마그네슘 이온(Mg^{2+})	$1s^2 2s^2 2p^6$ → 3주기 2족 원소
E^- 플루오린화 이온(F^-)	$1s^2 2s^2 2p^6$ → 2주기 17족 원소

D의 전자 배치: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
E의 전자 배치: $1s^2 2s^2 2p^5$

D^{2+}은 D가 전자 2개를 잃어 생성된 양이온이므로 D의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$이고, E^-은 E가 전자 1개를 얻어 생성된 음이온이므로 E의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$이다. 따라서 같은 족에 속하는 원소는 A, B로 원자가 전자 수가 각각 1이다.

2-2 오비탈의 가장 큰 주 양자수(n)가 2인 B, C, E가 2주기 원소이다.

2-3 B와 D는 원자가 전자 수가 각각 1, 2로 금속 원소이다.

2-4 (1) D는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 3이고 원자가 전자 수가 2이므로 3주기 2족 원소이다.
(2) B는 1족 원소이므로 알칼리 금속이다.
(3) A, C, E는 각각 수소(H), 산소(O), 플루오린(F)으로 실온에서 기체 상태로 존재하는 비금속 원소이므로 열과 전기를 잘 통하지 않는다.
(4) 원자가 전자 수는 E가 7로 가장 크다.
(5) 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 D가 3으로 가장 크다.
(6) B는 전자 1개를 잃고 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온(B^+)이 되므로 B^+의 전자 배치는 $1s^2$이고, C는 전자 2개를 얻어 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온(C^{2-})이 되므로 C^{2-}의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$이다.
(7) 원자가 전자가 p 오비탈에 들어 있는 원소는 C, E 2가지이다.

내신 만점 문제

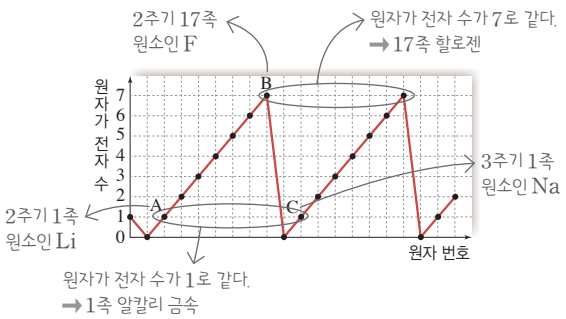
115쪽~119쪽

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

01 바로알기 • 철수: 뉴랜즈는 원소들을 원자량 순으로 배열하였다.
• 인성: 모즐리는 원소들을 원자 번호 순으로 배열하여 현대 주기율표의 틀을 만들었다.

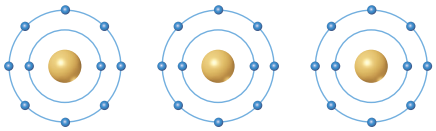
02 ㄱ. 세 쌍 원소를 원자량 순으로 나열했을 때 중간에 위치하는 원소의 원자량은 나머지 원소의 원자량을 평균한 값을 갖는다. 따라서 Na의 원자량 $x = \frac{7+39}{2} = 23$이다.
ㄷ. 세 쌍 원소는 화학적 성질이 비슷한 원소가 3개씩 묶음으로 존재한다는 것이므로 현대 주기율표에서 같은 족에 속하는 원소이다.
바로알기 ㄴ. 세 쌍 원소는 족 개념의 시초가 되었고, 뉴랜즈의 옥타브설은 주기 개념의 시초가 되었다.

03 꼼꼼 **문제 분석**



원자가 전자 수는 족의 끝자리 수와 같다. 1족 원소는 원자가 전자 수가 1이므로 A는 2주기 1족 원소인 Li, B는 2주기 17족 원소인 F, C는 3주기 1족 원소인 Na이다.
ㄱ. A와 C는 원자가 전자 수가 1로 같은 1족 원소이므로 화학적 성질이 비슷하다.
ㄷ. 비슷한 화학적 성질을 갖는 원소가 주기적으로 나타나는 까닭은 원자가 전자 수가 주기적으로 변하기 때문이다.
바로알기 ㄴ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 B가 2, C가 3으로 서로 다르다.

04 A, B^{3+}, C^{2-}은 전자가 K 전자 껍질에 2개, L 전자 껍질에 8개가 배치되어 전자 배치가 모두 같다.



A는 가장 바깥 전자 껍질에 전자 수가 8인 것으로 보아 비활성 기체이며, 원자가 전자 수는 0이다. 비활성 기체는 전자를 잃거나 얻으려는 경향이 없어 반응성이 거의 없다.

B^{3+}은 B 원자가 전자 3개를 잃어 형성된 양이온이므로 B는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 3이고, 원자가 전자 수가 3인 원소이다.

C^{2-}은 C 원자가 전자 2개를 얻어 형성된 음이온이므로 C는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2이고 원자가 전자 수가 6인 원소이다.

② 원자에서 전자 수는 원자 번호와 같다. 전자 수는 A가 10, B가 13, C가 8이므로 원자 번호는 B가 가장 크다.

④ 원자가 전자 수는 B가 3, C가 6이므로 C가 B보다 크다.

⑤ A와 C는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2로 같으므로 모두 2주기 원소이다.

바로알기 ③ A와 B는 원자가 전자 수가 다르므로 화학적 성질이 다르다.

05 **바로알기** ⑤ 3주기에는 8개, 4주기에는 18개의 원소가 존재한다.

06 플루오린(F), 염소(Cl), 브로민(Br)은 모두 17족 원소이다.

ㄴ. 원자가 전자 수가 7로 같다.

ㄷ. 원자가 전자 수가 같으므로 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 수(ns^2np^5)도 같다.

바로알기 ㄱ. F은 2주기, Cl는 3주기, Br은 4주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 각각 2, 3, 4로 다르다.

07 꼼꼼 문제 분석

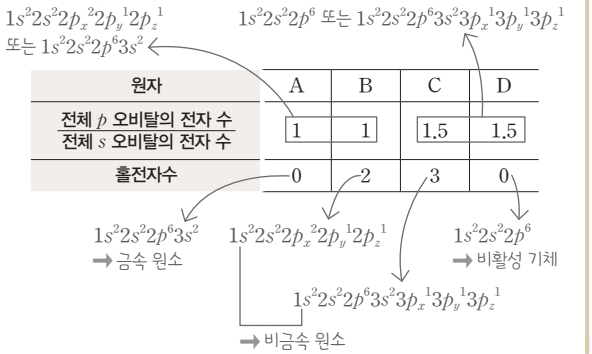
이온	전자 배치
A^{2+}, B^-	$1s^2 2s^2 2p^6$
C^{2+}, D^{2-}	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
원자	전자 배치
A	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
B	$1s^2 2s^2 2p_x^{\ 2} 2p_y^{\ 2} 2p_z^{\ 1}$
C	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
D	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^{\ 2} 3p_y^{\ 1} 3p_z^{\ 1}$

ㄴ. A와 C는 원자가 전자 수가 2로 모두 2족 원소이다.

ㄷ. A와 D는 오비탈의 가장 큰 주 양자수(n)가 3이므로 같은 3주기 원소이다.

바로알기 ㄱ. B는 원자가 전자 수가 7이고, 오비탈의 가장 큰 주 양자수(n)가 2이므로 2주기 17족 원소이다.

08 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. A와 C는 3주기 원소이다.

바로알기 ㄴ. 원자가 전자 수는 A가 2, B가 6, C가 5, D가 0이다. 따라서 원자가 전자 수는 B가 가장 크다.

ㄷ. 음이온이 되기 쉬운 원소는 비금속 원소인 B와 C이며, 비활성 기체인 D는 비금속 원소이지만 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 8로 매우 안정하여 반응성이 거의 없으므로 이온을 형성하지 않는다.

09 ㄱ. 전자가 들어 있는 오비탈의 수가 4인 경우 바닥상태의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\ 1} 2p_y^{\ 1}$인데, 이 경우 홀전자 수가 2이므로 주어진 X의 전자 배치와는 다르다. 따라서 주어진 X의 전자 배치는 들뜬상태의 전자 배치이다.

ㄴ, ㄷ. 주어진 조건을 만족하는 전자 배치는 $1s^2 2s^1 2p_x^{\ 1} 2p_y^{\ 1}$, $1s^1 2s^2 2p_x^{\ 1} 2p_y^{\ 1}$, $1s^2 2p_x^{\ 1} 2p_y^{\ 1} 2p_z^{\ 1}$, $2s^2 2p_x^{\ 1} 2p_y^{\ 1} 2p_z^{\ 1}$, $1s^1 2s^1 2p_x^{\ 2} 2p_y^{\ 1}$ 등이다. 따라서 X의 전자 수는 5이므로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^{\ 1}$이고, 오비탈의 가장 큰 주 양자수(n)가 2, 원자가 전자 수가 3이므로 2주기 13족 원소이다.

10 ㄱ. E, G는 16족 원소로 원자가 전자 수는 6이다.

바로알기 ㄴ. C, F는 금속 원소, A와 D는 비금속 원소이다.

ㄷ. 비활성 기체인 B는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 8로 매우 안정하여 반응성이 거의 없으므로 이온을 형성하지 않는다.

11 X의 전자 배치를 자세히 나타내면 $1s^2 2s^2 2p_x^{\ 1} 2p_y^{\ 1}$이다.

⑤ 홀전자는 1개의 오비탈에 쌍을 이루지 않고 들어 있는 전자이므로 홀전자 수는 2이다.

바로알기 ①, ④ 원자가 전자는 $2s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자로 원자가 전자 수는 4이다. 따라서 14족 원소이다.

② 원자가 전자 수가 4이므로 비금속 원소이다.

③ 오비탈의 가장 큰 주 양자수(n)가 2이므로 2주기 원소이다.

12 꼼꼼 문제 분석

원자가 전자

원자	전자 배치	
A	$1s^{①}$	1주기 1족 원소 ➡ H
B	$1s^2 2s^{①}$	2주기 1족 원소 ➡ Li
C	$1s^2 2s^{②} 2p^{③}$	2주기 15족 원소 ➡ N
D	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^{①}$	3주기 1족 원소 ➡ Na

ㄱ, ㄴ. A, B, D는 원자가 전자 수가 모두 1로 1족 원소지만, A는 수소(H)로 비금속 원소이고, B, D는 금속 원소이다.
ㄷ. C는 원자가 전자 수가 5로 가장 크다.

13 ①, ③, ⑤ X^{2+}은 전자 2개를 잃어 생성된 양이온이므로 X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$로 나타낼 수 있다. 따라서 X는 원자가 전자 수가 2인 3주기 2족 금속 원소이다.
④ 금속 원소이므로 실온에서 고체 상태이다.
바로알기 ② X^{2+}은 X가 전자 2개를 잃어 생성된 이온이므로 X의 전자 수는 12이고 원자 번호는 12이다.

14 ㄴ. B와 C는 같은 2주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2로 같다.
바로알기 ㄱ. 금속 원소는 B와 D 2가지이다. A는 수소(H)로 비금속 원소이다.
ㄷ. D와 E의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$이다. 따라서 D와 E의 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 각각 6, 9이다.

15 ㄱ. A와 D는 비활성 기체로 실온에서 기체로 존재한다.
ㄷ. C는 원자가 전자 수가 6이므로 전자 2개를 얻어 D와 같은 전자 배치를 갖는 음이온이 되고, E는 원자가 전자 수가 2이므로 전자 2개를 잃고 D와 같은 전자 배치를 갖는 양이온이 된다.
바로알기 ㄴ. C와 F는 전자를 얻어 음이온이 되기 쉬우며 바닥 상태의 전자 배치는 다음과 같다.
C: $1s^2 2s^2 2p_x^{\ 2} 2p_y^{\ 1} 2p_z^{\ 1}$
F: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^{\ 2} 3p_y^{\ 2} 3p_z^{\ 1}$
홀전자 수는 C가 2, F가 1이므로 C가 F보다 크다.

16 ㄴ. (다)는 준금속 원소로 금속 원소인 (나)와 비금속 원소인 (라)의 중간 성질을 갖는다.
바로알기 ㄱ. (가)는 비금속 원소인 수소로 열과 전기가 잘 통하지 않는다.
ㄷ. (마)는 비활성 기체로 가장 바깥 전자 껍질에 전자를 모두 채워 매우 안정하여 반응성이 거의 없으므로 이온을 생성하지 않고 비금속성이 없다.

17 (나)에 속한 원소들은 원자가 전자 수가 대부분 1~3으로 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖기 위해 전자를 잃고 양이온이 되며, (가)는 수소로 비금속 원소이지만 전자를 잃고 양이온이 된다. (마)에 속한 원소들은 비활성 기체로 반응성이 거의 없어 이온이 되지 않는다. (라)에 속한 원소들은 대부분 원자가 전자 수가 5~7로 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개가 되기 위해서는 전자를 잃는 것보다는 전자 1~3개를 얻는 것이 유리하므로 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

모범답안 (라), (라)에 속한 원소들은 대부분 원자가 전자 수가 5~7로 비활성 기체의 전자 배치를 갖기 위해 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

채점 기준	배점
기호를 옳게 쓰고 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
기호를 옳게 썼으나 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	50 %
기호만 옳게 쓴 경우	30 %

18 ⑤ X는 전자 수가 10인 Ne으로 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개가 채워진 비활성 기체이다. 따라서 화학적으로 안정하여 반응성이 거의 없다.
바로알기 ① 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2이므로 2주기 원소이다.
② 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개가 채워진 18족 원소이다.
③, ④ 비활성 기체는 비금속 원소로 분류하지만 반응성이 거의 없어 이온을 잘 형성하지 않는다.

19 ㄷ. 원자가 전자는 ns 오비탈에 2개, np 오비탈에 6개가 존재할 수 있다. A, C는 원자가 전자 수가 각각 1, 2이므로 원자가 전자가 ns 오비탈에 들어 있고, D는 원자가 전자 수가 6이므로 원자가 전자가 ns 오비탈과 np 오비탈에 들어 있다.
바로알기 ㄱ. A는 비금속 원소인 수소이고, C는 금속 원소이다. 따라서 A와 C는 전자를 잃고 양이온이 된다.
ㄷ. B와 E는 비활성 기체이고 가장 바깥 전자 껍질에 B는 2개, E는 8개의 전자가 채워진다.

20 꼼꼼 문제 분석

주기가 커질수록, 즉 원자 번호가 커질수록 녹는점과 끓는점이 높아진다.

원소	플루오린(F)	브로민(Br)	아이오딘(I)
주기	2	4	5
녹는점(℃)	−219.6	−7.2	113.6
끓는점(℃)	−188.0	59	184.4
원자량	19	80	127
수소 화합물	HF	HBr	HI

수소와 1 : 1의 비로 화합물을 형성한다.

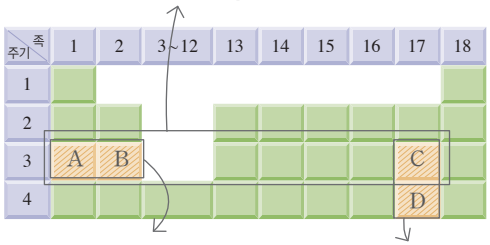
ㄴ. 염소(Cl)는 원자량이 플루오린(F)보다 크므로 원자 번호가 플루오린(F)보다 크다. 따라서 끓는점의 경향으로 보아 원자 번호가 큰 염소의 끓는점이 플루오린보다 높다.

ㄷ. 다른 할로젠들이 수소와 1 : 1의 비로 결합하므로 같은 족 원소인 염소도 수소와 1 : 1의 비로 결합하여 HCl를 생성한다.

바로알기 ㄱ. 염소의 녹는점은 플루오린보다는 높고 브로민보다는 낮다. 즉, 염소는 브로민의 녹는점인 −7.2 ℃보다 낮은 온도에서 녹아 액체 상태가 되므로 이보다 높은 실온(25 ℃)에서는 고체 상태로 존재할 수 없다.

21 꼼꼼 문제 분석

3주기 원소로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.



A와 B는 금속 원소이며, A는 원자가 전자 수가 가장 작은 1족 원소이다.

C와 D는 비금속 원소이며, D는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 C보다 크다.

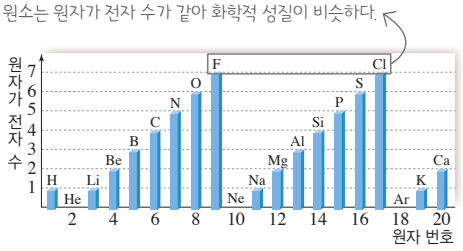
ㄱ. A는 3주기 1족, B는 3주기 2족, C는 3주기 17족, D는 4주기 17족 원소이다. 따라서 A는 알칼리 금속 원소이다.

ㄷ. 비금속성은 주기율표의 오른쪽 위로 갈수록 커지므로 C가 D보다 크다.

바로알기 ㄴ. B는 3주기 원소이고, D는 4주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 다르다.

22 꼼꼼 문제 분석

같은 족 원소는 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.



주기율표의 같은 족 원소는 화학적 성질이 비슷하다.

모범답안 염소(Cl), 염소(Cl)는 플루오린(F)과 원자가 전자 수가 같으므로 화학적 성질이 비슷하다.

채점 기준	배점
Cl를 쓰고, 그 까닭을 원자가 전자 수를 이용하여 옳게 서술한 경우	100 %
Cl를 썼지만 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	50 %
Cl만 쓴 경우	30 %

02 원소의 주기적 성질

개념 확인 문제 123쪽

❶ 가려막기 효과 ❷ 유효 핵전하 ❸ 증가 ❹ 증가 ❺ 감소 ❻ 유효 핵전하 ❼ 증가 ❽ 전자 껍질 수 ❾ > ❿ < ⓫ 감소 ⓬ 유효 핵전하 ⓭ 전자 껍질 수

1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × **2** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

3 (1) (원자가 전자가 느끼는) 유효 핵전하 (2) (전자가 들어 있는) 전자 껍질 수 (3) 전자 수 **4** (1) A, B (2) C, D (3) D (4) 전자 수

5 ㄱ, ㄴ

1 (1) 수소(H)는 전자가 1개뿐이므로 가려막기 효과가 없어 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 실제 핵전하와 같은 +1이다.

(2) 플루오린(F)의 핵전하는 +9이고, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 가려막기 효과 때문에 +9보다 작다.

(3) 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 염소(Cl)가 나트륨(Na)보다 크다.

(4) 같은 족에서는 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 나트륨(Na)이 리튬(Li)보다 크다.

2 (1) c는 e와 같은 전자 껍질에 있고, d는 e보다 안쪽 전자 껍질에 있으므로 가려막기 효과는 d가 c보다 크다.

(2) b보다 안쪽 전자 껍질에 있는 a가 느끼는 유효 핵전하가 크다.

(3) 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 큰 Be의 e가 Li의 b보다 크다.

(4) c와 e는 같은 전자 껍질에 있으므로 c와 e가 느끼는 유효 핵전하는 같다.

3 (1) Li, F은 같은 주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같지만 원자 번호가 F > Li이므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 F > Li이다. 따라서 반지름은 Li > F이다.

(2) Na^+은 원자가 전자가 1개인 Na이 전자 1개를 잃어 생성된 양이온이므로 Na보다 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 적어 반지름은 Na > Na^+이다.

(3) F^-은 F이 전자 1개를 얻어 생성된 음이온으로 F과 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 같지만 전자 수가 커 전자 사이의 반발력이 크기 때문에 반지름은 F < F^-이다.

4 (1) 금속 원소는 양이온이 되기 쉬운 원소이고, 원자가 양이온이 되면 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 감소하여 반지름이 작아진다. 따라서 금속 원소는 이온 반지름이 원자 반지름보다 작은 A와 B이다.

(2) 음이온이 되면 전자 수가 증가하여 전자 사이의 반발력이 커지므로 반지름이 증가한다. 따라서 음이온이 되기 쉬운 원소는 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 C와 D이다.
(3) 모두 2주기 원소이므로 원자 반지름이 가장 작은 D의 원자 번호가 가장 크다.
(4) D는 비금속 원소로 음이온이 되면서 전자 수가 커져 전자 사이의 반발력이 커지므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다.

5 ㄱ. 금속성은 양이온이 되기 쉬운 성질이므로 금속 원소인 Li이 비금속 원소인 F보다 크다.
ㄴ. Li과 F은 같은 주기 원소이므로 원자 번호가 작은 Li이 F보다 반지름이 크다.
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 증가하므로 원자 번호가 큰 F이 Li보다 크다.
ㄹ. Li과 F은 같은 주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같은데, Li^+은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 감소한 상태이므로 F^-보다 반지름이 작다.

개념 확인 문제

126쪽

❶ 이온화 에너지 ❷ 증가 ❸ 감소 ❹ 증가 ❺ 원자가 전자 수

1 (1) × (2) × (3) ○ (4) × **2** (1) B, C (2) E (3) D **3** (1) Li<F (2) Na>K (3) Be>B (4) P>S **4** (1) ○ (2) × (3) ○ **5** (1) 3 (2) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ **6** (1) × (2) ○ (3) × (4) ×

1 (1) 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 클수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 커져 전자를 떼어 내기 어려워지므로 이온화 에너지는 커진다.
(2) 같은 주기에서 금속 원소는 비금속 원소보다 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 작기 때문에 이온화 에너지가 작다.
(3) 이온화 에너지가 작은 원소일수록 전자를 떼어 내기 쉽기 때문에 양이온이 되기 쉽다.
(4) 차수가 증가할수록 전자 수가 감소하기 때문에 전자 사이의 반발력이 작아져 전자를 떼어 내기 어려워지므로 순차 이온화 에너지는 증가한다.

2 (1) 이온화 에너지는 같은 주기에서 원자 번호가 증가함에 따라 대체로 증가하며, 주기가 바뀔 때 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 증가하므로 급격히 감소한다. 따라서 A, B, C는 2주기 원소이고, D는 3주기 원소이다.
(2) C 다음에 이온화 에너지가 급격히 감소하므로 C는 주기의 마지막 원소이며, 같은 경향을 나타내는 E가 C와 같은 족 원소이다.
(3) A~E 중 이온화 에너지가 가장 작은 D가 가장 양이온이 되기 쉽다.

3 (1) Li과 F은 같은 주기 원소이므로 원자 번호가 큰 F이 Li보다 이온화 에너지가 크다.
(2) Na과 K은 같은 족 원소이므로 원자 번호가 작은 Na이 K보다 이온화 에너지가 크다.
(3) Be과 B는 같은 주기 원소이지만 이온화 에너지의 예외가 나타나는 2족과 13족 원소이므로 원자 번호가 작은 Be이 B보다 이온화 에너지가 크다.
(4) P과 S은 같은 주기 원소이지만 이온화 에너지의 예외가 나타나는 15족과 16족 원소이므로 원자 번호가 작은 P이 S보다 이온화 에너지가 크다.

4 (1) 이온화 에너지(E_1)는 기체 상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어 내는 데 필요한 최소한의 에너지이므로 항상 양의 값을 갖는다.
(2) 차수가 증가할수록 전자 수가 감소하기 때문에 전자 사이의 반발력이 작아져 전자를 떼어 내기 어려워지므로 순차 이온화 에너지는 증가한다. 따라서 제1 이온화 에너지인 E_1은 제2 이온화 에너지인 E_2보다 작다.
(3) 원자가 전자 수는 Na이 1이고, Mg은 2이다. 따라서 두 번째 전자를 떼어 낼 때 Na은 L 전자 껍질에서 전자를 떼어 내고, Mg은 M 전자 껍질에서 전자를 떼어 내므로 E_2는 Na이 Mg보다 크다.

5 (1) E_4에서 순차 이온화 에너지가 급증하므로 원소 X의 원자가 전자 수는 3이다.
(2) X는 3주기 13족 원소이므로 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$이다.

6 (1) A는 E_2에서 순차 이온화 에너지가 급증하므로 원자가 전자 수가 1인 3주기 1족 원소이고, B는 E_3에서 순차 이온화 에너지가 급증하므로 원자가 전자 수가 2인 3주기 2족 원소이다.
(2) 제1 이온화 에너지가 작은 A가 B보다 양이온이 되기 쉽다.
(3) A와 B는 같은 주기 원소이므로 2족 원소인 B의 원자 번호가 A보다 크다.
(4) B는 원자가 전자 수가 2이므로 전자 2몰을 잃고 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 된다. 따라서 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되기 위해서는 전자 2몰을 잃어야 하므로 $E_1+E_2=738+1451=2189$(kJ/mol)이 필요하다.

대표 자료 분석

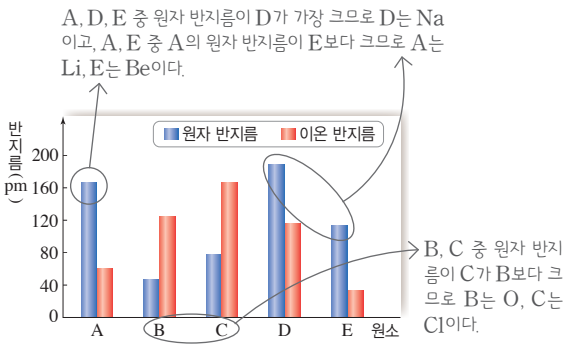
127 쪽

자료 1 **1** A, D, E **2** A, B, E **3** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

자료 2 **1** B, D **2** A, B, C **3** $1s^2 2s^2 2p^1$ **4** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석

- A, D, E: 원자 반지름 > 이온 반지름 ➡ 금속 원소
- B, C: 원자 반지름 < 이온 반지름 ➡ 비금속 원소



금속 원소는 양이온이 되기 쉬운 원소이고 원자가 양이온이 될 때 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 감소하여 반지름이 작아진다. 따라서 이온 반지름이 원자 반지름보다 작은 A, D, E가 금속 원소이다.

1-2 금속 원소의 반지름은 Na > Li > Be이므로 A는 Li, D는 Na, E는 Be이며, 비금속 원소의 반지름은 O < Cl이므로 B는 O, C는 Cl이다. 따라서 2주기에 속하는 원소는 A(Li), B(O), E(Be)이다.

1-3 (1) A(Li)와 B(O)는 같은 2주기 원소이지만 A는 이온이 되면 전자를 잃어 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 감소하고, B는 이온이 되면 전자를 얻어 같은 주기의 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖기 때문에 A 이온과 B 이온의 전자 배치는 다르다.
(2) B 이온(O^{2-})과 D 이온(Na^+)은 등전자 이온이므로 원자 번호가 작아 유효 핵전하가 작은 B 이온의 반지름이 D 이온보다 크다.
(3) A(Li)는 이온이 될 때 전자가 들어 있는 전자 껍질 1개가 감소하기 때문에 원자 반지름이 이온 반지름보다 크다.
(4) C(Cl)는 이온이 될 때 전자를 얻으므로 전자 수가 증가하여 전자 사이의 반발력이 커지기 때문에 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다.
(5) C(Cl)와 D(Na)는 같은 3주기 원소인데 이온이 될 때 D는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 감소하기 때문에 C보다 이온 반지름이 작다.
(6) 황(S)은 B(O)와 같은 족 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 많은 황(S)의 이온 반지름이 B의 이온 반지름보다 크다.
(7) F^-과 B 이온(O^{2-}), D 이온(Na^+)은 등전자 이온이므로 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 커져 이온 반지름이 작아진다. 따라서 이온 반지름은 $O^{2-} > F^- > Na^+$ 순이다.

2-1 꼼꼼 문제 분석

E_2가 급증: 원자가 전자 수 1 ➡ 1족

E_1이 B > D이므로 B는 2주기, D는 3주기 원소이다.

원소	순차 이온화 에너지(kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	520	7298	11875	–
B	899	1757	18489	21007
C	801	x	3660	25026
D	738	1451	7733	10542

E_3가 급증: 원자가 전자 수 2 ➡ 2족

E_4가 급증: 원자가 전자 수 3 ➡ 13족

E_3가 급증: 원자가 전자 수 2 ➡ 2족

같은 주기에서 E_1은 1족 < 13족 < 2족이므로 A, C가 3주기 원소라면 이온화 에너지가 A < C < D가 되어야 하는데 모순이므로 A, C는 2주기 원소이다.

순차 이온화 에너지가 A는 E_2에서 급증하므로 원자가 전자 수가 1인 1족 원소이고, B는 E_3에서 급증하므로 2족 원소, C는 E_4에서 급증하므로 13족 원소, D는 E_3에서 급증하므로 2족 원소이다. 따라서 같은 족에 속하는 원소는 B, D이다.

2-2 B와 D는 같은 2족 원소이므로 E_1이 큰 B가 2주기 원소, D가 3주기 원소이다. 한편, 같은 주기에서 이온화 에너지는 1족 < 13족 < 2족 원소 순이므로 A, C가 3주기 원소이면 이온화 에너지의 크기는 A < C < D가 되어야 하는데, 자료와 맞지 않으므로 A, C는 2주기 원소이다. 2주기 원소인 B와 이온화 에너지를 비교하면 A < C < B 순이다.

2-3 C는 2주기 13족 원소이므로 바닥상태의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^1$이다.

2-4 (1) C의 원자가 전자 수가 3으로 가장 크다.
(2) 제1 이온화 에너지는 전자 배치의 특성 때문에 같은 주기 원소이면서 원자 번호가 큰 C가 B보다 작지만, 제2 이온화 에너지는 원자 번호가 큰 C(x)가 B(1757 kJ/mol)보다 크다.
(3) D는 원자가 전자 수가 2이므로 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖는 이온이 되기 위해서는 전자 2몰을 잃어야 한다. 따라서 $E_1 + E_2 = 738 + 1451 = 2189$(kJ/mol)이 필요하다.
(4) 비활성 기체의 전자 배치를 갖기 가장 쉬운 원소는 필요한 이온화 에너지가 가장 작은 A이다.
(5) 일반적으로 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크면 원자핵과 전자 사이의 인력이 크기 때문에 이온화 에너지가 크다.

같은 주기이면서 원자 번호가 작은 B는 C보다 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 작지만 전자 배치의 특성 때문에 제1 이온화 에너지가 크다.

(6) 같은 족 원소인 B와 D에서 3주기 원소인 D보다 2주기 원소인 B의 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 작아 B의 반지름이 작다. 한편, 같은 2주기 원소인 A, B, C에서 원자 번호가 클수록 반지름이 작아지므로 원자 번호가 가장 큰 C의 반지름이 가장 작다. 따라서 원자 반지름이 B는 D보다 작고, C는 A, B보다 작으므로 C의 반지름이 가장 작다.

(7) A와 B는 같은 2주기 원소이고 양이온이 되기 쉬운 금속 원소이기 때문에 이온이 되면 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 감소한다. 따라서 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온은 등전자 이온이므로 원자 번호가 작아 유효 핵전하가 작은 A의 이온 반지름이 B보다 크다.

내신 만점 문제

128쪽~133쪽

01 ② 02 해설 참조 03 ① 04 ⑤ 05 ③ 06 ⑤
07 ④ 08 ④ 09 ⑤ 10 ② 11 ② 12 ②
13 해설 참조 14 ④ 15 ② 16 ① 17 ⑤ 18 ②
19 ② 20 ③ 21 ③ 22 ① 23 ④ 24 ⑤
25 해설 참조 26 ④ 27 ④

01 ㄴ. c보다 안쪽 전자 껍질에 있는 b가 느끼는 유효 핵전하가 크다.

바로알기 ㄱ. b와 같은 전자 껍질에 있는 전자가 가려막기 효과를 나타내므로 b가 느끼는 유효 핵전하는 +4보다 작다.

ㄷ. c와 같은 전자 껍질에 있는 a보다는 안쪽 전자 껍질에 있는 b의 가려막기 효과가 더 크다.

02 Be은 Li에 비해 L 전자 껍질에 전자 1개가 더 많아 가려막기 효과가 더 크지만, 핵전하가 +1만큼 더 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Be>Li이다.

모범답안 가려막기 효과의 증가보다 핵전하의 증가가 더 크기 때문에 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Be이 Li보다 크다.

채점 기준	배점
가려막기 효과와 유효 핵전하를 모두 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
유효 핵전하만 언급하여 서술한 경우	50 %

03 ㄱ. 같은 족에서 원자 번호가 클수록 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 커진다.

바로알기 ㄴ. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커지면 원자 반지름은 작아진다.

ㄷ. 금속 원소는 양이온이 되며, 양이온이 될 때 전자가 들어 있는 전자 껍질 1개가 감소하므로 이온 반지름은 원자 반지름보다 작다.

04 ① Li과 Na은 같은 족 원소이므로 원자 번호가 큰 Na이 Li보다 반지름이 크다.

② Li과 Be은 같은 주기 원소이므로 원자 번호가 작은 Li이 Be보다 반지름이 크다.

③ K^+은 K보다 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 적으므로 K^+이 K보다 반지름이 작다.

④ O^{2-}은 O보다 전자가 2개 많으므로 전자 사이의 반발력이 증가하여 O^{2-}이 O보다 반지름이 크다.

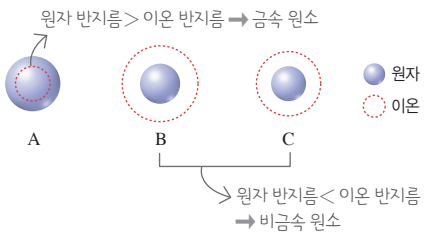
바로알기 ⑤ O^{2-}과 Mg^{2+}은 등전자 이온이므로 원자 번호가 작아 유효 핵전하가 작은 O^{2-}이 Mg^{2+}보다 반지름이 크다.

05 ㄱ. 주기율표에서 오른쪽 아래로 갈수록 원자핵의 전하가 커지기 때문에 가장 왼쪽 위에 존재하는 H의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 작다.

ㄷ. 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 양이온이 되기 쉽기 때문에 가장 왼쪽 아래에 위치하는 K이 가장 양이온이 되기 쉽다.

바로알기 ㄴ. 원자 반지름은 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 커지므로 가장 왼쪽 아래에 위치하는 K의 원자 반지름이 가장 크다.

06 꼼꼼 문제 분석



① A는 금속 원소로, 금속 원소는 고체 상태에서 전기를 잘 통하므로 전기 전도성이 있다.

②, ③ B와 C는 비금속 원소로, 비금속 원소는 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

④ 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소한다. 같은 주기 원소 A~C의 원자 반지름의 크기가 A>B>C 순이므로 원자 번호는 A<B<C 순이다. 따라서 원자 번호는 C가 A보다 크다.

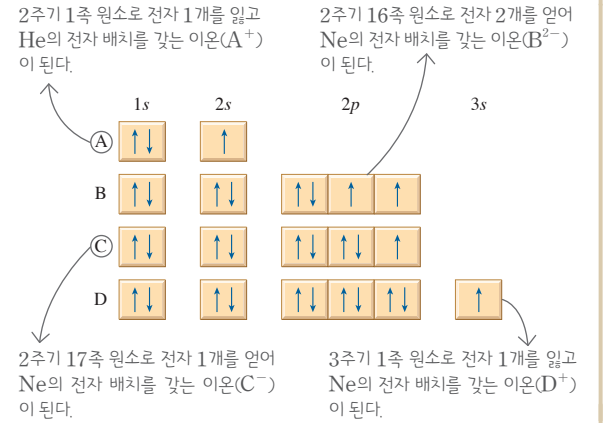
바로알기 ⑤ 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 금속 원소는 전자를 잃어 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 감소하고, 비금속 원소는 전자를 얻지만 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 그대로이다.

따라서 같은 주기의 원소 A~C가 각각 이온이 되면 A 이온의 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 B 이온이나 C 이온의 전자가 들어 있는 전자 껍질 수보다 작다.

07 ㄴ. 원자 반지름은 2주기와 3주기에서 원자 번호에 따른 변화 경향이 유사하게 나타나므로 주기적 성질을 잘 보여 준다.
ㄷ. 같은 족에서 원자 반지름이 큰 (가)는 3주기 원소이고, (나)는 2주기 원소이며, (가)의 원소가 (나)의 원소보다 반지름이 큰 것은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 (가)가 (나)보다 크기 때문이다.
바로알기 ㄱ. (가)는 3주기 원소이다.

08 반지름에 영향을 미치는 요인은 유효 핵전하, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수, 전자 수(전자 사이의 반발력)이며, 이 중 유효 핵전하가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 전자 수와 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같고 핵전하만 다른 입자들의 반지름을 비교해야 한다. (다)의 Mg^{2+}과 O^{2-}은 등전자 이온으로 핵전하만 다른 이온이므로 유효 핵전하가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해 적합하다.
한편 전자 껍질 수가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 핵전하는 같고 전자가 들어 있는 전자 껍질 수와 전자 수가 다른 입자들의 반지름을 비교해야 한다. (가)에서 Na은 Na^+과 핵전하는 같지만 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 많으므로 전자 껍질 수가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해 적합하다.
(나)는 핵전하와 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같고 전자 수만 다르므로 전자 수(전자 사이의 반발력)가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해 적합하다.

09 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. A와 D는 모두 1족 원소이다.
ㄴ. 같은 족 원소인 A와 D는 2주기 원소인 A가 3주기 원소인 D보다 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 작아 반지름이 작다. 한편 같은 2주기 원소인 A, B, C 중 원자 번호가 가장 큰 C의 반지름이 가장 작다. 따라서 원자 반지름의 크기는 D>A>B>C 순이다.
ㄷ. A의 이온은 He의 전자 배치를 갖고, B, C, D의 이온들은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는 등전자 이온이므로 B~D 중 원자 번호가 가장 작아 유효 핵전하가 가장 작은 B의 이온 반지름이 가장 크다.

10 원자 A와 B의 바닥상태의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, $1s^2 2s^2 2p^5$이다.
ㄷ. A는 3주기 2족 금속 원소이고 B는 2주기 17족 비금속 원소이므로 A가 B보다 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 많다. 따라서 원자 반지름은 A가 B보다 크다.
바로알기 ㄱ. B의 원자가 전자 수는 7이다.
ㄴ. A는 3주기 원소이고, B는 2주기 원소이다.

11 꼼꼼 문제 분석

원자 반지름>이온 반지름 → 금속 원소이고, 이온은 양이온이다.
원자 반지름<이온 반지름 → 비금속 원소이고, 이온은 음이온이다.

원소	A	B	C	D
원자 반지름(pm)	134	90	73	71
이온 반지름(pm)	76	45	140	133

같은 주기 원소 중 원자 반지름이 가장 작다. → 원자 번호가 가장 크다.

ㄷ. C와 D는 원자 반지름<이온 반지름이므로 C와 D의 이온은 음이온이다.
바로알기 ㄱ. A와 B는 원자 반지름>이온 반지름이므로 양이온을 형성하는 금속 원소이다.
ㄴ. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 클수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 커지므로 원자 반지름이 작아진다. D의 원자 반지름이 가장 작으므로 원자 번호는 가장 크다.

12 꼼꼼 문제 분석

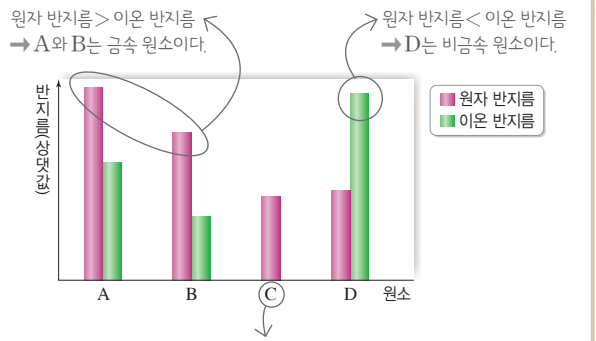
주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1								
2	(가)					(나)	(다)	
3	(라)							

원소	A	B	C	D
원자 반지름(pm)	134	154	71	73
이온 반지름(pm)	76	102	133	140

원자 반지름>이온 반지름 → 금속 원소인 (가)와 (라)는 같은 족 원소이므로 원자 반지름이 작은 A가 (가), 큰 B가 (라)이다.
원자 반지름<이온 반지름 → 비금속 원소인 (나)와 (다)는 같은 주기 원소이므로 원자 반지름이 작은 C가 (다), 큰 D가 (나)이다.

A와 B는 원자 반지름>이온 반지름이므로 금속 원소이고 (가)와 (라) 중 하나이다. C와 D는 원자 반지름<이온 반지름이므로 비금속 원소이고 (나)와 (다) 중 하나이다. 원자 반지름이 (가)<(라)이므로 (가)는 A, (라)는 B이고, 원자 반지름이 (나)>(다)이므로 (나)는 D, (다)는 C이다.

13 꼼꼼 **문제 분석**

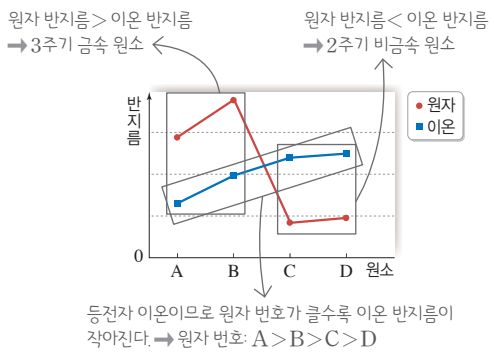


A와 B는 원자 반지름>이온 반지름이므로 금속 원소이고, 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 줄어들어 Ne의 전자 배치를 갖는다. D는 원자 반지름<이온 반지름이므로 비금속 원소이고, C의 원자 반지름이 D보다 작으므로 C도 비금속 원소이다. C와 D가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 Ar의 전자 배치를 갖는다. 따라서 이온 반지름은 A가 C보다 작다.

모범답안 A의 이온 반지름<C의 이온 반지름, A는 3주기 금속 원소이고, C는 3주기 비금속 원소이므로 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 A는 2주기 Ne의 전자 배치를, C는 3주기 Ar의 전자 배치를 갖는다.

채점 기준	배점
이온 반지름의 크기를 옳게 비교하고, 근거를 정확하게 서술한 경우	100 %
이온 반지름의 크기는 옳게 비교하였으나 근거가 미흡한 경우	50 %
이온 반지름의 크기만 옳게 비교한 경우	30 %

14 꼼꼼 **문제 분석**

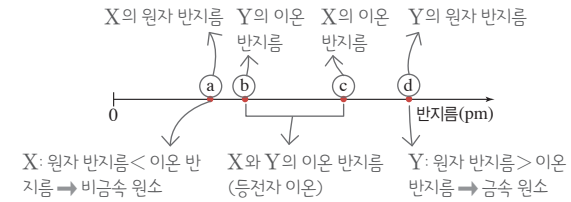


ㄴ. A, B는 3주기 금속 원소이므로 비금속 원소인 C, D보다 원자가 전자 수가 작고, 같은 주기에서 원자 반지름이 큰 B의 원자 번호가 A보다 작으므로 원자가 전자 수도 B가 A보다 작다.

ㄷ. C, D는 같은 주기 비금속 원소이므로 원자 반지름이 작은 C의 원자 번호가 D보다 크다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커지므로 C가 D보다 크다.

바로알기 ㄱ. A와 B를 2주기 금속 원소라고 가정하면 C와 D는 3주기 비금속 원소가 되어야 한다. A와 B의 이온은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개가 되므로 전자 껍질이 3개인 C, D의 원자 반지름보다 작아야 하는데 더 크므로 잘못된 가정이다.

15 꼼꼼 **문제 분석**



ㄷ. X와 Y의 이온은 등전자 이온이고, X가 비금속 원소이고 Y가 금속 원소이므로(예를 들어 2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소의 이온이 등전자 이온이 되므로) 원자 번호는 Y가 X보다 크다.

바로알기 ㄱ. 등전자 이온을 형성하는 원소에서 금속 원소인 Y가 비금속 원소인 X보다 원자 번호가 크므로 주기가 다르다.

ㄴ. 원자 번호가 커서 유효 핵전하가 큰 Y의 이온 반지름이 X의 이온 반지름보다 작으므로 c는 X의 이온 반지름, b는 Y의 이온 반지름이다.

16 같은 족에서 이온화 에너지는 원자 번호가 클수록 작아지므로 He>Ne>Ar 순이다. 한편, F^-, Ne, O^{2-}은 전자 수가 같으므로 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 커져 원자핵과 전자 사이의 인력이 커지므로 전자 1몰을 떼어 내는 데 필요한 에너지는 $Ne>F^->O^{2-}$ 순이다. 따라서 He에서 전자 1몰을 떼어 내는 데 필요한 최소한의 에너지가 가장 크다.

17 ⑤ Na^+은 Cl^-보다 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 적기 때문에 이온 반지름은 $Na^+<Cl^-$이다.

바로알기 ① 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 Na<Cl이다.

② 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소하므로 원자 반지름은 Na>Cl이다.

③ 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지가 대체로 증가하므로 이온화 에너지는 Na<Cl이다.

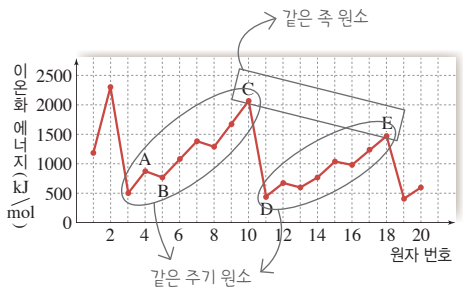
④ 원자가 전자 수는 1족 원소인 Na이 1, 17족 원소인 Cl가 7이므로 Na<Cl이다.

18 ㄷ, ㄹ. 같은 주기에서 원자가 전자 수와 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 증가한다.

바로알기 ㄱ. 같은 주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 클수록 작아진다.

ㄴ. 같은 주기에서 이온화 에너지는 원자 번호가 클수록 대체로 증가하지만 2족과 13족, 15족과 16족에서 예외가 존재한다.

19 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. 같은 주기에서 이온화 에너지는 원자 번호가 커질수록 대체로 증가하므로 D와 E는 같은 주기 원소이다.

바로알기 ㄱ. A와 C는 같은 주기 원소이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지가 대체로 증가하지만 전자 배치의 특성 때문에 2족과 13족, 15족과 16족에서 예외 현상이 나타난다. 즉, 이온화 에너지가 A>B인 것은 전자 배치의 특성 때문이다.

20 ㄱ. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록(주기가 커질수록) 이온화 에너지가 작아지므로 (가)는 2주기 원소, (나)는 3주기 원소이다.

ㄷ. 같은 주기에서 이온화 에너지는 17족>15족>16족 순이므로 3주기에서 이온화 에너지가 가장 큰 F는 17족 원소이며, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 F가 가장 크다.

바로알기 ㄴ. 원자 번호는 C>A>B 순이고, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름은 B>A>C 순이다.

21 2주기에서 그림과 같이 원자 번호에 따라 이온화 에너지가 변하는 경우는 (Li, Be, B, C) 또는 (C, N, O, F)이다. 이 중 홀전자 수는 Be이 0, B가 1이고, N가 3, O가 2이므로 문제에 주어진 조건에 맞는 원소의 조합은 (Li, Be, B, C)이다. 따라서 A~D는 각각 Li, Be, B, C이다.

ㄱ. 홀전자 수는 C(B)가 1이고, D(C)가 2이다.

C(B): $1s^2 2s^2 2p_x^1$ D(C): $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$

ㄷ. B(Be)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2$이고, C(B)는 $1s^2 2s^2 2p_x^1$이다. 따라서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 C가 B보다 크다.

바로알기 ㄴ. A(Li)는 원자가 전자 수가 1, C(B)는 원자가 전자 수가 3으로, 원자가 전자 수의 비는 A : C=1 : 3이다.

22 자료에 주어진 원소는 N, O, F, Ne, Na, Mg, Al인데, 이 중 (N, O, F, Ne)은 2주기 원소로 3주기 원소인 (Na, Mg, Al)보다 이온화 에너지가 크다. 또한 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 이온화 에너지가 커지지만 N>O, Mg>Al의 예외가 있다. 따라서 이온화 에너지 크기는 Ne>F>N>O>Mg>Al>Na 순이므로 A는 Na, B는 Al, C는 Mg, D는 O, E는 N, F는 F, G는 Ne이다.

ㄱ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 B(Al)이다.

바로알기 ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 번호가 큰 D(O)가 E(N)보다 원자 반지름이 작다.

ㄷ. A~F는 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 G(Ne)와 같은 전자 배치를 갖는 등전자 이온이 되므로 원자 번호가 가장 큰 B(Al)의 이온 반지름이 가장 작다.

23 순차 이온화 에너지는 기체 상태의 원자 1몰에서 전자를 1몰씩 차례로 떼어 낼 때 각 단계마다 필요한 에너지인데, 원자가 전자를 모두 떼어 내고 안쪽 전자 껍질에 있는 전자를 떼어낼 때 급격히 증가하므로 원자가 전자 수를 알 수 있다. A는 순차 이온화 에너지가 E_2에서 급증하므로 원자가 전자 수는 1이고, B는 E_4에서 급증하므로 원자가 전자 수는 3이며, C는 E_3에서 급증하므로 원자가 전자 수는 2이다.

24 ㄱ. B는 13족 원소로 제1 이온화 에너지는 13족<2족이므로 2족 원소인 C의 제1 이온화 에너지인 738(kJ/mol)보다 작다.

ㄴ. 제1 이온화 에너지가 가장 작은 A가 가장 양이온이 되기 쉽다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 증가할수록 커지므로 원자 번호가 가장 큰 B가 가장 크다.

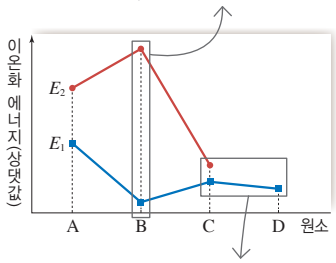
25 같은 주기에서 이온화 에너지의 크기는 16족<15족<17족 순이므로 X~Z가 같은 주기 원소라면 16족 원소인 Y의 이온화 에너지가 가장 작아야 하는데, 반대로 가장 크므로 Y는 2주기 원소, X와 Z는 3주기 원소이다. 따라서 원자 번호가 가장 작은 원소는 Y이다.

모범답안 Y, X~Z가 같은 주기 원소라면 16족 원소인 Y의 이온화 에너지가 가장 작아야 하는데, 반대로 가장 크므로 Y는 2주기 원소, X와 Z는 3주기 원소이다. 따라서 Y의 원자 번호가 가장 작다.

채점 기준	배점
원소를 옳게 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
원소는 옳게 썼지만 까닭이 미흡한 경우	50 %
원소만 옳게 쓴 경우	30 %

26 꼼꼼 문제 분석

B는 E_2가 E_1에 비해 매우 크므로 원자가 전자가 1개인 1족 원소이다. ➡ A는 2주기, B~D는 3주기 원소이다.



C는 3주기 2족 원소이고, D는 3주기 13족 원소이므로 E_1은 C가 크지만 E_2는 원자 번호가 큰 D가 크다.

ㄴ. C와 D의 원자가 전자의 전자 배치는 각각 $3s^2$, $3s^23p^1$로 제1 이온화 에너지는 에너지가 높은 $3p$ 오비탈에 전자가 배치된 D가 C보다 작지만, 제2 이온화 에너지는 C는 $3s^1$, D는 $3s^2$의 전자 배치에서 전자를 떼어 내는 것이므로 D가 C보다 크다.

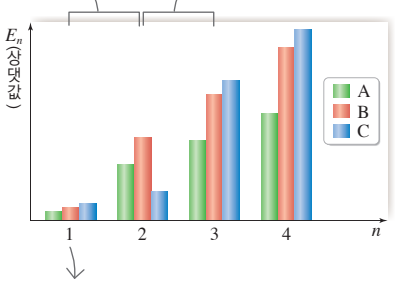
ㄷ. 제1 이온화 에너지가 가장 작은 B가 가장 양이온이 되기 쉽다.

바로알기 ㄱ. A~D의 원자 번호가 연속이고 B의 E_2가 E_1에 비해 매우 크므로 B는 1족 원소이다. 따라서 A는 2주기, B~D는 3주기 원소이다.

27 꼼꼼 문제 분석

A와 B는 E_2가 E_1보다 매우 크므로 원자가 전자는 1개이다. ➡ A와 B는 1족 원소이다.

C는 E_3가 E_2보다 매우 크므로 원자가 전자는 2개이다. ➡ C는 2족 원소이다.



E_1은 B가 A보다 크다. ➡ 같은 족에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지는 감소한다. ➡ A는 4주기, B는 3주기 원소이다.

① 같은 족에서 원자 번호가 클수록 이온화 에너지가 감소하는데, E_1은 B가 A보다 크다. 따라서 A는 4주기 원소, B는 3주기 원소이다.

② A는 4주기 1족 원소, B는 3주기 1족 원소, C는 2족 원소이다. 따라서 원자 번호가 가장 작은 것은 B이다.

③ C의 E_3가 E_2보다 매우 크므로 C의 원자가 전자 수는 2이다.

⑤ 원자가 전자 수는 화학적 성질을 결정한다. 따라서 원자가 전자 수가 같은 A와 B는 화학적 성질이 비슷하다.

바로알기 ④ 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름은 증가한다. 따라서 원자 반지름은 A가 B보다 크다.

중단원 핵심 정리

134쪽~135쪽

❶ 원자량 ❷ 원자 번호 ❸ 원자 번호 ❹ 원자가 전자 수 ❺ 전자 껍질 수 ❻ 원자가 전자 수 ❼ 알칼리 금속 ❽ 할로젠 ❾ 커 ❿ 커 ⓫ 감소 ⓬ 증가 ⓭ 작 ⓮ 크 ⓯ 감소 ⓰ 증가 ⓱ 증가 ⓲ 원자가 전자 수

중단원 마무리 문제

136쪽~142쪽

01 ⑤ **02** ④ **03** ② **04** A, B, C **05** ⑤ **06** ⑤
07 ⑤ **08** ③ **09** ⑤ **10** ① **11** ③ **12** ③ **13** ③
14 ② **15** ① **16** ② **17** ① **18** ① **19** ④ **20** ⑤
21 ⑤ **22** ① **23** B: B, D: O **24** ④ **25** ② **26** ④
27 해설 참조 **28** 해설 참조 **29** 해설 참조

01 (가)~(다)는 원소들을 원자량 순으로 배열하였고, (라)는 원자 번호 순으로 배열하였다.

02 ㄴ. Br과 I이 모두 이원자 분자로 존재하므로 Cl도 Cl_2로 존재한다.

ㄷ. 세 쌍 원소는 화학적 성질이 비슷한 원소들로 Cl와 Br이 모두 수소와 1 : 1의 비로 결합하므로 I도 수소와 1 : 1의 비로 결합할 것이다. 따라서 (다)는 HI이다.

바로알기 ㄱ. 세 쌍 원소에서 중간 원소의 원자량은 나머지 원소의 원자량을 평균한 값과 같다. 따라서 Br의 원자량은 (가)$=\frac{35+127}{2}=81$이다.

03 ② A는 수소로 C, D와 함께 비금속 원소이고, B는 금속 원소이다.

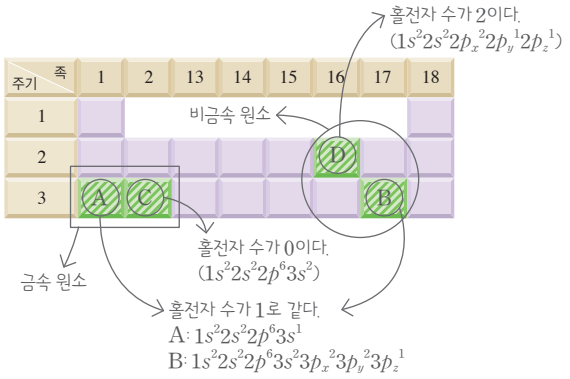
바로알기 ① 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 주기에 따라 다르다.

③ 알칼리 금속은 1족 원소로 B의 일부이고, 할로젠은 17족 원소로 C의 일부이다.

④ 금속 원소인 B는 수은(액체)을 제외하고 모두 고체 상태이며, A, C, D는 브로민(액체)을 제외하고 모두 고체, 기체 상태이다.

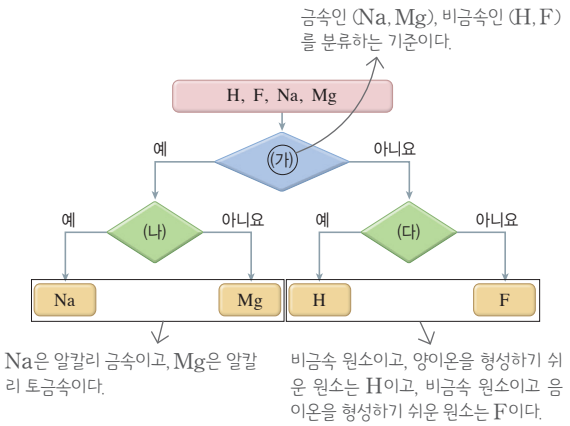
⑤ 금속 원소인 B와 비금속 원소이지만 수소인 A는 양이온을 형성하고, 비금속 원소인 C는 음이온을 형성하며, D는 18족 비활성 기체로 이온을 형성하지 않는다.

04 꼼꼼 문제 분석



D는 2주기 원소이고, A~C는 3주기 원소이다.

05 꼼꼼 문제 분석



(가)에는 '금속 원소인가?', (나)에는 '알칼리 금속인가?', (다)에는 '양이온을 형성하는가?'가 분류 기준으로 적합하다.

06 ⑤ 음이온이 되기 쉬운 비금속 원소이므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다.

바로알기 ①, ②, ④ 원자가 전자 수가 6($3s^2 3p^4$)이므로 16족 원소이며, 비금속 원소이다.

③ 가장 바깥 전자 껍질의 주 양자수(n)가 3이므로 3주기 원소이다.

07 ⑤ E는 원자가 전자 수가 6이므로 전자 2개를 얻어 Ar과 같은 전자 배치를 갖는 음이온이 되고, F는 원자가 전자 수가 1이므로 전자 1개를 잃고 Ar과 같은 전자 배치를 갖는 양이온이 된다.

바로알기 ① 금속 원소는 C와 F 2가지이다.

② A와 F는 같은 족 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 다르고, 원자가 전자 수가 같다.

③ C와 D는 같은 주기 원소이므로 원자가 전자 수는 다르고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

④ B는 비활성 기체로 반응성이 거의 없어 이온이 되지 않는다.

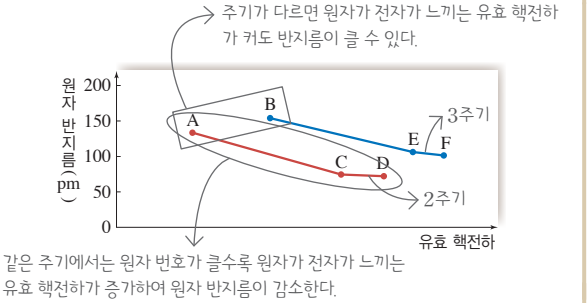
08 ㄱ. A와 D는 원자가 전자 수가 각각 1로 모두 1족 원소이다.

ㄷ. 양이온이 되기 쉬운 원소는 A와 D 2가지이다.

바로알기 ㄴ. 2주기 원소는 A, B, C 3가지이다.

09 같은 족과 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 B(Li) > A(H), C(Be) > B(Li)이다.

10 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. A, C, D는 B, E, F보다 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하와 원자 반지름이 작으므로 2주기 원소이다.

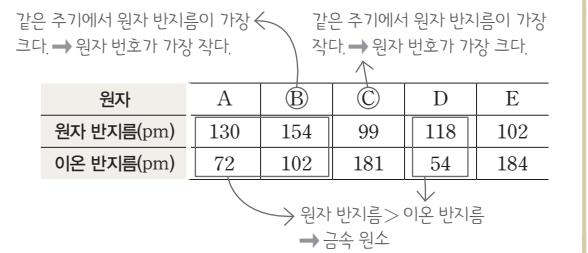
바로알기 ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 3주기 원소 중 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 F이다.

ㄷ. 같은 주기에서는 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 클수록 원자 반지름이 작아지지만, 주기가 증가하면 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크더라도 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하여 원자 반지름이 커진다.

11 ③ Li과 F은 같은 주기 원소로 원자 번호가 커 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 큰 F이 Li보다 반지름이 작으며, F^-과 Na^+은 등전자 이온으로 원자 번호가 커 유효 핵전하가 큰 Na^+이 F^-보다 반지름이 작다.

바로알기 ①, ②, ④ F^-과 Na^+은 등전자 이온이므로 오비탈 수, 총 전자 수, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

12 꼼꼼 문제 분석



원자	A	Ⓑ	Ⓒ	D	E
원자 반지름(pm)	130	154	99	118	102
이온 반지름(pm)	72	102	181	54	184

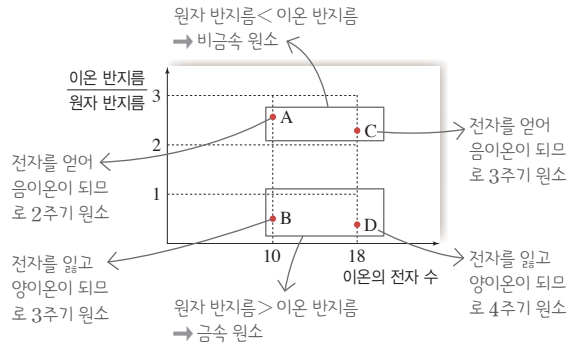
①, ② A, B, D는 금속 원소로 양이온이 되기 쉽다.
④ B는 양이온이 되면서 전자가 들어 있는 전자 껍질 1개가 감소한다.
⑤ 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자 번호가 가장 작은 B가 가장 작다.
바로알기 ③ 원자 번호가 가장 큰 원소는 같은 주기에서 원자 반지름이 가장 작은 C이다.

13 X^{2+}은 X가 전자 2개를 잃고 생성된 양이온이므로 X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$이다.
ㄱ, ㄷ. X는 원자가 전자 수가 2인 2족 원소로 알칼리 토금속 원소이며, 양이온이 될 때 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 감소하므로 원자 반지름이 이온 반지름보다 크다.
바로알기 ㄴ. 오비탈의 가장 큰 주 양자수(n)가 3이므로 3주기 원소이다.

14 ㄱ. 주어진 원소는 17족 원소로 주기가 증가하면 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 커진다.
ㄴ. 같은 족에서 주기가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 증가한다.
바로알기 ㄷ. 같은 족에서 주기가 커질수록 원자 반지름이 커져 원자핵과 전자 사이의 인력이 감소하므로 이온화 에너지는 감소한다.

15 $\frac{\text{전체 } p \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 } s \text{ 오비탈의 전자 수}}$가 1이고, 홀전자 수가 각각 0, 2인 A, B의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, $1s^2 2s^2 2p^4$이다. $\frac{\text{전체 } p \text{ 오비탈의 전자 수}}{\text{전체 } s \text{ 오비탈의 전자 수}}$가 1.5이고, 홀전자 수가 각각 3, 0인 C, D의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$, $1s^2 2s^2 2p^6$이다.
ㄴ. 2주기 원소는 B와 D 2가지이다.
바로알기 ㄱ. 금속 원소는 원자가 전자 수가 2인 A 1가지이다.
ㄷ. 3주기 원소인 A, C 중 원자 번호가 작은 A의 원자 반지름이 가장 크다.

16 꼼꼼 **문제 분석**



ㄴ. 원자 반지름은 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 커지므로 4주기 금속 원소인 D가 가장 크다.
바로알기 ㄱ. A는 2주기, D는 4주기 원소이다.
ㄷ. 등전자 이온은 원자 번호가 커 유효 핵전하가 큰 원소의 이온 반지름이 더 작으므로 이온 반지름은 B가 A보다 작다.

17 Li과 Na은 같은 족 원소이므로 원자 번호가 큰 Na^+의 반지름이 Li^+보다 크고, F과 Cl도 같은 족 원소이므로 원자 번호가 큰 Cl^-의 반지름이 F^-보다 크다. 한편, Na^+과 F^-은 등전자 이온이므로 원자 번호가 작은 F^-의 반지름이 Na^+보다 크다. 따라서 이온 반지름의 크기는 $Li^+ < Na^+ < F^- < Cl^-$순이므로 A~D는 각각 Li, Na, F, Cl이다.
ㄱ. 원자 반지름은 Na이 Li보다 크고, Cl가 F보다 크며, 같은 주기 원소인 Na과 Cl 중 원자 번호가 작은 Na이 Cl보다 크다. 따라서 B(Na)의 원자 반지름이 가장 크다.
바로알기 ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기와 족에서 원자 번호가 클수록 증가하므로 D(Cl)가 가장 크다.
ㄷ. K^+은 D의 이온, 즉 Cl^-과 등전자 이온이므로 원자 번호가 큰 K의 이온 반지름이 D의 이온 반지름보다 작다.

18 (가)는 F, (나)는 F^-, (다)는 Na^+의 전자 배치이다.
ㄱ. (나)는 (가)의 음이온이므로 (가)보다 반지름이 크고, (나)와 (다)는 등전자 이온이므로 원자 번호가 작아 유효 핵전하가 작은 (나)의 반지름이 (다)보다 크다.
바로알기 ㄴ. 이온화 에너지는 기체 상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어 내는 데 필요한 최소한의 에너지이다. (가)에서 (나)로 되는 것은 전자를 얻어 음이온이 되는 과정이다.
ㄷ. (가)와 (나)의 핵전하는 같고, 전자 수는 (나)가 (가)보다 커 가려막기 효과가 (나)가 (가)보다 크므로 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (가)가 (나)보다 크다.

19 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 양이온이 되기 쉬우므로 (가)는 ${}_{19}K$이고, 오른쪽 위로 갈수록 이온화 에너지가 대체로 커지므로 (나)는 ${}_{2}He$이며, 같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커지므로 (다)는 ${}_{10}Ne$이다. 따라서 (가)+(나)+(다)=19+2+10=31이다.

20 ㄱ. 같은 주기에서 이온화 에너지의 크기는 16족<15족<17족 순이므로 X~Z가 같은 주기 원소라면 16족 원소인 Y의 이온화 에너지가 가장 작아야 하는데, 반대로 가장 크므로 Y는 2주기 원소이고, X와 Z는 3주기 원소이다.
ㄴ. Y, Z가 모두 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되었을 때 Y 이온은 2주기 Ne의 전자 배치를, Z 이온은 3주기 Ar의 전자 배치를 한다. 따라서 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 많은 Z 이온의 반지름이 Y 이온의 반지름보다 크다.

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 주기율표에서 오른쪽 아래로 갈수록 커지므로 Z>Y이다.

21 같은 주기에서 원자 반지름이 작으면 이온화 에너지는 크므로 원자 반지름이 가장 작은 C의 이온화 에너지가 가장 커야 하는데, 그렇지 않으므로 C는 예외가 나타나는 붕소(B) 또는 산소(O) 중 하나이다. C가 붕소(B)라면 A, B는 C보다 반지름이 커야 하므로 Li, Be이 되는데, A~C가 비금속 원소라는 조건에 맞지 않으므로 C는 산소(O)이다. 따라서 C(O)보다 이온화 에너지가 큰 질소(N)가 A이고, C(O)와 홀전자 수가 2로 같은 탄소(C)가 B에 해당한다.

ㄱ. 원자 번호가 가장 큰 것은 C(O)이다.

ㄴ. 홀전자 수는 A(N)가 3으로 2인 B(C)보다 크다.

A(N): $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$

B(C): $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$

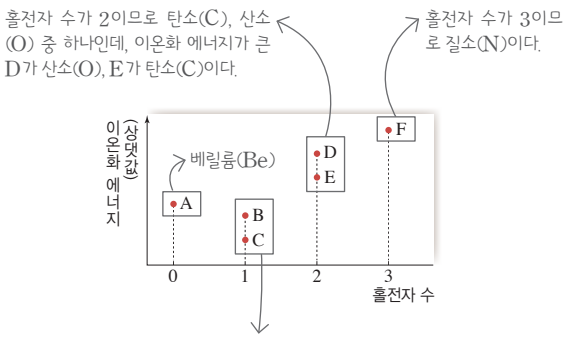
ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크므로 C(O)가 B(C)보다 크다.

22 ㄱ. 2주기에서 3주기로 바뀔 때 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 증가하면서 이온화 에너지가 급격히 감소한다. 따라서 A는 2주기, B~D는 3주기 원소이다.

바로알기 ㄴ. D는 원자가 전자 수가 3인 13족 원소이므로 E_4가 급격히 증가한다. E_3가 가장 큰 원소는 원자가 전자 수가 2인 C이다.

ㄷ. D는 C보다 원자 번호가 커 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크기 때문에 이온화 에너지가 커야 하지만 전자 배치의 특성 때문에 E_1은 2족>13족, 15족>16족의 예외가 있다. 따라서 제1 이온화 에너지는 D가 C보다 작다.

23 꼼꼼 문제 분석



2주기 원자 Li~Ne의 홀전자 수는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0

F는 홀전자 수가 3인 질소(N)이다. 홀전자 수가 2인 원소는 탄소(C)와 산소(O)인데, 이온화 에너지는 산소(O)가 탄소(C)보다 크므로 D는 산소(O), E는 탄소(C)이다. 홀전자 수가 1인 원소는 리튬(Li), 붕소(B), 플루오린(F)인데, 이온화 에너지가 질소(N)보다 작아야 하고 1족<13족이므로 B는 붕소(B), C는 리튬(Li)이다. 홀전자 수가 0인 베릴륨(Be)과 네온(Ne) 중 탄소(C)보다 이온화 에너지가 작은 A는 베릴륨(Be)이다.

24 제2 이온화 에너지는 기체 상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어 낸 상태에서 두 번째 전자를 떼어 내는 것이기 때문에 원자 번호에 따른 변화가 제1 이온화 에너지와 같은 모양으로 나타나면서 한 번호씩 이동한다. 즉, 제1 이온화 에너지는 2주기 18족(D) 원소가 가장 크고 3주기 1족 원소(E)에서 급감하지만, 제2 이온화 에너지는 3주기 1족 원소(E)가 가장 크고 3주기 2족 원소(F)에서 급감한다. 따라서 A는 N, B는 O, C는 F, D는 Ne, E는 Na, F는 Mg, G는 Al, H는 Si이다.

ㄴ. 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 D(Ne)이다.

ㄷ. 원자가 전자 수가 1인 1족 원소는 제2 이온화 에너지가 급증하기 때문에 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 가장 크다.

따라서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 가장 큰 원소는 E(Na)이다.

바로알기 ㄱ. 2주기 원소는 A(N)~D(Ne)이다.

25 꼼꼼 문제 분석

E_1의 크기는 A<B<C 순으로 B가 중간 값을 갖는다.

원자	순차 이온화 에너지(E_n, kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	496			
B	578	1817	2745	11577
C	738	1451		10540

B는 $E_3 \ll E_4$이므로 13족 원소인 Al이다.

B가 13족 원소인 Al이고 원자 번호가 연속이므로 A, B, C로 가능한 원소의 조합은 (Na, Mg, Al), (Mg, Al, Si), (Al, Si, P)이다. 이 중 B(Al)의 E_1이 A와 C의 중간 값을 갖는 경우는 (Na, Mg, Al)뿐이다. (Mg, Al, Si), (Al, Si, P)에서는 Al의 E_1이 가장 작다. 따라서 A는 Na, B는 Al, C는 Mg이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 증가할수록 커지므로 원자 번호가 가장 큰 B(Al)가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. $\frac{E_2}{E_1}$가 가장 큰 원소는 1족 원소로 A(Na)이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 B(Al)가 3, C(Mg)가 2이다.

26 꼼꼼 문제 분석

A는 $E_1 \ll E_2$이므로 원자가 전자 수가 1이다. ➡ 1족 원소

원자	순차 이온화 에너지(E_n, $\times 10^3$ kJ/mol)				
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
A	0.5	4.6	6.9	9.5	13.4
B	0.6	1.8	2.7	11.6	14.8
C	0.7	1.5	7.7	10.5	13.6

C는 $E_2 \ll E_3$이므로 원자가 전자 수가 2이다. ➡ 2족 원소

B는 $E_3 \ll E_4$이므로 원자가 전자 수가 3이다. ➡ 13족 원소

③ 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소하므로 원자 반지름은 원자 번호가 작은 A가 B보다 크다.

⑤ 바닥상태 전자 배치에서 원자가 전자의 전자 배치는 A는 1족 원소이므로 $3s^1$, B는 13족 원소이므로 $3s^2 3p^1$, C는 2족 원소이므로 $3s^2$이다. 따라서 A와 B는 홀전자 수가 1로 같고 C는 홀전자 수가 0이므로, 홀전자 수는 C가 가장 작다.

바로알기 ④ C는 2족 원소로 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되기 위해 필요한 최소 에너지는 $E_1+E_2=(0.7+1.5)\times 10^3$ kJ/mol이다.

27 같은 주기에서 원자 번호 1이 증가할 때 핵전하도 +1만큼 증가하고, 반대로 전자도 1개 증가하여 가려막기 효과도 커진다. 증가한 전자 1개가 증가한 +1의 핵전하를 다 가려막지 못하기 때문에 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가한다.

모범답안 전자 수 증가에 따른 가려막기 효과의 증가보다 양성자수에 따른 핵전하의 증가가 더 크기 때문이다.

채점 기준	배점
가려막기 효과와 핵전하의 증가를 정확히 서술한 경우	100 %
핵전하의 증가가 크다고만 서술한 경우	50 %

28 원자나 이온 반지름에는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수, 유효 핵전하, 전자 수가 영향을 미친다. 이 중 유효 핵전하가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 유효 핵전하를 제외한 나머지 2가지 요인이 같은 입자들의 반지름을 비교해야 한다. 주어진 이온들은 등전자 이온이므로 전자 수가 같고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수도 같지만 양성자수가 달라 핵전하가 다르므로 유효 핵전하가 반지름에 미치는 영향을 비교하기에 적합하다.

모범답안 N^{3-}, O^{2-}, F^-, Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+}, 등전자 이온은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수와 전자 수가 같고 유효 핵전하만 다르기 때문이다.

채점 기준	배점
유효 핵전하가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해 비교해야 할 원자 또는 이온의 예를 옳게 쓰고, 그 까닭을 정확히 서술한 경우	100 %
유효 핵전하가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해 비교해야 할 원자 또는 이온의 예만 옳게 쓴 경우	40 %

29 같은 주기에서 제1 이온화 에너지는 원자 번호에 따라 대체로 증가하지만 2족과 13족, 15족과 16족에서 예외가 있다. 제2 이온화 에너지는 제1 이온화 에너지와 비슷한 경향을 나타내며 예외가 한 번호씩 이동하여 나타난다. 즉, 같은 주기에서 제2 이온화 에너지의 예외가 생기는 곳은 13족과 14족, 16족과 17족이다. 그래프에서 원자 번호가 증가할수록 제2 이온화 에너지가 예외 없이 증가하며, 이런 변화를 나타내는 원소는 14족, 15족, 16족 원소이다. 따라서 A는 탄소(C), B는 질소(N), C는 산소(O)이다.

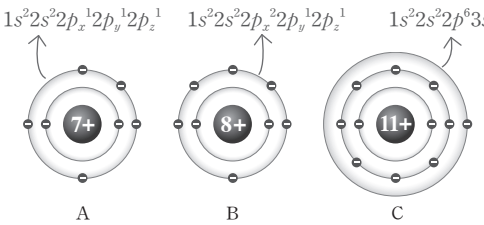
모범답안 A: 탄소(C), B: 질소(N), C: 산소(O), 2주기에서 제2 이온화 에너지가 예외없이 증가하는 구간의 원소 A~C는 각각 탄소(C), 질소(N), 산소(O)이다.

채점 기준	배점
원소 기호를 옳게 쓰고, 판단 근거를 정확히 서술한 경우	100 %
원소 기호는 옳게 썼으나 판단 근거에 대한 서술이 미흡한 경우	50 %
원소 기호만 옳게 쓴 경우	30 %

수능 실전 문제 144쪽~147쪽

1 ③ 2 ④ 3 ② 4 ③ 5 ③ 6 ③ 7 ④ 8 ③
9 ⑤ 10 ⑤ 11 ④ 12 ② 13 ① 14 ② 15 ②
16 ⑤

1 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$은 B>C이다.

ㄴ. 제1 이온화 에너지가 가장 큰 것은 B이다. A

ㄷ. A와 B의 전자가 가질 수 있는 방위 양자수(l)와 자기 양자수(m_l)는 같다.

전략적 풀이 ❶ 원자 번호에 따른 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄱ. B는 음이온이 되기 쉬운 비금속 원소이므로 이온 반지름이 원자 반지름보다 크고, C는 양이온이 되기 쉬운 금속 원소이므로 원자 반지름이 이온 반지름보다 크다. 따라서 $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}}$은 B가 C보다 크다.

ㄴ. A, B는 2주기 비금속 원소이고, C는 3주기 금속 원소이므로 C의 이온화 에너지는 A, B보다 작다. 한편, A는 질소(N), B는 산소(O)로 원자 번호는 B가 A보다 크지만 전자 배치의 특성 때문에 이온화 에너지는 A가 B보다 크다.

❷ 오비탈을 이용한 전자 배치를 쓰고 오비탈의 양자수를 파악한다.

ㄷ. A와 B는 s 오비탈과 p 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 가질 수 있는 방위 양자수(l)는 0과 1로 같다. 한편, s 오비탈이 가질 수 있는 자기 양자수(m_l)는 0뿐이고, p 오비탈은 3가지 자기 양자수(−1, 0, +1)를 가질 수 있는데, A, B 모두 p_x, p_y, p_z 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 3가지 자기 양자수를 갖는다. 따라서 A와 B의 전자가 가질 수 있는 방위 양자수(l)는 0, 1, 자기 양자수(m_l)는 −1, 0, +1로 같다.

2 꼼꼼 문제 분석

Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ← S: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ →

원자	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ
$a-b$	0	2	4	6

N: $1s^2 2s^2 2p^3$ ← F: $1s^2 2s^2 2p^5$ →

선택지 분석

ㄱ. 원자 반지름이 가장 작은 원소는 C이다. D(F)

ㄴ. A, C, D 중 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름이 가장 작은 것은 A이다.

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 D가 B보다 크다.

전략적 풀이 ❶ 주어진 원자들의 원자가 전자 수(a)와 홀전자 수(b)를 구한 후 A~D에 해당하는 원소를 파악한다.

- N: $1s^2 2s^2 2p^3$ ➡ $a-b=5-3=2$
- F: $1s^2 2s^2 2p^5$ ➡ $a-b=7-1=6$
- Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ➡ $a-b=1-1=0$
- S: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ➡ $a-b=6-2=4$

따라서 A~D는 각각 Na, N, S, F이다.

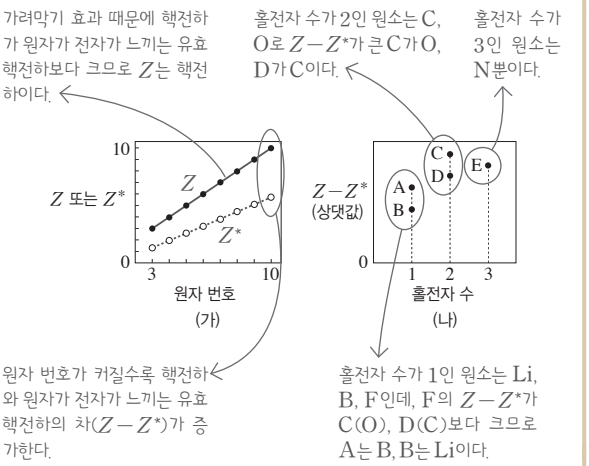
❷ 원자 번호에 따른 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄱ. 2주기 원소인 B(N)와 D(F) 중 원자 번호가 큰 D(F)의 원자 반지름이 B(N)보다 작다.

ㄴ. A와 C는 같은 3주기 원소인데 비활성 기체의 전자 배치를 가지는 이온이 될 때 A(Na)는 양이온이 되어 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 감소하므로 음이온이 되는 C(S)보다 이온 반지름이 작다. 한편, A(Na)과 D(F)의 이온은 등전자 이온이므로 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작아진다. 따라서 이온 반지름은 D(F)>A(Na)이고, A의 이온 반지름이 가장 작다.

ㄷ. D(F)와 B(N)는 같은 2주기 원소로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 큰 D(F)가 B(N)보다 크다.

3 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. (가)에서 ●는 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하(원자 번호에 따른 핵전하(Z))이다.

ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 E이다. C

ㄷ. 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 D가 B의 2배이다.

전략적 풀이 ❶ 가려막기 효과에 따른 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 크기를 생각해 본다.

ㄱ. 가려막기 효과 때문에 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호에 따른 핵전하보다 작다. 따라서 (가)에서 ●은 원자 번호에 따른 핵전하(Z)이고, ○은 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하(Z^*)이다.

❷ 원자 번호에 따라 $Z-Z^*$가 증가하는 경향으로부터 A~E에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

ㄴ. • 홀전자 수 1: 리튬(Li), 붕소(B), 플루오린(F)인데, 플루오린(F)의 $Z-Z^*$가 산소(O), 탄소(C)보다 크므로 A가 붕소(B), B가 리튬(Li)이다.

• 홀전자 수 2: 탄소(C), 산소(O) 중 $Z-Z^*$가 큰 C가 산소(O), D가 탄소(C)이다.

• 홀전자 수 3: E는 질소(N)이다.

따라서 원자 번호가 가장 큰 원소는 C(O)이다.

ㄷ. 바닥상태의 전자 배치는 B(Li)가 $1s^2 2s^1$이고, D(C)가 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$이므로 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 B(Li)가 2, D(C)가 4로 D가 B의 2배이다.

4 꼼꼼 문제 분석

A, B는 ($_{12}$Mg, $_{3}$Li), ($_{16}$S, $_{4}$Be) 중 하나이다.

- 양성자수의 비는 A : B=4 : 1이다.
- 같은 족에 속하는 원자는 2개이다.
- C에는 바닥상태 전자 배치에서 홀전자가 존재하며, $\frac{p\text{ 오비탈의 전자 수}}{s\text{ 오비탈의 전자 수}}=1$이다.

A, B가 ($_{12}$Mg, $_{3}$Li)이라면 C는 Be 또는 Na이고, ($_{16}$S, $_{4}$Be)이라면 C는 O 또는 Mg이다.

Na, Be, Mg, O 중 홀전자가 있는 것은 Na, O이며, 이 중 s 오비탈과 p 오비탈의 전자 수가 같은 것은 O($1s^2 2s^2 2p^4$)이다.

선택지 분석

ㄱ. A와 C는 같은 족에 속한다.

ㄴ. 원자 반지름이 가장 작은 원소는 B이다. C

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 원소는 A이다.

전략적 풀이 ❶ 주어진 조건을 만족하는 실제 원소들을 파악한다.

ㄱ. A, B는 ($_{12}$Mg, $_{3}$Li) 또는 ($_{16}$S, $_{4}$Be)이고, C는 Be, Na, O, Mg 중 하나인데, 홀전자가 있는 것은 Na, O이고, s 오비탈과 p 오비탈의 전자 수가 같은 것은 O이다. 따라서 A~C는 각각 S, Be, O이고, A와 C는 같은 족에 속한다.

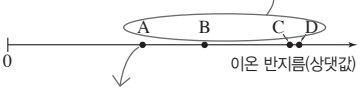
❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. 같은 족 원소인 A(S)와 C(O) 중 주기가 작은 C(O)의 원자 반지름이 A(S)보다 작고, 같은 주기 원소인 B(Be)와 C(O) 중 원자 번호가 큰 C(O)의 원자 반지름이 B(Be)보다 작다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 증가하므로 C(O)가 B(Be)보다 크며, 같은 족에서도 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 증가하므로 A(S)가 C(O)보다 크다.

5 꼼꼼 문제 분석

등전자 이온이므로 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 커 이온 반지름이 작아진다.



A는 Mg, B는 Na, C는 F, D는 O이다.

선택지 분석

ㄱ. A, B는 금속 원소이다.

ㄴ. 원자 반지름은 A가 가장 크다. B

ㄷ. 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 이온은 A 이온이다.

전략적 풀이 ❶ 이온 반지름의 크기를 비교하여 A~D에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

ㄱ. A~D 이온은 등전자 이온으로 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작아지므로 A~D는 각각 Mg, Na, F, O이다. 따라서 A, B는 금속 원소이다.

❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

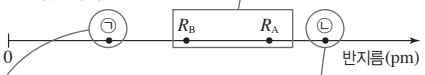
ㄴ. 3주기 금속 원소인 A, B는 2주기 비금속 원소인 C, D보다 원자 반지름이 크고, 같은 3주기 원소인 A, B 중 원자 번호가 작은 B(Na)의 원자 반지름이 A(Mg)보다 크다.

ㄷ. A~D 이온은 등전자 이온이므로 전자 수와 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다. 따라서 가려막기 효과가 모두 같으므로 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하는 핵전하가 가장 큰 A(Mg) 이온이 가장 크다.

6 꼼꼼 문제 분석

A는 2주기 금속, B는 3주기 비금속 원소이다. ➡ A가 2주기 금속, B가 3주기 금속 또는 A가 2주기 비금속, B가 3주기 금속 또는 A가 2주기 비금속, B가 3주기 비금속인 경우는 B의 원자 반지름이 A보다 커야 한다.

- A는 2주기, B는 3주기 원소이다.
- 그림에서 R_A는 A의 원자 반지름, R_B는 B의 원자 반지름이다.



- 그림에서 ㉠과 ㉡은 각각 A 이온의 반지름, B 이온의 반지름 중 하나이다.

㉠은 두 원자 반지름보다 작으므로 양이온의 반지름이다. 따라서 금속 원소인 A 이온의 반지름이다.

㉡은 두 원자 반지름보다 크므로 음이온의 반지름이다. 따라서 비금속 원소인 B 이온의 반지름이다.

선택지 분석

ㄱ. ㉡은 B 이온의 반지름이다.

ㄴ. A 이온과 B 이온의 전자 배치는 Ne의 전자 배치와 같다. 다르다

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B가 A보다 크다.

전략적 풀이 ❶ 주어진 원자 반지름과 이온 반지름을 비교하여 각각 어떤 원자 또는 이온의 반지름인지 파악한다.

ㄱ. A는 2주기 금속 원소, B는 3주기 비금속 원소이고, ㉠은 A 이온의 반지름, ㉡은 B 이온의 반지름이다.

❷ 금속 원소와 비금속 원소의 특성 및 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

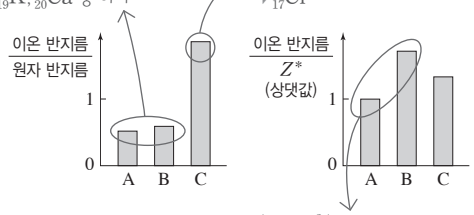
ㄴ. A는 2주기 금속 원소, B는 3주기 비금속 원소이므로 이온이 될 때 A는 1주기 비활성 기체의 전자 배치를, B는 3주기 비활성 기체의 전자 배치를 갖는다.

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 주기율표에서 오른쪽 아래로 갈수록 커진다. 따라서 3주기 오른쪽에 있는 B가 2주기 왼쪽에 있는 A보다 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크다.

7 꼼꼼 문제 분석

원자 반지름 > 이온 반지름 → $_{19}K$, $_{20}Ca$ 중 하나

원자 반지름 < 이온 반지름 → $_{17}Cl$



이온 반지름: $K^+ > Ca^{2+}$, Z^*: $K < Ca$

→ $\frac{\text{이온 반지름}}{Z^*}$은 K > Ca이므로 A는 Ca, B는 K

선택지 분석

ㄱ. 원자 반지름은 A가 가장 크다. B

ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 A가 B보다 크다.

ㄷ. 이온 반지름은 C > B > A 순이다.

전략적 풀이 ❶ 금속 원소와 비금속 원소의 원자 반지름과 이온 반지름의 관계, 원자 번호에 따라 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 크기를 종합적으로 생각하여 A~C에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

A, B는 원자 반지름이 이온 반지름보다 크므로 K, Ca 중 하나이고, C는 원자 반지름이 이온 반지름보다 작으므로 Cl이다. 이온 반지름은 $K^+ > Ca^{2+}$이고, Z^*는 K < Ca이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{Z^*}$은 K > Ca이 되어 A는 Ca, B는 K이다.

ㄱ. 주기율표에서 가장 왼쪽 아래에 위치하는 B(K)의 원자 반지름이 가장 크다.

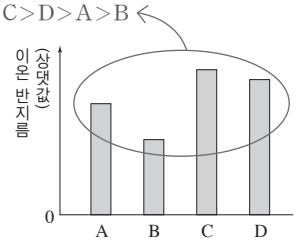
❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. A(Ca)와 B(K)는 같은 4주기 원소이고, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커지므로 A(Ca)가 B(K)보다 크다.

ㄷ. A~C의 이온은 등전자 이온이므로 원자 번호가 작을수록 이온 반지름이 크다. 따라서 이온 반지름은 C(Cl) > B(K) > A(Ca) 순이다.

8 꼼꼼 문제 분석

이온 반지름: C > D > A > B



2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소이므로 A~D의 이온은 등전자 이온이다.

이온 반지름: $O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+}$

→ A는 Na, B는 Mg, C는 O, D는 F

선택지 분석

ㄱ. A와 B는 같은 주기 원소이다.

ㄴ. 원자 반지름이 가장 작은 원소는 C이다. D

ㄷ. 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 D이다.

전략적 풀이 ❶ 등전자 이온의 반지름 관계로부터 A~D에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

ㄱ. 이온 반지름의 크기가 C > D > A > B이고 A~D는 등전자 이온이므로 이온 반지름은 $O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+}$이다. 따라서 A~D는 각각 Na, Mg, O, F이고, A와 B는 3주기 원소이다.

❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. 2주기 비금속 원소인 C(O), D(F)는 3주기 금속 원소인 A(Na)와 B(Mg)보다 원자 반지름이 작고, 원자 번호가 큰 D(F)는 C(O)보다 원자 반지름이 작다.

ㄷ. 원자 반지름이 가장 작은 D(F)의 이온화 에너지가 가장 크다.

9 꼼꼼 문제 분석

Ca > Mg > Al ← Ca > Mg > Al → Mg > Al

원자	원자 반지름 (pm)	이온 반지름 (pm)	이온화 에너지 (kJ/mol)
A		54	578
B	130		738
C	197	100	

i) C가 Al일 경우: 원자 반지름과 이온 반지름이 가장 작아야 하므로 조건에 맞지 않는다.

ii) C가 Mg일 경우: 원자 반지름과 이온 반지름이 중간 값이어야 한다. 즉, B보다 원자 반지름이 크므로 A보다는 원자 반지름과 이온 반지름이 작아야 하므로 조건에 맞지 않는다.

따라서 C는 Ca이다.

iii) 이온화 에너지가 큰 B가 Mg, 작은 A가 Al이다.

선택지 분석

ㄱ. B는 Mg이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 B와 C가 같다.

ㄷ. 원자 반지름이 가장 작은 원자는 A이다.

전략적 풀이 ❶ 원자 반지름과 이온 반지름의 크기로부터 C를 파악하고, 이온화 에너지로부터 A와 B를 파악한다.

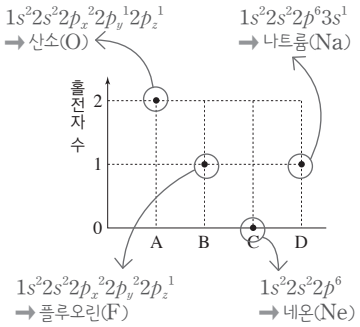
ㄱ. 원자 반지름은 Ca > Mg > Al이고, 이온 반지름은 Ca > Mg > Al이며, 이온화 에너지는 Mg > Al인데, C의 원자 반지름은 B보다 크고 이온 반지름은 A보다 크다. 따라서 C는 Ca이고, 이온화 에너지는 B가 A보다 크므로 B는 Mg, A는 Al이다.

❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. B(Mg), C(Ca)는 같은 2족 원소이므로 원자가 전자 수가 같다.

ㄷ. B(Mg)와 C(Ca)는 같은 족 원소이므로 원자 번호가 작은 B의 원자 반지름이 C보다 작고, A(Al)와 B(Mg)는 같은 주기 원소이므로 원자 번호가 큰 A의 원자 반지름이 B보다 작다.

10 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ B와 C는 같은 주기 원소이다.

㉡ $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 가장 큰 원소는 D이다.

㉢ 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 C이다.

전략적 풀이 ❶ 바닥상태의 전자 배치로부터 A~D에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

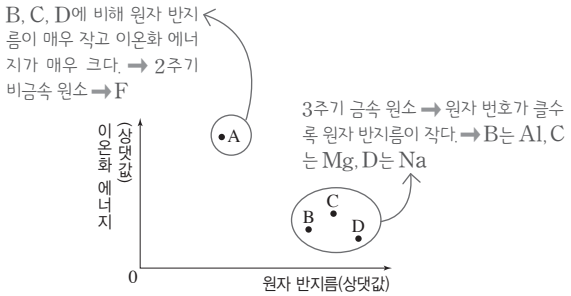
ㄱ. A~D는 홀전자 수가 각각 2, 1, 0, 1이고 원자 번호가 연속적으로 증가하는 2, 3주기 원소이므로 A~D는 각각 O($1s^2 2s^2 2p_x^{\ 2} 2p_y^{\ 1} 2p_z^{\ 1}$), F($1s^2 2s^2 2p_x^{\ 2} 2p_y^{\ 2} 2p_z^{\ 1}$), Ne($1s^2 2s^2 2p^6$), Na($1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$)이다.

❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 가장 큰 원소는 원자가 전자 수가 1인 1족 원소이므로 D(Na)이다.

ㄷ. 같은 2주기 원소 중 원자 번호가 가장 큰 C의 이온화 에너지가 가장 크고, D는 3주기 원소이므로 이온화 에너지가 급격히 작아진다.

11 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ 원자 반지름이 작을수록 이온화 에너지가 커진다. C 예외

㉡ 원자 번호가 가장 큰 원소는 B이다.

㉢ Ne과 전자 배치가 같은 이온이 될 때 반지름이 가장 큰 원소는 A이다.

전략적 풀이 ❶ 원자 반지름의 주기성으로부터 A~D에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

A는 B~D에 비해 원자 반지름이 매우 작고 이온화 에너지가 크므로 2주기 비금속 원소이고, B~D는 3주기 금속 원소이다. 따라서 A는 F이고, 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작아지는 B~D는 각각 Al, Mg, Na이다.

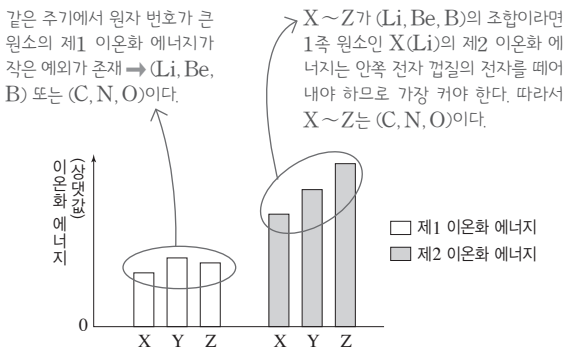
ㄱ. C(Mg)의 경우 원자 반지름이 B(Al)보다 크지만 이온화 에너지는 전자 배치의 특성으로 인해 C(Mg)가 B(Al)보다 크다.

ㄴ. A~D 중 B(Al)의 원자 번호가 가장 크다.

❷ 등전자 이온의 반지름을 생각해 본다.

ㄷ. A~D의 이온은 등전자 이온이므로 원자 번호가 가장 작아 유효 핵전하가 가장 작은 A(F)의 이온 반지름이 가장 크다.

12 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ Z는 양이온이 되기 쉬운 원소이다. 음이온

㉡ 바닥상태에서 홀전자 수는 Z>X이다. Z=X

㉢ E_2가 Z>Y인 것은 유효 핵전하 때문이다.

전략적 풀이 ❶ E_1으로부터 가능한 원소의 조합을 파악하고, 각 조합의 원소들이 나타내는 E_2를 생각해 본다.

E_1이 Y>Z이므로 X~Z는 (Li, Be, B) 또는 (C, N, O)인데, E_2가 X<Y<Z이므로 X~Z는 각각 C, N, O이다.

ㄱ. Z는 O이므로 음이온이 되기 쉬운 원소이다.

ㄴ. X(C)와 Z(O)의 홀전자 수는 2로 같다.

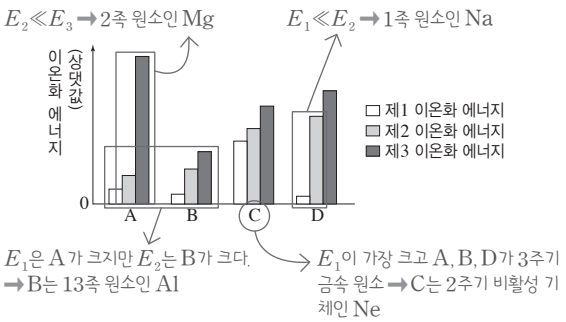
X(C): $1s^2 2s^2 2p_x^{\ 1} 2p_y^{\ 1}$

Z(O): $1s^2 2s^2 2p_x^{\ 2} 2p_y^{\ 1} 2p_z^{\ 1}$

❷ 유효 핵전하와 원자 반지름의 관계를 생각해 본다.

ㄷ. Y(N)의 E_2는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$의 상태에서 전자를 떼어 내는 것이고, Z(O)의 E_2는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$의 상태에서 전자를 떼어 내는 것으로, 모두 $2p$ 오비탈의 홀전자를 떼어 내는 경우이므로 전자 배치에 따른 예외가 생기지 않는다. 따라서 E_2가 Z>Y인 것은 유효 핵전하 때문이다.

13 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. 2주기 원소는 1가지이다.

ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 A이다. B

ㄷ. 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되는 데 필요한 에너지는 A가 B보다 크다. 작다

전략적 풀이 ❶ 순차 이온화 에너지의 상대적 크기로부터 A~D에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

ㄱ. 원자 번호가 연속이므로 A~D는 2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소이다. A는 $E_2 \ll E_3$이므로 2족 원소인 Mg이다. B는 제1 이온화 에너지가 A(Mg)보다 작지만 제2 이온화 에너지는 A(Mg)보다 크다. Al의 경우 원자가 전자의 전자 배치가 $3s^2 3p^1$로 $3s^2$인 Mg에 비해 에너지가 높은 p 오비탈에 전자가 배치되어 있어 제1 이온화 에너지는 작지만 제2 이온화 에너지는 Al은 $3s^2$의 상태에서, Mg은 $3s^1$의 상태에서 전자를 떼어 내는 것이므로 원자 번호가 커 유효 핵전하가 큰 Al이 Mg보다 크다. 한편, C는 제1 이온화 에너지가 가장 크고, A, B, D가 3주기 금속 원소이므로 2주기 원소인 Ne이다. 따라서 A는 Mg, B는 Al, C는 Ne, D는 Na이고, 2주기 원소는 1가지이다.

ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 B(Al)이다.

❷ 비활성 기체의 전자 배치를 갖기 위해 떼어 내야 하는 전자의 몰수를 생각해 본다.

ㄷ. A는 2족 원소인 Mg으로 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되기 위해서는 전자 2몰을 떼어 내야 하므로 E_1+E_2가 필요하고, B는 13족 원소인 Al으로 전자 3몰을 떼어 내야 하므로 $E_1+E_2+E_3$가 필요하다.

14 꼼꼼 문제 분석

홀전자 수는 Li은 1, C는 2, N는 3, O는 2, F은 1이므로 (가)와 (나)는 Li과 F 또는 C와 O 중 하나이다.

- 바닥상태 전자 배치의 홀전자 수: (가)=(나)
- 원자가 전자 수: (다)>(가)>(나)
- 제1 이온화 에너지: (마)>(가)

Li, F, C, O의 원자가 전자 수는 각각 1, 7, 4, 6이므로 (다)는 원자가 전자 수가 가장 큰 F이고 (가)는 O, (나)는 C이다.

남은 Li, N 중 (가)인 O보다 제1 이온화 에너지가 큰 원소는 N이므로 (마)는 N, (라)는 Li이다.

선택지 분석

ㄱ. (가)는 N이다. O

ㄴ. 원자 반지름이 가장 큰 원소는 (라)이다.

ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$가 가장 큰 원소는 (다)이다. (라)

전략적 풀이 ❶ (가)~(마)에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

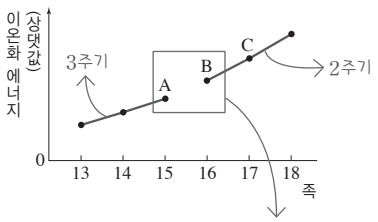
ㄱ. 홀전자 수가 (가)=(나)이므로 (가)와 (나)는 C와 O 또는 Li과 F 중 하나인데, 원자가 전자 수가 (가)보다 큰 원소인 (다)가 존재하므로 (가)와 (나)는 C와 O 중 하나이고, 원자가 전자 수가 (다)>(가)>(나)이므로 (다)는 F, (가)는 O, (나)는 C이다. 제1 이온화 에너지가 (마)>(가)이므로 (마)는 N이고, 나머지 Li은 (라)이다.

❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. 모두 2주기 원소이므로 원자 번호가 가장 작은 (라)의 원자 반지름이 가장 크다.

ㄷ. 1족 원소인 (라)의 제2 이온화 에너지는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지이므로 제1 이온화 에너지에 비해 매우 크다.

15 꼼꼼 문제 분석



같은 주기에서 이온화 에너지는 15족>16족인데, 자료에서는 15족<16족이므로 B는 2주기 원소, A는 3주기 원소이다.

선택지 분석

ㄱ. 원자 번호는 B가 A보다 크다. 작다

ㄴ. 제2 이온화 에너지는 B가 C보다 크다.

ㄷ. 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 음이온의 반지름은 B가 A보다 크다. 작다

전략적 풀이 ❶ 이온화 에너지의 예외적인 경우를 생각해 본다.

ㄱ. 같은 주기에서 이온화 에너지는 15족>16족인데, 자료에서는 15족<16족이므로 A는 3주기, B는 2주기 원소이다. 따라서 원자 번호는 A가 B보다 크다.

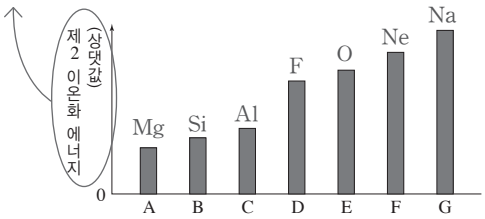
❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. B와 C는 2주기 원소이므로 B는 O, C는 F이다. B(O)와 C(F)의 원자가 전자의 전자 배치는 각각 $2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$, $2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$이므로 제2 이온화 에너지는 B는 $2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$, C는 $2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 상태에서 전자를 떼어 내는 것이므로 $2p_x$ 오비탈에 전자가 쌍을 이루고 있는 C의 제2 이온화 에너지가 B의 제2 이온화 에너지보다 작다.

ㄷ. A는 3주기, B는 2주기 원소이므로 모두 음이온이 되었을 때 전자 껍질은 A 이온이 B 이온보다 1개 많다. 따라서 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 음이온의 반지름은 A가 B보다 크다.

16 꼼꼼 문제 분석

제2 이온화 에너지는 기체 상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어 낸 상태에서 전자 1몰을 더 떼어 내는 데 필요한 에너지이므로, 원자 번호에 따른 제2 이온화 에너지 그래프는 제1 이온화 에너지와 유사하면서 원자 번호가 1씩 이동한 형태로 나타난다.



제1 이온화 에너지는 $_7N$와 $_8O$, $_{12}Mg$과 $_{13}Al$에서 예외가 나타나지만, 제2 이온화 에너지는 $_8O$와 $_9F$, $_{13}Al$과 $_{14}Si$에서 예외가 나타나며, 제1 이온화 에너지는 $_{10}Ne$이 가장 크고 제2 이온화 에너지는 $_{11}Na$이 가장 크다.

➡ 제1 이온화 에너지는 Na<Al<Mg<Si<O<F<Ne 순이고, 제2 이온화 에너지의 크기는 Mg<Si<Al<F<O<Ne<Na 순이다.

선택지 분석

㉠ C는 Al이다.

㉡ 원자 반지름은 E가 D보다 크다.

㉢ 제1 이온화 에너지는 G가 가장 작다.

전략적 풀이 ❶ 원자 번호에 따른 제2 이온화 에너지의 그래프는 제1 이온화 에너지의 그래프가 한 칸씩 이동한 형태라는 것에 중점을 두어 A~G에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

ㄱ. A는 Mg, B는 Si, C는 Al, D는 F, E는 O, F는 Ne, G는 Na이다.

❷ 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. D(F)와 E(O)는 같은 2주기 원소이므로 원자 번호가 작은 E(O)의 원자 반지름이 D(F)보다 크다.

ㄷ. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 대체로 증가하고, 주기가 바뀔 때 급격히 작아지므로 3주기 1족 원소인 G(Na)가 가장 작다.

Ⅲ. 화학 결합과 분자의 세계

1 화학 결합

01 이온 결합

개념 확인 문제 155쪽

❶ 산소(O_2) ❷ 수소(H_2) ❸ 염소(Cl_2) ❹ 나트륨(Na) ❺ 전자 ❻ 비활성 기체 ❼ 옥텟 규칙 ❽ 양이온 ❾ 음이온

1 (1) A, 수소 (2) A : B=2 : 1 **2** (1) × (2) ○ (3) ○ **3** (1) × (2) ○ (3) ○ **4** (1) (다) (2) (라) **5** (1) 2 (2) 1 (3) Ne(네온)

1 (+)극(B)에서는 물 분자가 전자를 잃어 산소 기체가 발생하고, (−)극(A)에서는 물 분자가 전자를 얻어 수소 기체가 발생한다. 이때 수소 기체와 산소 기체는 2 : 1의 부피비로 발생한다.

2 (1) (가)는 이온들이 단단히 규칙적으로 결합하고 있어 이동할 수 없으므로 전기 전도성이 없다. (나)는 이온들이 자유롭게 움직일 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

(2), (3) (나)를 전기 분해하면 (+)극에서는 염화 이온(Cl^-)이 전자를 잃어 황록색 기체인 염소 기체가 발생하고, (−)극에서는 나트륨 이온(Na^+)이 전자를 얻어 금속 나트륨이 얻어진다.

3 (1) 헬륨은 가장 바깥 전자 껍질인 첫 번째 전자 껍질에 전자가 2개 채워져 있다. 네온은 가장 바깥 전자 껍질인 두 번째 전자 껍질에, 아르곤은 가장 바깥 전자 껍질인 세 번째 전자 껍질에 전자가 8개 채워져 있다.

(2), (3) 화학 결합이 형성될 때나 이온이 형성될 때는 옥텟 규칙을 만족시키는 안정한 전자 배치를 이룬다.

4 (가)는 탄소(C), (나)는 산소(O), (다)는 네온(Ne), (라)는 나트륨(Na)의 전자 배치 모형이다.

(1) 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 배치되어 있는 (다)가 비활성 기체이다.

(2) (가)는 전자 4개를 공유하고, (나)는 전자 2개를 얻거나 공유하여 옥텟 규칙을 만족한다. (라)는 전자 1개를 잃어 옥텟 규칙을 만족한다.

5 (1) Mg은 전자 2개를 잃으면 옥텟 규칙을 만족하므로 전자 2개를 잃고 양이온이 된다.

Mg: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ➡ Mg^{2+}: $1s^2 2s^2 2p^6$

(2), (3) Cl는 전자 1개, O는 전자 2개를 얻으면 옥텟 규칙을 만족하므로 전자를 얻어 음이온이 된다.

Cl: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ➡ Cl^-: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

O: $1s^2 2s^2 2p^4$ ➡ O^{2-}: $1s^2 2s^2 2p^6$ [Ne의 전자 배치]

개념 확인 문제

159 쪽

❶ 정전기적 인력 ❷ 에너지 ❸ 고체 ❹ 액체(수용액) ❺ 수용액(액체) ❻ 짧을 ❼ 클

1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ **2** (1) 나트륨 이온(Na^+): 네온(Ne), 염화 이온(Cl^-): 아르곤(Ar) (2) 정전기적 인력 **3** (1) Al_2S_3 (2) CaO (3) K_2SO_4 (4) $MgCl_2$ **4** (1) ○ (2) × (3) × **5** (1) > (2) < (3) > (4) <

1 (1) 금속 원소의 원자는 전자를 잃고, 비금속 원소의 원자는 전자를 얻어 이온 결합을 형성한다.

(2) 양이온과 음이온은 정전기적 인력에 의해 이온 결합을 형성한다.

(3) 이온 결합 물질은 수많은 양이온과 음이온이 3차원적으로 서로를 둘러싸며 규칙적으로 배열되어 이온 결정을 이룬다.

(4) 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 이온 결합 물질을 이루는 이온의 전하에 따라 결합하는 이온의 개수비가 다르다.

2 (1) 나트륨은 전자 1개를 잃고 양이온이 되고, 염소는 전자 1개를 얻어 음이온이 된다. 따라서 나트륨 이온(Na^+)은 네온(Ne), 염화 이온(Cl^-)은 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 이룬다.

(2) 이온 결합은 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 형성된다.

3 이온 결합 물질의 화학식은 양이온과 음이온의 원소 기호 뒤에 이온의 개수비를 가장 간단한 정수비로 나타내며, 이온 결합 물질이 전기적으로 중성이 되도록 양이온의 전체 전하의 양과 음이온의 전체 전하의 양이 같아야 한다.

(1) $2Al^{3+} + 3S^{2-} \longrightarrow Al_2S_3$

(2) $Ca^{2+} + O^{2-} \longrightarrow CaO$

(3) $2K^+ + SO_4^{2-} \longrightarrow K_2SO_4$

(4) $Mg^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow MgCl_2$

4 (1) 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 정전기적 인력에 의해 강하게 결합하여 녹는점과 끓는점이 높고, 실온에서 대부분 고체 상태로 존재한다.

(2) 이온 결합 물질은 고체 상태에서는 이온들이 강하게 결합하고 있어 자유롭게 이동할 수 없기 때문에 전기 전도성이 없지만, 액체 상태와 수용액 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

(3) 외부에서 충격을 가하면 이온 층이 밀리면서 같은 전하를 띤 이온들이 만나 반발력이 작용하므로 부스러지기 쉽다.

5 이온 결합 물질의 녹는점은 이온의 전하량이 같을 경우 이온 사이의 거리가 짧을수록 높고, 이온 사이의 거리가 비슷할 경우 이온의 전하량이 클수록 높다.

(1) NaCl과 NaBr의 경우 이온의 전하량이 같지만 이온 사이의 거리가 NaCl이 NaBr보다 짧으므로 녹는점은 NaCl이 NaBr보다 높다.

(2) NaF과 CaO의 경우 두 이온 사이의 거리가 비슷하므로 전하량이 큰 CaO이 NaF보다 녹는점이 높다.

(3) MgO과 SrO의 경우 이온의 전하량이 같지만 이온 사이의 거리가 MgO이 SrO보다 짧으므로 녹는점은 MgO이 SrO보다 높다.

(4) NaF과 Na_2O의 경우 양이온은 같고, 음이온 반지름이 $F^- < O^{2-}$이지만 거의 비슷하다. 이온의 전하량은 Na_2O이 NaF보다 크므로 녹는점은 Na_2O이 NaF보다 높게 나타난다.

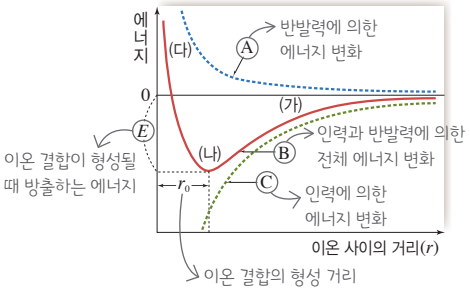
대표 자료 분석

160 쪽

자료 ① **1** B **2** (나) **3** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

자료 ② **1** (가) C, D (나) A, B **2** 네온(Ne) **3** C_2A, CB **4** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

①-1 꼼꼼 문제 분석

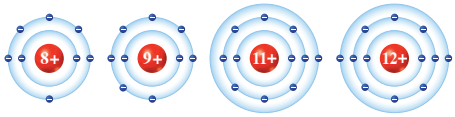


A는 반발력에 의한 에너지 변화를 나타낸 것이고, C는 인력에 의한 에너지 변화를 나타낸 것이다. 인력과 반발력에 의한 전체 에너지 변화는 B이다.

1-2 (가)는 인력이 반발력보다 우세하여 두 이온 사이의 거리가 가까워지는 지점이고, (나)는 인력과 반발력이 균형을 이루어 두 이온이 결합을 형성하는 지점이며, (다)는 두 이온 사이의 거리가 너무 가까워 반발력이 인력보다 우세하게 작용하는 지점이다. 따라서 (나)에서 이온 결합이 형성된다.

1-3 (1) r_0는 결합이 형성되었을 때 두 이온 사이의 거리이므로 양이온과 음이온의 반지름의 합과 같다.
(2) r_0보다 짧은 거리에서는 반발력이 인력보다 우세하게 작용하여 에너지가 급격하게 높아진다.
(3) E가 클수록 이온 결합력이 강하므로 이온 결합 물질의 녹는점이 높다.
(4), (5) 이온 결합 물질의 녹는점은 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 높다. 따라서 이온의 전하량이 같을 때에는 r_0가 작을수록, r_0가 비슷할 때에는 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 높다.
(6) Mg은 2주기 원소이고, Ca은 3주기 원소이므로 r_0는 CaO이 MgO보다 크다.
(7) r_0는 KCl>MgO이고, 이온의 전하량은 KCl<MgO이므로 이온 결합력은 KCl<MgO이다. 따라서 E는 KCl이 MgO보다 작다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



화학 결합을 할 때 원자가 전자가 1~2개인 원자는 전자를 잃고 양이온이 되어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루려는 경향이 있고, 원자가 전자가 6~7개인 원자는 전자를 얻고 음이온이 되어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루려는 경향이 있다. 따라서 A~D 중 양이온이 되는 것은 원자가 전자가 1개인 C와 2개인 D이고, 음이온이 되는 것은 원자가 전자가 6개인 A와 7개인 B이다.

2-2 안정한 이온이 될 때 A는 전자 2개, B는 전자 1개를 얻어 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이루게 되고, C는 전자 1개, D는 전자 2개를 잃어 Ne과 같은 전자 배치를 이루게 된다.

2-3 A와 C가 결합할 때 A는 전자 2개를 얻고, C는 전자 1개를 잃어야 하므로 두 이온이 결합한 화합물의 화학식은 C_2A이다. B와 C가 결합할 때 B는 전자 1개를 얻고, C는 전자 1개를 잃어야 하므로 두 이온이 결합한 화합물의 화학식은 CB이다.

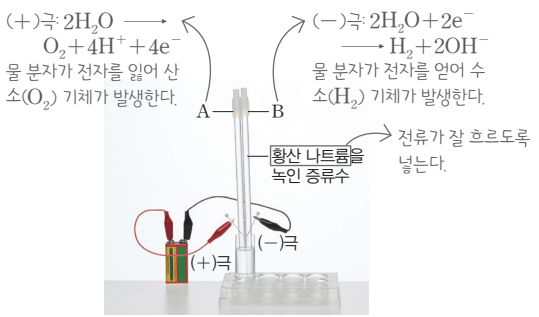
2-4 (1) B와 C가 결합할 경우 C의 원자가 전자가 B로 이동하여 서로 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루어 결합한다.
(2) A와 D가 결합할 때 D의 원자가 전자가 A로 이동하여 D는 전하가 +2인 양이온이 되고, A는 전하가 −2인 음이온이 되어 1 : 1의 개수비로 결합한다.
(3) B와 D가 결합할 때 D의 원자가 전자가 B로 이동하여 D는 전하가 +2인 양이온이 되고, B는 전하가 −1인 음이온이 되어 1 : 2의 개수비로 결합한다. 따라서 화합물의 화학식은 DB_2이다.
(4) CB와 DA는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있다.
(5) CB의 양이온의 전하는 +1이고, 음이온의 전하는 −1이다. 또, DA의 양이온의 전하는 +2이고, 음이온의 전하는 −2이다. 이온 사이의 거리는 비슷하고, 이온의 전하량은 CB<DA이므로 녹는점은 CB가 DA보다 낮다.
(6) C_2A의 양이온의 전하는 +1이고, 음이온의 전하는 −2이다. 또, CB의 양이온의 전하는 +1이고, 음이온의 전하는 −1이다. 이온 사이의 거리는 비슷하고, 이온의 전하량은 C_2A>CB이므로 녹는점은 C_2A가 CB보다 높다.

내신 만점 문제

161쪽~165쪽

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

01 꼼꼼 문제 분석



물을 전기 분해하면 (+)극에서는 물 분자가 전자를 잃어 산소 기체가 발생하고, (−)극에서는 물 분자가 전자를 얻어 수소 기체가 발생한다.

① A는 (+)극이므로 산소 기체가 모인다.

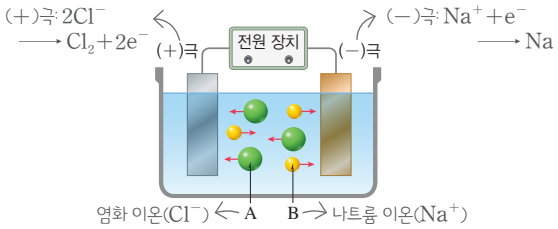
② B는 (−)극이므로 수소 기체가 모이며, 수소 기체에 점화기의 불꽃을 가까이 하면 '퍽' 소리를 내며 탄다.

③ 산소와 수소는 1 : 2의 부피비로 발생하므로 A와 B에 모이는 기체의 부피비는 1 : 2이다.

④ 황산 나트륨은 전해질로, 물에 전류가 잘 흐르도록 한다.

바로알기 ⑤ (−)극에서는 물 분자가 전자를 얻어 수소 기체가 발생하는 반응이 일어난다.

02 꼼꼼 문제 분석



① A는 (+)극으로 끌려가므로 음이온이고, B는 (−)극으로 끌려가므로 양이온이다. 따라서 A는 염화 이온(Cl^-)이고, B는 나트륨 이온(Na^+)이다.

② B는 양이온인 Na^+이므로 (−)극에서 전자를 얻어 Na이 된다.

③ (+)극에서는 Cl^-이 전자를 잃고 황록색 기체인 염소(Cl_2) 기체로 발생한다.

④ (−)극에서는 Na^+이 전자를 얻어 은백색 물질인 Na이 생성된다.

바로알기 ⑤ 염화 나트륨 용융액의 전기 분해에서 화학 반응식은 $2NaCl \longrightarrow 2Na + Cl_2$이므로 (+)극과 (−)극에서 염소 기체와 나트륨이 1 : 2의 입자 수비로 얻어진다.

03

ㄴ, ㄷ. 뜨거운 주철관에 물을 흘려보내면 물이 성분 원소인 수소와 산소로 분해된다. 이때 산소는 주철관의 철과 결합하여 주철관의 질량이 증가한다. 물이 분해되어 생긴 수소는 냉각수를 통과하여 모인다.

바로알기 ㄱ. 라부아지에는 실험을 통해 물이 수소와 산소로 분해되는 것을 확인하여 물이 원소가 아님을 증명하였다.

04

(1) (가)의 염화 나트륨(NaCl)은 이온 결합으로 생성된 물질이고, (나)의 물(H_2O)은 공유 결합으로 생성된 물질이다.

(2) 이온 결합 물질과 공유 결합 물질이 전기 분해를 통해 성분 원소로 얻어지는 것은 각 성분 원소가 화학 결합을 할 때 전자가 관여하였기 때문이다.

모범답안 (1) (가) 이온 결합 (나) 공유 결합

(2) 각 화합물은 전기 분해를 통해 성분 원소로 분해되므로 화학 결합을 할 때 전자가 관여하였음을 알 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나)를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
	(가)와 (나) 중 1가지만 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	화학 결합 시 전자가 관여함을 서술한 경우	60 %
	전자가 관여함을 서술하지 못한 경우	20 %

05

ㄴ. 비활성 기체 이외의 원자들은 화학 결합을 통해 전자를 주고받거나 공유하여 비활성 기체와 같은 안정한 전자 배치를 이루려는 경향이 있다.

ㄷ. 금속 원소의 원자가 이온이 될 때는 전자를 잃고, 비금속 원소의 원자가 이온이 될 때는 전자를 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다.

바로알기 ㄱ. 비활성 기체는 안정한 전자 배치를 이루므로 반응성이 작다.

06 꼼꼼 문제 분석

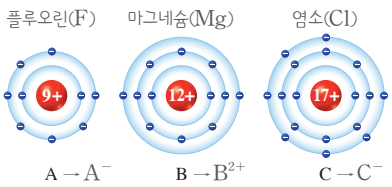
주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1								He A
2	B Li							Ne C
3		D Mg					E Cl	

ㄱ. 비활성 기체는 18족 원소인 A와 C이다.

ㄴ. B가 안정한 이온이 되면 앞 주기의 비활성 기체인 A와 같은 전자 배치를 이룬다.

바로알기 ㄷ. D가 안정한 이온이 되면 2주기 18족 원소인 C와 같은 전자 배치를 이루고, E가 안정한 이온이 되면 3주기 18족 원소인 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 이룬다.

07 꼼꼼 문제 분석

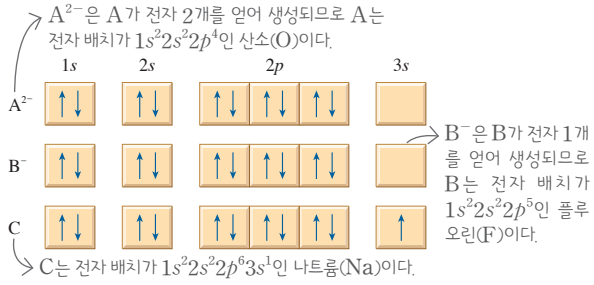


ㄴ. 안정한 이온이 될 때 A는 전자 1개를 얻어 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이루고, B는 전자 2개를 잃어 Ne과 같은 전자 배치를 이룬다.

ㄷ. 안정한 이온이 될 때 음이온이 되는 원자는 17족 원소인 A와 C이다.

바로알기 ㄱ. B는 원자가 전자가 2개이므로 전자 2개를 잃어 옥텟 규칙을 만족한다.

08 꼼꼼 문제 분석

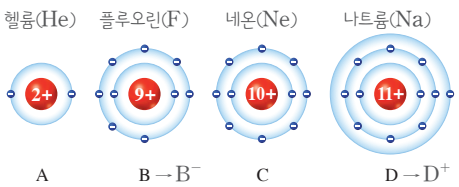


ㄱ. A는 산소로, 원자가 전자는 6개($2s^2 2p^4$)이다.

바로알기 ㄴ. B는 안정한 이온이 될 때 전자 1개를 얻어 네온(Ne)과 같은 전자 배치($1s^2 2s^2 2p^6$)를 이루는 B^-이 된다.

ㄷ. C는 원자가 전자가 1개($3s^1$)이므로 전자 1개를 잃으면서 옥텟 규칙을 만족한다.

09 꼼꼼 문제 분석

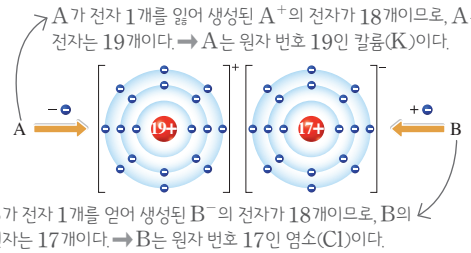


ㄱ. A는 첫 번째 전자 껍질에 전자 2개, C는 두 번째 전자 껍질에 전자 8개가 채워져 안정한 전자 배치를 이루는 비활성 기체이다.

ㄷ. 안정한 이온이 될 때 B는 전자 1개를 얻고, D는 전자 1개를 잃어 C와 같이 안정한 전자 배치를 이룬다.

바로알기 ㄴ. B는 안정한 이온이 될 때 전자 1개를 얻어 옥텟 규칙을 만족하므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 변하지 않는다. 따라서 A와 B는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 다르다.

10 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. A가 전자 1개를 잃어 생성된 A^+은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 3개이므로 A는 전자가 들어 있는 전자 껍질이 4개이다. 또, B가 전자 1개를 얻어 생성된 B^-은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 3개이므로 B는 전자가 들어 있는 전자 껍질이 3개이다. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 A > B이므로 원자 반지름은 A > B이다.

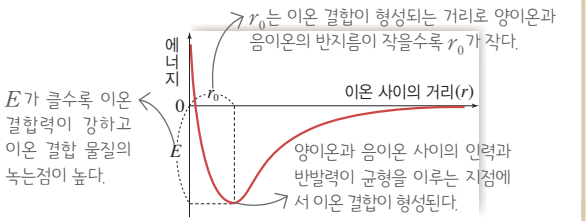
ㄷ. A^+과 B^-은 모두 3주기 비활성 기체인 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 이룬다.

바로알기 ㄱ. A는 전자가 들어 있는 전자 껍질이 4개이므로 4주기 원소이고, B는 전자가 들어 있는 전자 껍질이 3개이므로 3주기 원소이다.

11 ㄱ. 나트륨 이온(Na^+)은 2주기 비활성 기체인 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이루고, 염화 이온(Cl^-)은 3주기 비활성 기체인 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 이룬다.

ㄴ, ㄷ. 금속 원소인 나트륨(Na)과 비금속 원소인 염소(Cl) 사이에 이온 결합이 형성될 때 Na에서 Cl로 전자가 이동하여 Na^+과 Cl^-이 생성되고, Na^+과 Cl^-이 정전기적 인력에 의해 결합하여 염화 나트륨(NaCl)을 생성한다. 이때 Na^+과 Cl^-은 1 : 1의 개수비로 결합한다.

[12~13] 꼼꼼 문제 분석



12 ㄱ. 이온 결합은 양이온과 음이온의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 지점에서 형성되므로 r_0는 이온 결합이 형성되는 거리이다.

ㄴ. 이온 사이의 거리가 r_0보다 클 때는 인력이 반발력보다 우세하게, r_0보다 작을 때는 반발력이 인력보다 우세하게 작용한다.

ㄷ. E가 클수록 이온 결합력이 강하고, 이온 결합력이 강할수록 이온 결합 물질의 녹는점이 높다.

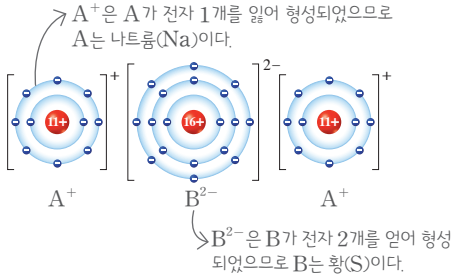
13 r_0는 이온 반지름이 클수록 크게 나타나고, E는 이온 결합력이 클수록 크게 나타난다. 이온 결합력은 양이온과 음이온 사이에 작용하는 정전기적 인력에 비례하므로 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 크다.

바로알기

	r_0	E
①	LiF < NaCl	LiF > NaCl
②	LiCl < NaCl	LiCl > NaCl
③	MgO < CaO	MgO > CaO
⑤	NaCl < KCl	NaCl > KCl

14 **바로알기** ③ 산화 칼슘은 칼슘 이온(Ca^{2+})과 산화 이온(O^{2-})으로 이루어지므로 화학식은 CaO이다.

15 꼼꼼 문제 분석



ㄷ. A는 전자를 잃어 양이온이 되고, B는 전자를 얻어 음이온이 되므로 A에서 B로 전자가 이동하여 결합을 형성한다.

바로알기 ㄱ. A^+은 A가 전자 1개를 잃어 형성되었으므로 A의 전자가 들어 있는 전자 껍질은 3개이다. B^{2-}은 B가 전자 2개를 얻어 형성되었으므로 B의 전자가 들어 있는 전자 껍질은 3개이다. 따라서 A와 B의 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 같다.

ㄴ. A_2B는 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서 전류가 흐르지 않는다.

16 꼼꼼 문제 분석

- A: $1s^2 2s^1$ ➡ A^+: $1s^2$
- B: $1s^2 2s^2 2p^5$ ➡ B^-: $1s^2 2s^2 2p^6$
- C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ➡ C^{2+}: $1s^2 2s^2 2p^6$
- D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ➡ D^{2-}: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- E: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ➡ E^-: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

구분	양이온	음이온	개수비	화학식
① A와 B	A^+	B^-	1 : 1	AB
② A와 D	A^+	D^{2-}	2 : 1	A_2D
③ A와 E	A^+	E^-	1 : 1	AE
④ C와 D	C^{2+}	D^{2-}	1 : 1	CD
⑤ C와 E	C^{2+}	E^-	1 : 2	CE_2

17

① 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 정전기적 인력으로 강하게 결합하고 있으므로 녹는점과 끓는점이 높다.

② 이온 결합 물질은 대체로 물에 잘 녹으며, 물에 녹으면 양이온과 음이온이 물 분자에 둘러싸여 물속으로 흩어져 자유로운 이동이 가능해진다.

③, ④ 이온 결합 물질은 고체 상태에서 이온들이 자유롭게 이동할 수 없으므로 전기 전도성이 없지만, 수용액 상태에서 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

바로알기 ⑤ 이온 결정은 비교적 단단하지만 외부에서 힘을 가하면 이온 층이 밀리면서 같은 전하를 띠는 이온 사이에 반발력이 작용하므로 부스러지기 쉽다.

18

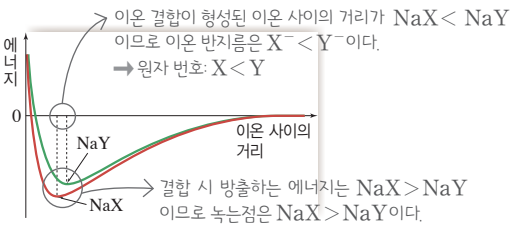
A와 B는 3주기 원소이므로 양이온의 경우 네온(Ne)의 전자 배치를, 음이온의 경우 아르곤(Ar)의 전자 배치를 이룬다. 따라서 이온의 크기가 작은 A가 양이온이고, 크기가 큰 B가 음이온이다.

ㄴ. B는 3주기 원소의 음이온이므로 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 이룬다.

ㄷ. 이온 결합 물질은 액체 상태와 수용액 상태에서 양이온과 음이온으로 나누어져 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

바로알기 ㄱ. A는 양이온이므로 (+)전하를 나타낸다.

19 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. 이온 결합을 형성할 때 방출하는 에너지가 클수록 이온의 결합력이 크고, 이온 결합력이 클수록 녹는점이 높다. 따라서 이온 결합을 형성할 때 방출하는 에너지가 더 큰 NaX가 NaY보다 녹는점이 높다.

바로알기 ㄱ. 이온 결합이 형성된 이온 사이의 거리가 NaX < NaY이므로 이온 반지름은 $X^- < Y^-$이다. 따라서 원자 번호는 X가 Y보다 작다.

ㄷ. 이온 결합 물질은 고체 상태에서는 이온들이 강하게 결합하고 있어 자유롭게 이동할 수 없으므로 전기 전도성이 없지만, 액체 상태와 수용액 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동할 수 있기 때문에 전기 전도성이 있다.

20 꼼꼼 문제 분석

이온	A	B	C	D
양성자수	12	19	8	17
전자 수	10	18	10	18
이온의 전하	+2	+1	−2	−1
이온의 종류	양이온	양이온	음이온	음이온

ㄱ. 이온 결합 물질의 녹는점은 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 높다. AC를 이루는 이온의 전하량이 BD를 이루는 이온의 전하량보다 크므로 녹는점은 AC가 BD보다 높다.

바로알기 ㄴ. A와 B는 양이온이므로 금속 원소의 이온이다.

ㄷ. A와 D는 1 : 2의 개수비로 결합하므로 A와 D로 이루어진 화합물의 화학식은 AD_2이다.

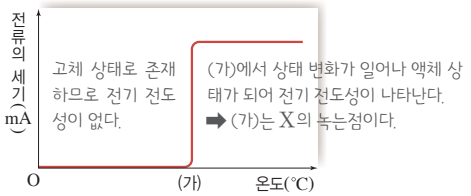
21 A와 B는 전하가 −1인 음이온이고, C와 D는 전하가 +2인 양이온이다.

ㄴ. C와 D는 전하가 +2인 양이온이므로 전하량이 Na^+의 2배이다.

바로알기 ㄱ. NaB의 이온 사이의 거리가 NaA보다 크므로 원자 번호는 B가 A보다 크다.

ㄷ. NaA와 NaB의 전하량이 같으므로 이온의 전하량은 녹는점에 영향을 미치지 않는다. 두 물질의 녹는점에 영향을 미치는 요인은 이온 사이의 거리이다.

[22~23] 꼼꼼 문제 분석



22 ㄱ. 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만, 가열할 때 (가)에서 전기 전도성이 나타나므로 (가)는 X의 녹는점이며 X는 이온 결합 물질이다.

ㄴ. 고체 상태의 X에 힘을 가하면 이온 층이 밀리면서 두 층의 경계면에서 같은 전하를 띤 이온들이 만나 반발력이 작용하여 부스러지기 쉽다.

바로알기 ㄷ. X와 이온의 전하량이 같고 이온 사이의 거리가 더 먼 화합물인 경우 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력이 X에 비해 작아 녹는점이 (가)보다 낮다.

23 모범답안 X를 구성하는 양이온과 음이온은 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이루므로 음이온은 2주기 원소이고, 양이온은 3주기 원소이다.

채점 기준	배점
주기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
주기만 옳게 서술한 경우	30 %

24 꼼꼼 문제 분석

이온	전자 배치	원자의 전자 배치
A^{2-}, B^{2+}	$1s^22s^22p^6$	A: $1s^22s^22p^4$
		B: $1s^22s^22p^63s^2$
C^-, D^+, E^{2+}	$1s^22s^22p^63s^23p^6$	C: $1s^22s^22p^63s^23p^5$
		D: $1s^22s^22p^63s^23p^64s^1$
		E: $1s^22s^22p^63s^23p^64s^2$

A는 산소(O), B는 마그네슘(Mg), C는 염소(Cl), D는 칼륨(K), E는 칼슘(Ca)이다.

ㄴ. 화합물의 녹는점은 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 높다. 따라서 이온의 전하량이 더 크고, 이온 사이의 거리가 더 짧은 BA의 녹는점이 DC보다 높다.

바로알기 ㄱ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 E이다.

ㄷ. C와 E로 이루어진 화합물은 전하가 −1인 음이온과 +2인 양이온으로 구성되므로 화학식은 EC_2이다.

02 공유 결합과 금속 결합

개념 확인 문제 169 쪽

❶ 공유 ❷ 에너지 ❸ 결합 길이 ❹ 분자 결정(분자성 고체) ❺ 공유 결정(원자 결정) ❻ 분자 ❼ 공유(원자) ❽ 없다 ❾ 분자 ❿ 공유(원자)

1 (1) × (2) ○ (3) ○ **2** (1) × (2) ○ (3) × **3** (1) B (2) 74 pm (3) 436 kJ/mol **4** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○

1 (1) 공유 결합은 비금속 원소의 원자들이 전자를 공유하여 이루어지는 결합이다.

(2) 베릴륨(Be)과 붕소(B)를 제외한 1, 2주기의 원소에서 원자들이 공유 결합을 형성하면 같은 주기의 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다.

(3) 두 원자에 서로 공유되어 결합에 참여하는 전자쌍을 공유 전자쌍이라고 한다.

2 (1) 물 분자에서 산소 원자는 수소 원자 2개와 각각 전자쌍 1개씩을 공유하므로, 공유 전자쌍은 2개이며 단일 결합이 2개 있다.

(2), (3) 물 분자에서 수소 원자는 1주기 비활성 기체인 헬륨과 같은 전자 배치를 이루고, 산소 원자는 2주기 비활성 기체인 네온과 같은 전자 배치를 이룬다.

3 (1) 두 원자의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 지점에서 공유 결합이 형성된다. 따라서 공유 결합은 에너지가 가장 낮은 지점인 B에서 형성된다.

(2) 공유 결합이 형성될 때 두 원자핵 사이의 거리가 결합 길이이므로 수소 분자의 결합 길이는 74 pm이다.
(3) 에너지가 가장 낮은 지점에서 공유 결합이 형성되므로 B의 에너지인 436 kJ/mol이 수소 분자의 결합 에너지이다.

4 (1) 분자 결정은 드라이아이스나 아이오딘처럼 분자들이 분자 사이에 작용하는 인력에 의해 규칙적으로 배열되어 이룬 결정이다. 공유 결정은 흑연과 석영처럼 물질을 구성하고 있는 모든 원자가 연속적으로 공유 결합을 형성하여 그물처럼 연결된 결정이다.
(2) 분자 결정은 분자 사이의 인력이 약하여 녹는점과 끓는점이 낮고, 공유 결정은 원자들이 강하게 결합하고 있어 녹는점이 높다.
(3) 공유 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없다.(흑연은 예외)
(4) 액체 상태에서 공유 결합 물질은 전기 전도성이 없지만, 이온 결합 물질은 전기 전도성이 있다. 따라서 액체 상태의 전기 전도성을 이용하여 공유 결합 물질과 이온 결합 물질을 구분할 수 있다.

개념 확인 문제

172쪽

❶ 금속 ❷ 자유 전자 ❸ 자유 전자 ❹ 은백색 ❺ 고체 (액체) ❻ 액체(고체) ❼ 고체 ❽ 공유 ❾ 이온 ❿ 금속 ⓫ 높다

1 자유 전자 **2** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ **3** (가) 전성 (나) 연성 **4** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × **5** (1) ㉢ (2) ㉡ (3) ㉠ **6** A: 이온 결합, B: 금속 결합, C: 공유 결합

1 (가)는 자유 전자로, 금속 원자에서 떨어져 나와 한 원자에 속해 있지 않고 수많은 금속 양이온 사이를 쉽게 이동할 수 있다.

2 (1) 금속 결합은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 이루어진다.
(2) 금속의 연성과 전성은 자유 전자가 결합을 유지시키기 때문에 나타난다.
(3) 금속에 전원 장치를 연결하면 금속 양이온은 이동하지 않고 고정되어 있고, 자유 전자는 (+)극 쪽으로 이동한다.
(4) 금속의 전기 전도성은 자유 전자가 자유롭게 이동할 수 있기 때문에 나타난다.

3 알루미늄 포일은 금속의 전성을 이용한 것이고, 구리 전선은 금속의 연성을 이용한 것이다.

4 (1) 금속 결합 물질은 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
(2) 외부에서 금속 결합 물질에 힘을 가하면 힘에 의해 금속이 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합이 유지된다.
(3) 금속 결합 물질을 가열하면 자유 전자가 열에너지를 얻게 되고, 큰 열에너지를 가진 자유 전자가 인접한 자유 전자와 금속 양이온에 열에너지를 전달하기 때문에 열 전도성이 나타난다.
(4) 금속 결합 물질의 녹는점과 끓는점이 높은 까닭은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 금속 결합력이 강하기 때문이다.

5 (1) 구리(Cu)는 구리 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의한 결합으로 이루어진 물질이다.
(2) 염화 수소(HCl)는 염소 원자와 수소 원자 사이에 전자쌍 1개를 공유하는 결합으로 이루어진 물질이다.
(3) 산화 마그네슘(MgO)은 산화 이온과 마그네슘 이온 사이의 정전기적 인력에 의한 결합으로 이루어진 물질이다.

6 A는 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만 액체 상태와 수용액 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다.
B는 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 금속 결합 물질이다.
C는 상태에 관계없이 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질이다.

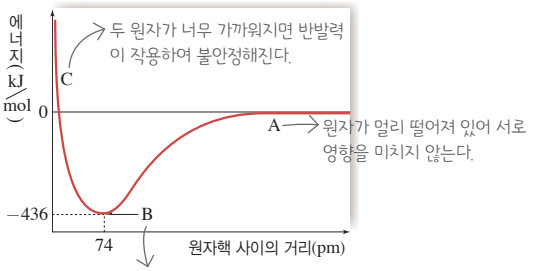
대표 자료 분석

173쪽

자료 1 **1** B **2** (가) 436 kJ/mol (나) 74 pm **3** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) × (7) × (8) ○

자료 2 **1** A **2** B와 D, 공유 결합 **3** C **4** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) × (7) × (8) × (9) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석



공유 결합이 형성될 때 성분 원자들 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루는 지점에서 에너지가 가장 낮다. 따라서 수소 원자들 사이의 인력과 반발력이 균형을 이룬 지점은 B이다.

1-2 (가) 에너지가 가장 낮은 지점에서 결합이 형성되므로 B의 에너지가 결합 에너지이다.
(나) 공유 결합이 형성될 때 두 원자핵 사이의 거리가 결합 길이이다.

1-3 (1) A~C 중 수소 원자들 사이에 반발력이 가장 우세한 지점은 에너지가 가장 높은 C이다.
(2) A에서는 수소 원자들이 멀리 떨어져 있어 서로 영향을 미치지 않지만, B로 갈수록 수소 원자들이 서로 접근하여 수소 원자 사이의 인력이 점점 커진다.
(3) 수소 분자는 에너지가 가장 낮은 지점인 B에서 공유 결합을 하고, 이때 공유 전자쌍 1개를 형성한다.
(4) 수소 분자보다 공유 결합력이 큰 분자는 더 안정하여 B의 값보다 더 낮은 에너지에서 생성된다.
(5) 수소 분자는 에너지가 가장 낮은 지점인 B에서 가장 안정하다.
(6) C에서 에너지가 높아지는 것은 수소 원자 사이의 거리가 너무 가까워져 반발력이 커지기 때문이다.
(7) 수소 원자의 반지름은 수소 분자의 결합 길이의 절반에 해당한다. 수소 분자의 결합 길이는 74 pm이므로 수소 원자의 반지름은 37 pm이다.
(8) 수소 분자의 결합 에너지가 436 kJ/mol이므로 1몰의 수소 분자 사이의 결합을 끊어내는 데 필요한 에너지는 436 kJ이다.

2-1 꼼꼼 문제 분석

물질	녹는점 (℃)	끓는점 (℃)	전기 전도성		물질의 종류 (결정의 종류)
			고체	액체	
A	802	1413	×	○	이온 결합 물질 (이온 결정)
B	−114	78.8	×	×	공유 결합 물질 (분자 결정)
C	97.8	882	○	○	금속 결합 물질 (금속 결정)
D	1670	2250	×	×	공유 결합 물질 (공유 결정)

(단, ○: 전기 전도성이 있음, ×: 전기 전도성이 없음)

A는 고체 상태에서 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다.

2-2 B와 D는 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질이다.

2-3 그림은 금속 결정을 나타낸 전자 바다 모형이다. 따라서 그림의 모형으로 나타낼 수 있는 물질은 금속 결합 물질인 C이다.

2-4 (1) A의 결정은 이온 결정이므로 외부 힘에 의해 쉽게 부스러진다.
(2) B는 공유 결합 물질이므로 원자 사이에 공유 결합을 하고 있다.
(3) B는 분자 결정이므로 실온에서 분자로 존재한다.
(4) C는 금속 결합 물질이므로 실온에서 금속 결정으로 존재한다.
(5) D는 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질이다. 그리고 녹는점과 끓는점이 높으므로 공유 결합 물질 중 실온에서 고체 상태로 존재하는 공유 결정이다.
(6) 자유 전자가 존재하는 것은 금속 결합 물질인 C이다.
(7) 다이아몬드나 석영은 공유 결합 물질 중 공유 결정으로 존재하므로 D에 해당한다.
(8) 실온에서 액체 상태인 물질은 녹는점이 실온보다 낮고, 끓는점이 실온보다 높은 B이다.
(9) 화학 결합의 세기가 가장 강한 물질은 녹는점과 끓는점이 가장 높은 D이다.

내신 만점 문제

174쪽~177쪽

01 ③ 02 A와 B 03 ③ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 해설 참조 07 ② 08 ⑤ 09 ① 10 ② 11 ③ 12 ⑤ 13 ① 14 ② 15 ⑤ 16 ③ 17 ① 18 ② 19 ⑤

01 ③ 비금속 원소들은 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해 전자를 공유하여 결합을 형성한다.

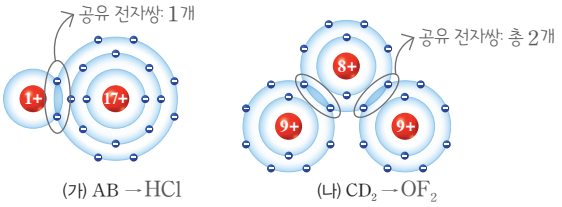
바로알기 ① 공유 결합은 전자를 공유하여 결합이 형성된다.
② 비금속 원소의 원자들이 공유 결합을 형성할 때 원자는 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해 필요한 원자가 전자 수보다 부족한 전자 수만큼을 공유하며 결합을 형성한다.
④ 입자 사이의 정전기적 인력으로 형성된 결합은 금속 결합과 이온 결합이다.
⑤ 대부분의 공유 결합 물질은 상태에 관계없이 전기 전도성이 없다.

02 꼼꼼 문제 분석

원소	A C	B O	C Ne
전자 배치	$1s^2 2s^2 2p^2$	$1s^2 2s^2 2p^4$	$1s^2 2s^2 2p^6$

비금속 원소의 원자들이 결합할 때 공유 결합을 형성한다. A, B, C는 모두 비금속 원소이지만 비활성 기체인 C는 결합을 형성하지 않고, A와 B만 공유 결합을 형성한다.

03 꼼꼼 문제 분석



(가) A와 B는 전자쌍 1개를 공유하므로 A의 원자가 전자는 1개이고, B의 원자가 전자는 7개이다. ➡ A는 1주기 1족 원소인 수소(H)이고, B는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.

(나) C는 2개의 D와 전자쌍 2개를 공유하므로 C의 원자가 전자는 6개이고, D의 원자가 전자는 7개이다. ➡ C는 2주기 16족 원소인 산소(O)이고, D는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)이다.

ㄱ. B와 D는 원자가 전자가 7개이므로 17족 원소이다.

ㄷ. A는 원자가 전자가 1개, C는 원자가 전자가 6개이므로 두 원소로 이루어진 가장 안정한 화합물의 화학식은 A_2C이다.

바로알기 ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 1이고, (나)가 2이다.

04

⑤ N_2에서는 N 2개가 3중 결합을 하고, C_2H_2에서는 C와 H는 단일 결합을 하지만 C끼리는 3중 결합을 한다.

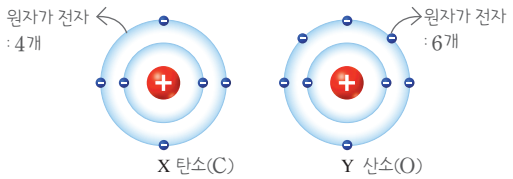
바로알기 ① H_2: 단일 결합, HF: 단일 결합

② H_2O: 단일 결합, NH_3: 단일 결합

③ CH_4: 단일 결합, CO_2: 2중 결합

④ O_2: 2중 결합, CO_2: 2중 결합

05 꼼꼼 문제 분석



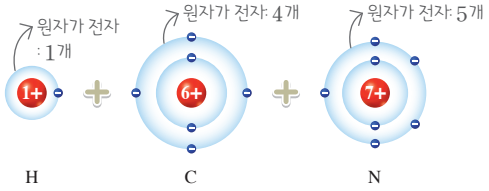
① Y는 원자가 전자가 6개이므로 Y와 Y는 전자쌍 2개를 공유하여 $Y_2(O_2)$를 생성한다. 즉, Y_2에서 공유 전자쌍 수는 2이다.

② X와 Y는 비금속 원소이므로 공유 결합을 형성한다.

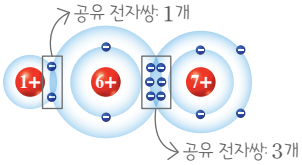
③, ④ X의 원자가 전자는 4개이고, Y의 원자가 전자는 6개이므로 X는 2개의 Y와 각각 전자쌍 2개를 공유하여 $XY_2(CO_2)$를 생성한다. 즉, XY_2에서 X와 Y는 2중 결합을 하며, 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 ⑤ XY_2에서 공유 전자쌍 수는 4이다.

06 꼼꼼 문제 분석



원자가 전자는 수소(H), 탄소(C), 질소(N)가 각각 1개, 4개, 5개이다. 따라서 H와 C는 전자쌍 1개를 공유하며, C와 N는 전자쌍 3개를 공유하여 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다.



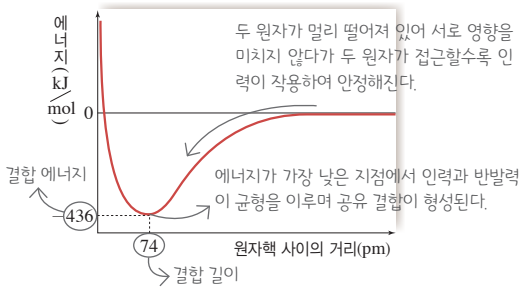
사이안화 수소(HCN)의 분자 모형

모범답안 (1) (가) 1개 (나) 3개

(2) H의 원자가 전자는 1개이므로 C의 원자가 전자 중 1개와 공유 결합을 형성하고, N는 원자가 전자가 5개이므로 C의 원자가 전자 중 3개와 공유 결합을 형성하여 각각 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해서이다.

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나)를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
	(가)와 (나) 중 1가지만 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	각 원자의 원자가 전자 수를 정확하게 언급하여 서술한 경우	60 %
	각 원자의 원자가 전자 수를 언급하지 못한 경우	30 %

07 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. 기체 상태의 분자 1몰에서 원자 사이의 공유 결합을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지는 결합 에너지로, 수소 분자의 결합 에너지는 436 kJ/mol이다.

바로알기 ㄱ. 수소 분자의 결합 길이는 두 수소 원자가 공유 결합을 이룰 때 두 원자핵 사이의 거리에 해당하므로 74 pm이다.

ㄷ. 원자핵 사이의 거리가 74 pm보다 클 때에는 수소 원자 사이가 멀어 인력이 우세하게 작용하지만, 74 pm보다 작을 때에는 수소 원자 사이가 너무 가까워 반발력이 우세하게 작용한다.

08 꼼꼼 문제 분석

2, 3주기 원소 중 실온에서 이원자 분자이면서 기체로 존재하는 물질은 N_2, O_2, F_2, Cl_2이다.

원자 반지름은 C < D이고, C와 D가 각각 이원자 분자를 이룰 때 단일 결합을 하므로 C는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)이고, D는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.

원소	A	B	C	D
원자 반지름(pm)	75	73	71	99.5
이원자 분자를 이루는 공유 결합의 종류	3중 결합	2중 결합	단일 결합	단일 결합

A~C는 2주기 원소이고, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소하는데 원자 반지름이 A > B > C이므로 A는 2주기 15족 원소인 질소(N)이고, B는 2주기 16족 원소인 산소(O)이다.

ㄱ. A는 원자가 전자가 5개이므로 $A_2(N_2)$는 공유 전자쌍이 3개이다. B는 원자가 전자가 6개이므로 $B_2(O_2)$는 공유 전자쌍이 2개이다.

ㄴ. 이원자 분자를 이룰 때 Ne과 같은 전자 배치를 이루는 원소는 2주기 원소인 A, B, C이다.

ㄷ. 원자가 전자가 5개인 A와 7개인 D가 결합하면 A 1개와 D 3개가 전자쌍 3개를 공유하며 결합을 형성한다.

09 꼼꼼 문제 분석

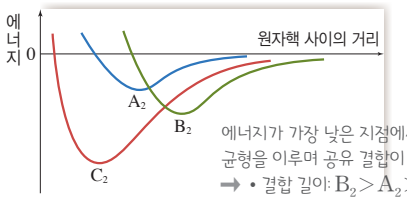
화합물	N_2	O_2	F_2
녹는점(℃)	−210	−219	−218
끓는점(℃)	−196	−183	−188
결합 길이(pm)	110	121	142
공유 전자쌍 수(개)	3	2	1

ㄴ. 원자가 전자는 N가 5개, O가 6개, F이 7개이므로 공유 전자쌍은 N_2가 3개, O_2가 2개, F_2이 1개로 $N_2 > O_2 > F_2$이다.

바로알기 ㄱ. N_2와 O_2는 다중 결합을 하므로 결합 길이, 즉 원자핵 사이의 거리로 원자 반지름을 알 수 없다. 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소하므로 원자 반지름은 N > O > F이다.

ㄷ. 액체 상태에서 분자 사이의 인력은 물질의 끓는점에 비례하므로 $O_2 > F_2 > N_2$이다.

10 꼼꼼 문제 분석



에너지가 가장 낮은 지점에서 인력과 반발력이 균형을 이루며 공유 결합이 형성된다.

→ • 결합 길이: $B_2 > A_2 > C_2$
• 결합 에너지: $C_2 > B_2 > A_2$

ㄷ. 결합 에너지는 공유 결합의 세기를 나타내는 척도로 결합 에너지가 클수록 결합이 강하고 안정하다. 따라서 결합 에너지가 가장 큰 C_2의 결합 세기가 가장 강하다.

바로알기 ㄱ. 결합 에너지가 가장 큰 것은 이원자 분자를 생성할 때 방출하는 에너지가 가장 큰 C_2이다.

ㄴ. 결합 길이가 가장 짧은 것은 원자핵 사이의 거리가 가장 짧은 C_2이다.

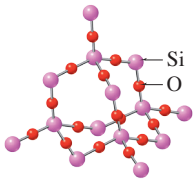
11

① 공유 결합 물질은 일반적으로 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

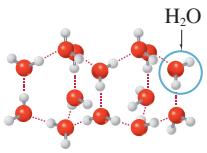
② 공유 결합 물질은 분자 사이의 인력이 약해 비교적 녹는점과 끓는점이 낮으며, 승화성이 있는 물질도 존재한다.

④ 석영은 규소 원자들과 산소 원자들이 그물처럼 연결되어 결합을 형성한다.

⑤ 얼음은 물 분자들이 분자 사이의 인력에 의해 규칙적으로 배열된 물질이다.



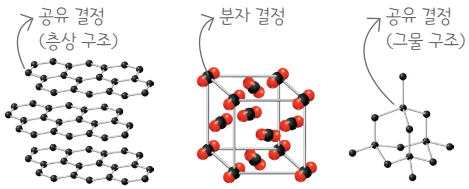
석영의 공유 결정 모형



얼음의 분자 결정 모형

바로알기 ③ 분자 결정의 녹는점과 끓는점은 분자 사이의 인력에 비례한다. 결합 에너지는 공유 결합을 형성하는 원자 사이의 인력에 비례하므로 공유 결정의 녹는점에 영향을 미친다.

12 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 모두 공유 결합 물질로, 전자를 공유하여 결합하므로 원자와 원자 사이에 공유 전자쌍이 있다.

ㄴ. 드라이아이스는 원자와 원자 사이의 결합력은 강하지만, 분자 사이의 인력이 매우 약해 승화성이 있다.

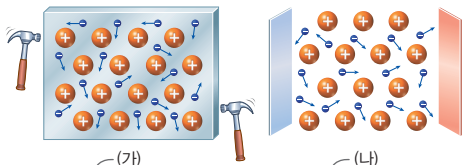
ㄷ. 흑연은 탄소 원자 1개에 다른 탄소 원자 3개가 결합한 층상 구조이고, 다이아몬드는 탄소 원자 1개가 다른 탄소 원자 4개와 강하게 결합한 3차원 그물 구조이다.

13

② 열 전도성, ③ 전기 전도성, ④ 전성, ⑤ 연성은 모두 자유 전자에 의해 나타나는 성질이다.

바로알기 ① 금속의 밀도가 큰 것은 원자량이 크기 때문이다.

14 꼼꼼 문제 분석



(가) 외부에서 금속에 힘을 가하면 이온층이 밀리지만 자유 전자가 결합을 유지시키므로 부서지지 않는다.

(나) 금속에 전원 장치를 연결하면 금속 양이온은 고정되어 있지만 자유 전자는 (+)극 쪽으로 이동한다.

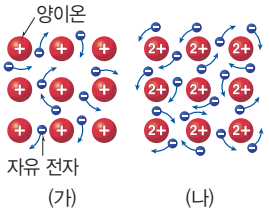
ㄷ. (나)에서 전원을 연결하면 금속 양이온은 고정되어 있지만, 자유 전자는 (+)극 쪽으로 이동하며 전류가 흐른다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)에서 모두 금속 양이온은 고정되어 있고, 자유 전자가 자유롭게 움직인다.

ㄴ. (가)에서 금속은 변형이 일어나지만, 자유 전자가 이동하여 금속 결합이 유지된다.

15 ㄱ. 금속의 녹는점은 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 비례하므로 같은 주기의 경우 전하량이 클수록 정전기적 인력이 크게 나타난다. 따라서 (가)보다 (나)의 녹는점이 높게 나타난다.

ㄴ. 금속은 전기적 중성이어야 하므로 자유 전자의 수는 (나)가 (가)의 2배이다.



ㄷ. 금속은 자유 전자가 존재하므로 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.

16 꼼꼼 문제 분석

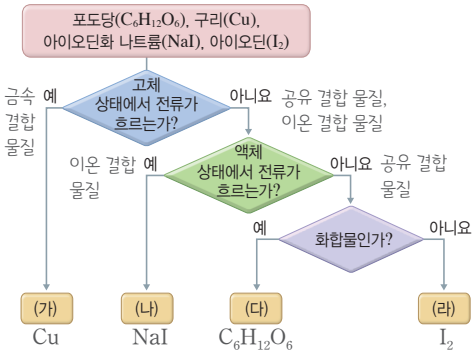
주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A—H							
2				B—C			C—F	
3		D—Mg						

ㄱ. AC(HF)는 공유 결합 물질이므로 분자로 존재한다.

ㄷ. DC_2(MgF_2)는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

바로알기 ㄴ. B(C)만으로 이루어진 물질 중 다이아몬드는 그물 구조로 매우 단단하지만, 흑연은 층상 구조로 층과 층 사이의 결합력이 약해 부스러지기 쉽다.

17 꼼꼼 문제 분석



ㄷ. (나)와 (라)는 공통적으로 아이오딘(I)을 포함하고 있다.

바로알기 ㄱ. 아이오딘화 나트륨(NaI)은 (나)에 해당한다. (가)는 구리(Cu)이다.

ㄴ. (다)는 공유 결합 물질로, 물에 녹았을 때 전하를 띠는 입자가 없으므로 수용액 상태에서 전류가 흐르지 않는다.

18 (가)는 공유 결합, (나)와 (다)는 이온 결합, (라)는 금속 결합으로 이루어진 물질이다.

ㄷ. 외부 힘에 의해 결정이 쉽게 부스러지는 것은 이온 결합 물질인 (나)와 (다)로, 2가지이다.

바로알기 ㄱ. 공유 결합으로 이루어진 물질은 (가) 1가지이다.

ㄴ. 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 이온 결합 물질인 (나)와 (다), 금속 결합 물질인 (라)로, 3가지이다.

19 꼼꼼 문제 분석

물질	녹는점 (℃)	끓는점 (℃)	전기 전도성		물질의 종류 (결정의 종류)
			고체	액체	
A	802	1413	×	○	이온 결합 물질 (이온 결정)
B	−114	78.8	×	×	공유 결합 물질 (분자 결정)
C	97.8	882	○	○	금속 결합 물질 (금속 결정)
D	1670	2250	×	×	공유 결합 물질 (공유 결정)

ㄱ. A는 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만, 액체 상태에서는 전류가 흐르므로 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 물질이다.

ㄴ. B와 D는 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르지 않으므로 공유 결합 물질이다. 따라서 B와 D는 비금속 원소 사이에 전자쌍을 공유하여 생성된 물질이다.

ㄷ. C는 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르므로 금속 결합 물질이다. 따라서 C에는 자유 전자가 존재한다.

중단원 핵심 정리

178쪽~179쪽

❶ 산소(O_2) ❷ 수소(H_2) ❸ 염소(Cl_2) ❹ 나트륨(Na) ❺ 전자 ❻ 옥텟 ❼ 8 ❽ 양이온 ❾ 음이온 ❿ 정전기적 인력 ⓫ 개수비 ⓬ 반발력 ⓭ 고체 ⓮ 액체 ⓯ 높다 ⓰ 비금속 ⓱ 결합 길이 ⓲ 결합 에너지 ⓳ 없다 ⓴ 고체 ㉑ 정전기적 인력 ㉒ 자유 전자 ㉓ 자유 전자 ㉔ 자유 전자 ㉕ 자유 전자 ㉖ 정전기적 인력 ㉗ 공유 ㉘ 금속 ㉙ 높다

중단원 마무리 문제

180쪽~183쪽

01 ④ **02** ③ **03** ② **04** ⑤ **05** ③ **06** ⑤
07 ③ **08** ③ **09** ② **10** ④ **11** ③ **12** ②
13 해설 참조 **14** 해설 참조 **15** 해설 참조 **16** 해설 참조

01 꼼꼼 문제 분석

구분	(가)	(나)
장치	(+)극 전원 장치 (−)극, 물+황산 나트륨	(+)극 전원 장치 (−)극, 염화 나트륨 용융액
(+)극	물 분자가 전자를 잃어 산소 기체 발생	염화 이온이 전자를 잃어 염소 기체 발생
(−)극	물 분자가 전자를 얻어 수소 기체 발생	나트륨 이온이 전자를 얻어 금속 나트륨 생성

① (가)의 (−)극에서는 수소 기체가 발생하므로 점화기의 불꽃을 대면 '퍽' 소리를 내며 탄다.
② (나)의 (−)극에서는 금속 나트륨이 생성된다.
③ (가)의 (+)극에서는 산소 기체가 발생하고, (나)의 (+)극에서는 염소 기체가 발생한다.
⑤ (가)의 실험으로 공유 결합이, (나)의 실험으로 이온 결합이 전자와 관련이 있음을 알 수 있다.

바로알기 ④ (가)와 (나) 모두 (−)극에서 전자를 얻는 반응이 일어난다.

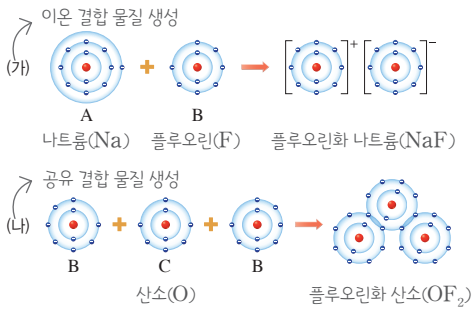
02 꼼꼼 문제 분석

이온식	A^+	B^{2-}	C^{2+}	D^-
전자 수	10	10	18	18
원자의 전자 수	11	8	20	17
원소	나트륨(Na)	산소(O)	칼슘(Ca)	염화(Cl)

ㄱ. A와 B의 이온인 A^+과 B^{2-}은 화합물이 전기적으로 중성이 되도록 2 : 1의 개수비로 결합하여 A_2B를 생성한다.
ㄷ. 이온의 전하량은 A와 D의 화합물보다 B와 C의 화합물이 더 크므로 녹는점은 A와 D의 화합물보다 B와 C의 화합물이 더 높다.

바로알기 ㄴ. C는 4주기 원소이고, D는 3주기 원소이다.

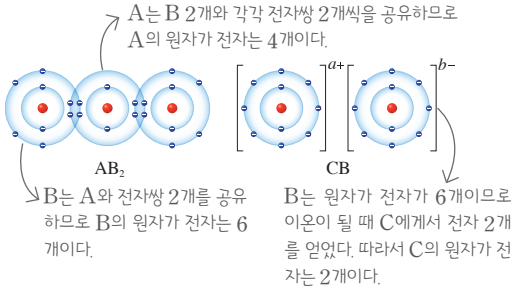
03 꼼꼼 문제 분석



ㄷ. (가)와 (나)의 화합물에서 A~C는 모두 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이루며 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 A는 원자가 전자 1개를 잃고 양이온이 되고, B는 전자 1개를 얻어 음이온이 되면서 정전기적 인력에 의해 이온 결합을 형성한다. 따라서 전자는 A에서 B로 이동하여 화합물을 생성한다.
ㄴ. (나)에서 C는 B 2개와 각각 전자쌍 1개씩을 공유하여 단일 결합 2개를 형성한다.

04 꼼꼼 문제 분석



AB_2에서 원자가 전자는 A가 4개, B가 6개이다. 따라서 A는 2주기 14족 원소인 탄소(C), B는 2주기 16족 원소인 산소(O)이다. CB에서 B는 전자 2개를 얻어($b=2$) 음이온이 되었고, C는 전자 2개를 잃어($a=2$) 양이온이 되었다. 따라서 C는 3주기 2족 원소인 마그네슘(Mg)이다.
ㄱ. A와 B는 모두 2주기 원소이다.
ㄴ. 원자의 전자 수는 A가 6, B가 8, C가 12이므로 원자 번호도 A가 6, B가 8, C가 12이다. 따라서 원자 번호가 가장 큰 원소는 C이다.
ㄷ. $a=2$, $b=2$이므로 $a+b=4$이다.

05 ㄷ. KCl과 NaCl에서 Cl^-은 공통이고 이온 반지름은 $K^+ > Na^+$이므로 이온 사이의 거리는 KCl > NaCl이다. 따라서 r_0는 증가한다.
또한 이온의 전하량은 같고 이온 사이의 거리는 KCl > NaCl이므로 이온 사이의 정전기적 인력은 KCl < NaCl이다. 따라서 E는 감소한다.

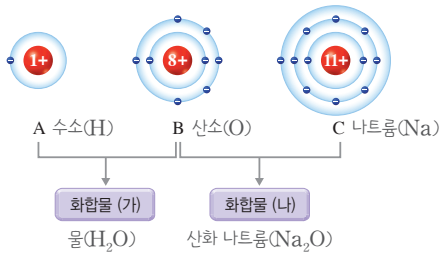
바로알기 ㄱ, ㄴ. 이온 사이의 거리가 r_0일 때 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮아 안정하므로 이온 결합이 형성된다. (a)에서는 반발력이 인력보다 우세하게 작용한다.

06 ㄱ. AX, AY, BZ에서 양이온과 음이온은 모두 1 : 1의 개수비로 결합한다. 이온 결합 물질의 녹는점은 이온 사이의 거리가 가까울수록, 이온의 전하량이 클수록 높아지므로 녹는점이 매우 높은 BZ의 전하량이 AX나 AY에 비해 큼을 알 수 있다. 따라서 B 이온의 전하량이 A 이온보다 크다.
ㄴ. AX와 AY에서 이온 사이의 거리가 AX < AY이므로 원자 반지름은 X < Y이다. X와 Y는 이온의 전하가 같으므로 같은 족 원소이고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 증가한다. 따라서 Y의 원자 번호가 더 크므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 Y가 X보다 많다.
ㄷ. AX와 BZ는 이온 사이의 거리가 AX < BZ인데, 녹는점은 BZ가 훨씬 높다. 이것은 BZ를 이루는 이온의 전하량이 AX보다 크기 때문이다.

07 ㄱ. 결합 에너지는 공유 결합이 형성되는 과정에서 에너지가 가장 낮은 지점에 해당하므로 H_2는 436 kJ/mol이고, Cl_2는 242 kJ/mol이다. 따라서 결합 에너지는 H_2가 Cl_2보다 크다.
ㄴ. 결합 길이는 두 원자가 공유 결합을 이룰 때 두 원자핵 사이의 거리에 해당하므로 H_2는 74 pm이고, Cl_2는 199 pm이다. 따라서 결합 길이는 H_2가 Cl_2보다 짧다.

바로알기 ㄷ. 원자 반지름은 같은 종류의 원자가 공유 결합(단일 결합)을 이룰 때 결합 길이의 절반에 해당하므로 H와 Cl의 원자 반지름은 각각 37 pm, 99.5 pm이다.

08 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. (나)는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
ㄴ. (가)는 수소 원자와 산소 원자가 2 : 1의 개수비로 결합되어 있고, (나)는 나트륨 이온과 산화 이온이 2 : 1의 개수비로 결합되어 있다.

바로알기 ㄷ. 분자 결정으로 이루어진 (가)의 녹는점은 이온 결정으로 이루어진 (나)의 녹는점보다 낮다.

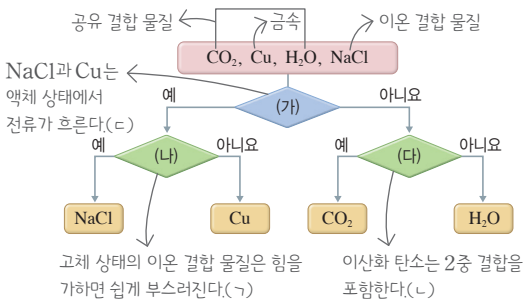
09 꼼꼼 문제 분석

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	A H							
2						B O	C F	
3	D Na						E Cl	
4		F Ca						

ㄴ. B와 C는 같은 주기의 원소이므로 두 이온 결합 물질에서 이온 사이의 거리는 크게 영향을 미치지 않는다. D_2B는 전하가 +1인 양이온과 −2인 음이온 사이의 이온 결합 물질이고, DC는 전하가 +1인 양이온과 −1인 음이온 사이의 이온 결합 물질이므로 D_2B가 DC보다 이온 사이의 정전기적 인력이 커서 녹는점이 더 높다.

바로알기 ㄱ. A와 B로 이루어진 화합물은 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.
ㄷ. E와 F가 결합하여 FE_2를 생성할 때 F는 전자 2개를 잃어 양이온이 되고, E는 전자 1개를 얻어 음이온이 되므로 전자는 F에서 E로 이동한다.

10 꼼꼼 문제 분석



11 (가)는 이온 결정, (나)는 금속 결정의 모형을 나타낸 것이다.
ㄱ. 고체 상태일 때 힘을 가하면 (가)는 같은 전하를 띠는 이온 층이 만나게 되어 반발력이 작용해 부서지기 쉽지만, (나)는 층이 밀려도 자유 전자가 결합을 유지시켜 주므로 부서지지 않는다.
ㄴ. 금속 결정은 고체 상태에서도 자유 전자가 이동하여 전류가 흐르므로 전기 전도성이 있다.

바로알기 ㄷ. (−)전하를 띠는 입자는 (가)에서 비금속 음이온이고, (나)에서 자유 전자이다.

12 꼼꼼 문제 분석

물질	녹는점(℃)	전기 전도성		물질의 종류
		고체 상태	액체 상태	
A	802	없음	있음	이온 결합 물질
B	1085	있음	있음	금속 결합 물질
C	185	없음	없음	공유 결합 물질

ㄴ. B는 금속 결합 물질이므로 자유 전자가 존재하고, 이 자유 전자가 열에너지를 전달하므로 열 전도성이 높다.

바로알기 ㄱ. A는 이온 결합 물질이므로 (가)에 해당한다.

ㄷ. C는 공유 결합 물질로, 이온 결합 물질이나 금속 결합 물질에 비해 녹는점이 낮으므로 고체 상태에서 분자 결정으로 존재한다.

13 모범답안

(1) $KCl > KF$, F은 2주기 원소이고, Cl는 3주기 원소이므로 이온 반지름이 $Cl^- > F^-$이기 때문이다.

(2) KCl은 전하가 +1인 양이온과 −1인 음이온으로 이루어져 있고, MgO은 전하가 +2인 양이온과 −2인 음이온으로 이루어져 있다. 또, KCl의 성분 원소는 3주기와 4주기 원소이며, MgO의 성분 원소는 2주기와 3주기 원소이다. 따라서 KCl에 비해 MgO은 이온의 전하량이 크고, 이온 사이의 거리가 짧으므로 정전기적 인력에 비례하는 E의 크기가 크다.

채점 기준		배점
(1)	이온 반지름으로 r_0의 크기를 옳게 비교하여 서술한 경우	50 %
	이온 반지름은 비교하지 않고 r_0의 크기만 옳게 비교한 경우	20 %
(2)	E의 크기를 이온의 전하량과 이온 사이의 거리로 옳게 서술한 경우	50 %
	이온의 전하량과 이온 사이의 거리는 언급하지 않고 E의 크기만 옳게 서술한 경우	20 %

14

AB는 이온 결합 물질이고, C_2는 공유 결합 물질이다.

(1) 액체 상태에서 이온 결합 물질은 전기 전도성이 있지만, 공유 결합 물질은 전기 전도성이 없다.

(2) A는 금속 원소이고, C는 비금속 원소이므로 A와 C는 이온 결합을 형성한다. 이때 A는 전자 2개를 잃으면서 양이온이 되고, C는 전자 1개를 얻으면서 음이온이 되므로 생성되는 화합물의 화학식은 AC_2이다.

모범답안 (1) AB, 이온 결합 물질은 액체 상태에서 각 전하를 띠는 이온이 자유롭게 움직일 수 있기 때문이다.

(2) (가) AC_2 (나) 이온 결합

채점 기준		배점
(1)	AB를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	60 %
	AB만 쓴 경우	20 %
(2)	(가)와 (나)를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
	(가)와 (나) 중 1가지만 옳게 쓴 경우	20 %

15 모범답안

MgO, MgO은 이온 사이의 거리가 가장 짧고, 이온의 전하량이 크므로 정전기적 인력이 가장 강하기 때문이다.

채점 기준	배점
MgO을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
MgO만 쓴 경우	40 %

16

(가)는 공유 결정, (나)는 금속 결정, (다)는 분자 결정, (라)는 이온 결정의 모형이다.

모범답안 (1) (가) 공유 결합 (나) 금속 결합 (다) 공유 결합 (라) 이온 결합

(2) (나), 자유 전자가 자유롭게 이동하기 때문이다.

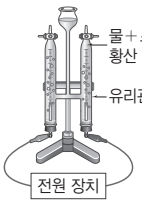
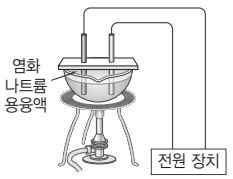
(3) (다), 분자 사이의 인력은 원자나 전하를 띤 입자 사이의 인력에 비해 약하기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	화학 결합의 종류를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
	옳게 쓴 화학 결합의 종류당 부분 배점	10 %
(2)	결정을 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	30 %
	결정만 옳게 고른 경우	10 %
(3)	결정을 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	30 %
	결정만 옳게 고른 경우	10 %

수능 실전 문제 185쪽~187쪽

1 ④ 2 ③ 3 ④ 4 ④ 5 ⑤ 6 ② 7 ①
8 ③ 9 ④ 10 ③ 11 ⑤ 12 ③

1 꼼꼼 문제 분석

(가) 물의 전기 분해	(나) 염화 나트륨 용융액의 전기 분해
	
(+)극: $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ (−)극: $4H_2O + 4e^- \longrightarrow 2H_2 + 4OH^-$ 전체 반응식: $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$	(+)극: $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$ (−)극: $2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na$ 전체 반응식: $2NaCl \longrightarrow 2Na + Cl_2$

선택지 분석 (O_2 발생, H_2 발생)

✗ ㄱ. (가)에서 (+)극과 (−)극에서 발생하는 기체의 부피비는 2 : 1이다. 1 : 2

○ ㄴ. (나)의 (−)극에서는 나트륨이 생성된다.

○ ㄷ. (가), (나)의 실험을 통해 화합물이 구성 원소로 나누어질 때 전자가 관여함을 알 수 있다.

전략적 풀이 ❶ 화합물의 전기 분해 시 각 극에서의 반응으로 생성물의 양적 관계를 이해한다.

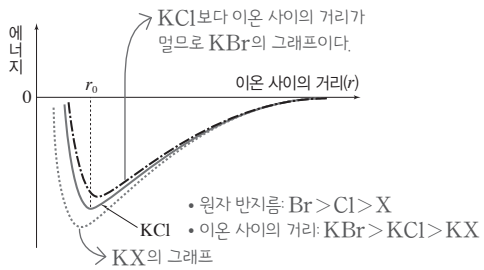
ㄱ. (가)에서 물을 전기 분해하면 수소 기체와 산소 기체가 얻어진다. 물 분자의 화학식은 H_2O로 물을 전기 분해하면 (−)극에서 수소 분자(H_2)가, (+)극에서 산소 분자(O_2)가 2 : 1의 개수비로 얻어지게 되므로 그 부피비도 2 : 1이다.

ㄴ. (나)의 (−)극에서는 나트륨 이온이 전자를 얻어 금속 나트륨이 생성된다.

❷ 화합물의 전기 분해 실험으로 이온 결합이나 공유 결합 형성에 전자가 관여함을 이해한다.

ㄷ. 공유 결합 물질인 물은 전기 분해를 통해 전자를 잃거나 얻는 반응이 일어나 성분 물질로 얻어지므로 공유 결합에 전자가 관여함을 알 수 있다. 이온 결합 물질인 염화 나트륨 용융액도 전기 분해를 통해 성분 물질로 얻어지므로 이온 결합에도 전자가 관여함을 알 수 있다.

2 문제 분석



선택지 분석

○ ㄱ. 원자 반지름은 Cl가 X보다 크다. 원자 반지름: Cl > X

○ ㄴ. 녹는점은 KX이 KCl보다 높다. 녹는점: KX > KCl

✗ ㄷ. KCl에서 K^+의 이온 반지름은 $\frac{r_0}{2}$이다. $\frac{r_0}{2}$가 아니다

전략적 풀이 ❶ 이온 사이의 거리로 원자 반지름과 이온 반지름을 파악한다.

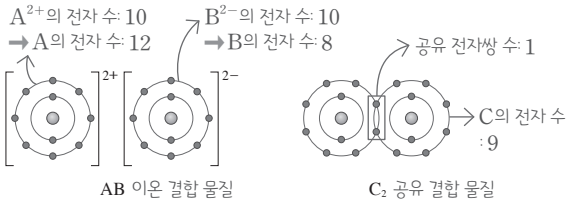
ㄱ. 그래프에서 이온 사이의 거리가 KCl > KX이므로 원자 반지름은 Cl > X이다.

ㄷ. KCl을 이루는 K^+과 Cl^-의 크기는 같지 않으므로 K^+의 이온 반지름은 $\frac{r_0}{2}$가 아니다.

❷ 이온 결합이 일어날 때의 에너지로 녹는점을 파악한다.

ㄴ. KX은 KCl과 이온의 전하량이 같고 이온 사이의 거리가 더 짧으므로 정전기적 인력이 더 크다. 정전기적 인력이 클수록 이온 결합력이 크고, 이온 결합력이 클수록 녹는점이 높으므로 KX의 녹는점이 KCl보다 높다.

3 문제 분석



선택지 분석

○ ㄱ. AB는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

✗ ㄴ. 공유 전자쌍의 수는 B_2와 C_2가 같다.
└ B_2의 공유 전자쌍 수: 2, C_2의 공유 전자쌍 수: 1

○ ㄷ. A와 C의 안정한 화합물은 AC_2이다.

전략적 풀이 ❶ AB를 생성한 화학 결합의 특징을 파악한다.

ㄱ. AB는 A^{2+}과 B^{2-}이 정전기적 인력에 의해 결합하여 이루어진 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

❷ 원자가 전자 수를 이용하여 B_2와 C_2의 전자 배치를 파악한다.

ㄴ. B는 원자가 전자가 6개이므로 B_2는 2중 결합을 형성하여 공유 전자쌍이 2개이다. C는 원자가 전자가 7개이므로 C_2는 단일 결합을 형성하여 공유 전자쌍이 1개이다.

❸ 양이온과 음이온의 전하를 파악하여 화합물의 화학식을 나타낸다.

ㄷ. A는 전자 2개를 잃어 A^{2+}이 된다. C는 원자가 전자가 7개이므로 전자 1개를 얻어 C^-이 된다. 따라서 A와 C가 화합물을 생성할 때는 A^{2+}과 C^-이 1 : 2의 개수비로 결합하므로 안정한 화합물은 AC_2이다.

4 문제 분석

물질	이온 사이의 거리(pm)	녹는점(℃)
AX	235	996
AY	283	802
BZ	212	2825
CZ	240	2613

이온 사이의 거리(pm): 증가 → 음이온 크기: X < Y → 증가 → 양이온 크기: B < C

녹는점(℃): 상승 → AX, AY 보다 BZ, CZ를 이루는 이온의 전하량이 더 크다.

선택지 분석

✗ ㄱ. 원자 번호는 B가 C보다 크다. 작다

○ ㄴ. 이온의 전하량은 B가 A보다 크다.

○ ㄷ. CZ의 녹는점이 AX보다 높은 것은 이온의 전하량으로 설명할 수 있다.

전략적 풀이 ❶ 양이온이나 음이온이 같은 물질에서 이온 사이의 거리로 반대 전하를 띤 이온의 크기를 비교하여 원자 번호를 파악한다.

ㄱ. 이온 사이의 거리가 AX<AY이므로 X보다 Y의 원자 번호가 더 큼을 알 수 있다. 또한 이온 사이의 거리가 BZ<CZ이므로 B보다 C의 원자 번호가 더 큼을 알 수 있다.

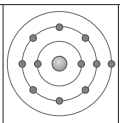
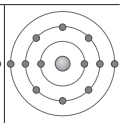
❷ 녹는점으로 물질을 이루는 이온의 전하량 크기를 파악한다.

ㄴ. A는 X, Y와 1 : 1의 개수비로 이온 결합을 이루고, B와 C는 Z와 1 : 1의 개수비로 이온 결합을 이룬다. 이때 AX, AY에 비해 BZ, CZ의 녹는점이 높으므로 B와 C는 전하가 +2인 양이온이고, Z는 전하가 −2인 음이온임을 알 수 있다. 따라서 A는 +1의 양이온, X와 Y는 −1의 음이온에 해당한다.

❸ 물질의 녹는점에 영향을 미친 요인을 파악한다.

ㄷ. CZ는 AX보다 이온 사이의 거리는 더 멀지만, 이온의 전하량은 더 크기 때문에 녹는점이 높다. 따라서 CZ와 AX의 녹는점 차이는 이온의 전하량으로 설명할 수 있다.

5 꼼꼼 문제 분석

	A	B	C	D
전자 배치				
원자가 전자 수	6	7	1	2
구분	비금속	비금속	금속	금속

화합물	(가)	(나)	(다)	(라)
구성 원소	A, B	A, D	B, C	B, D
화학 결합	공유 결합	이온 결합	이온 결합	이온 결합
화합물	AB_2, A_2B_2 등	DA ($D^{2+}A^{2-}$)	CB (C^+B^-)	DB_2 (D^{2+} $2B^-$)

선택지 분석

ㄱ. (가)는 공유 결합 물질이다.

ㄴ. 화합물의 녹는점은 (나)가 (다)보다 높다.

ㄷ. (가)와 (라)에서 각 원자나 이온의 전자 배치는 네온과 같다.

전략적 풀이 ❶ 금속 원소와 비금속 원소가 옥텟 규칙을 만족하기 위해 결합하는 원리를 이해한다.

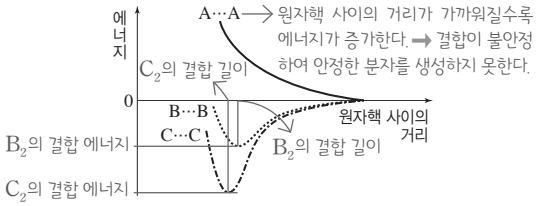
ㄱ. A는 원자가 전자 수가 6이고, B는 원자가 전자 수가 7이므로 두 원자가 결합하기 위해서는 A는 전자쌍 2개를, B는 전자쌍 1개를 공유해야 한다. 따라서 A와 B로 이루어진 (가)는 공유 결합 물질이다.

ㄷ. 공유 결합 물질인 (가)와 이온 결합 물질인 (라)에서 각 원자나 이온은 모두 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이룬다.

❷ 이온 결합 물질의 녹는점에 영향을 미치는 요인을 파악하여 녹는점을 비교한다.

ㄴ. 이온 결합 물질의 녹는점은 정전기적 인력의 크기에 비례하므로 이온 사이의 거리가 비슷한 (나)와 (다)에서 이온의 전하량이 더 큰 (나)가 (다)보다 녹는점이 높다.

6 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. A는 안정한 이원자 분자를 생성한다. 생성하지 못한다

ㄴ. 결합 길이가 가장 짧은 것은 B_2이다. C_2
└ 결합 길이: $B_2 > C_2$

ㄷ. 결합 에너지가 가장 큰 것은 C_2이다.

전략적 풀이 ❶ 에너지가 가장 낮은 지점에서 결합이 형성됨을 이해한다.

ㄱ. A는 원자핵 사이의 거리가 가까워짐에 따라 인력이 작용하지 않고 반발력만 작용하므로 안정한 이원자 분자를 생성하지 못한다.

ㄷ. 결합 에너지가 가장 큰 것은 이원자 분자를 생성할 때 방출하는 에너지가 가장 큰 C_2이다.

❷ 결합이 형성되는 지점에서 결합 길이를 비교한다.

ㄴ. 결합 에너지가 가장 큰 지점의 원자핵 사이의 거리가 결합 길이이다. 따라서 결합 길이가 가장 짧은 것은 C_2이다.

7 꼼꼼 문제 분석

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
1	AH							
2				BC		CO	DF	
3		EMg						

화합물	(가)	(나)	(다)	(라)
화학식	AD	A_2C	BD_4	E_xD_y
	HF	H_2O	CF_4	MgF_2

선택지 분석

ㄱ. 공유 결합 물질은 3가지이다. (가), (나), (다)

ㄴ. (나)에서 C의 원자가 전자는 모두 공유 결합에 참여한다. 6개 중 2개만

ㄷ. (라)에서 x는 y보다 크다. 작다

전략적 풀이 ❶ 주기율표를 통해 화합물을 이루는 원소를 알고 화합물을 이루는 결합의 종류를 파악한다.

ㄱ. A, B, C, D는 비금속 원소이고, E는 금속 원소이므로 (가), (나), (다)는 공유 결합 물질이고, (라)는 이온 결합 물질이다.

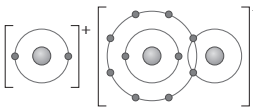
❷ 주기율표를 통해 원소의 전자 배치를 파악하여 결합에 참여하는 전자 수를 알고, 생성된 화합물의 화학식을 파악한다.

ㄴ. 16족 원소인 C는 원자가 전자가 6개로, (나)에서 옥텟 규칙을 만족하기 위해 C의 원자가 전자 6개 중 2개만 공유 결합에 참여한다.

ㄷ. 2족 원소인 E는 원자가 전자가 2개이고, 17족 원소인 D는 원자가 전자가 7개이므로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 E와 D의 이온은 1 : 2의 개수비로 결합한다. 따라서 (라)에서 $x=1$, $y=2$이므로 x는 y보다 작다.

8 꼼꼼 문제 분석

A는 전자 1개를 잃고 He과 같은 전자 배치를 이루므로 2주기 1족 원소인 Li이다.



B와 C는 전자쌍 1개를 공유하며 전하가 −1인 음이온이므로 전자 1개를 더 얻은 상태이다.

구분	A	B	C
주기	2주기	2주기	1주기
족	1족	16족	1족
원소 기호	Li	O	H

화합물	구성 원자 수			화학식	화학 결합
	A	B	C		
X	2	1	0	A_2B	이온 결합
Y	0	1	2	C_2B	공유 결합

선택지 분석

ㄱ. X는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄴ. X에서의 A와 Y에서의 C는 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다.

ㄷ. 전해질을 조금 넣은 액체 Y를 전기 분해하면 기체 B_2와 C_2가 2 : 1의 부피비로 얻어진다. 1 : 2

전략적 풀이 ❶ 이온 결합이나 공유 결합 형성 시 안정된 비활성 기체의 전자 배치를 형성하는 원리를 이해한다.

ㄱ. A는 원자가 전자가 1개인 금속 원소이고, B는 원자가 전자가 6개인 비금속 원소이므로 A 2개가 각각 전자 1개를 잃고, B 1개가 전자 2개를 얻어 이온 결합 물질인 A_2B, 즉 X를 생성한다. 이온 결합 물질은 액체 상태와 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다.

ㄴ. 이온 결합 물질인 X에서 A는 전자 1개를 잃고 헬륨(He)과 같은 전자 배치를 이루고, 공유 결합 물질인 Y에서 C는 전자쌍 1개를 공유하면서 헬륨(He)과 같은 전자 배치를 이룬다.

❷ 화합물의 전기 분해 실험을 통해 각 성분 물질로 얻는 과정을 이해한다.

ㄷ. 순수한 액체 Y는 전기가 통하지 않아 전해질을 조금 넣어 전기 분해하며, 이때 각 성분 물질로 분해된다. Y의 화학식이 C_2B이므로 기체 B_2와 C_2는 1 : 2의 부피비로 얻어진다.

9 꼼꼼 문제 분석

구분		(가)	(나)	(다)
실험 장치				
실험 목적		고체의 전기 전도성 확인	수용액의 전기 전도성 확인	결정의 부스러짐 확인
결과	염화 나트륨	없음	있음	부스러짐
	설탕	없음	없음	부스러짐
	나트륨	있음	—	부스러지지 않음

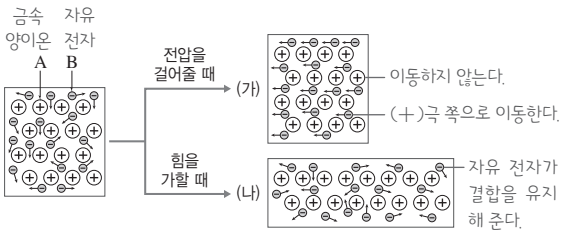
전략적 풀이 ❶ 염화 나트륨과 설탕의 차이점을 알고, 구분하는 실험을 파악한다.

실험 I : 염화 나트륨은 이온 결합 물질이고, 설탕은 공유 결합 물질이다. 수용액 상태에서 이온 결합 물질은 전기 전도성이 있지만, 공유 결합 물질은 전기 전도성이 없으므로 실험 (나)로 염화 나트륨과 설탕을 구분할 수 있다.

❷ 염화 나트륨과 나트륨의 차이점을 알고, 구분하는 실험을 파악한다.

실험 II : 염화 나트륨은 이온 결합 물질이고, 나트륨은 금속 결합 물질이다. 고체 상태에서 이온 결합 물질은 전기 전도성이 없지만, 금속 결합 물질은 전기 전도성이 있다. 한편, 외부에서 힘을 가했을 때 이온 결합 물질은 부스러지지만 금속 결합 물질은 결합이 유지된다. 따라서 실험 (가)와 (다)로 염화 나트륨과 나트륨을 구분할 수 있다.

10 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. A는 금속 양이온, B는 자유 전자이다.

ㄴ. (가)에서 A는 (−)극 쪽으로, B는 (+)극 쪽으로 이동한다. 이동하지 않는다

ㄷ. 구리 전선과 금박은 (나)의 원리가 적용된 물질이다.

전략적 풀이 ❶ 금속 결합의 전자 바다 모형을 파악한다.

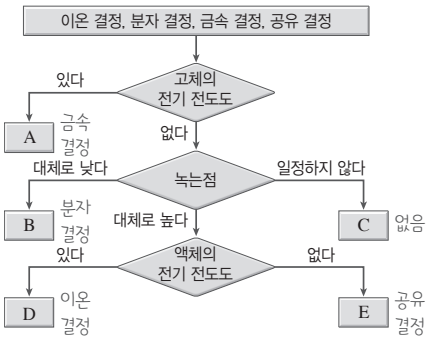
ㄱ. 금속 결합 모형에서 A는 금속 양이온이고, B는 자유 전자이다.

ㄴ. 금속에 전압을 걸어주면 금속 양이온인 A는 고정되어 이동하지 않고, 자유 전자인 B만 (+)극 쪽으로 이동한다.

❷ 힘을 가할 때 결합이 유지되는 원인을 알고 금속의 성질에 적용한다.

ㄷ. 구리 전선은 금속의 연성을 적용한 사례이고, 금박은 금속의 전성을 적용한 사례이다. 연성과 전성은 외부의 힘에 의해 금속이 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합이 유지되기 때문에 나타나는 현상이다.

11 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

① A와 D는 구성 입자 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 결정이다.

② B는 입자 사이의 인력이 약해 실온에서 대부분 액체 상태나 기체 상태로 존재한다.

③ C에 포함된 물질은 없다.

④ D는 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

⑤ E는 연성과 전성이 있다. A

전략적 풀이 ❶ 각 결합에 의해 생성된 물질을 파악한다.

- 고체 상태에서 전기 전도도가 큰 물질은 금속 결정이다.
  ➡ A는 금속 결정이다.
- 고체 상태에서 전기 전도도가 없고, 녹는점이 대체로 낮은 물질은 분자 결정이다.
  ➡ B는 분자 결정이다.
- 고체 상태에서 전기 전도도가 없고, 녹는점이 대체로 높으며, 액체 상태에서 전기 전도도가 있는 물질은 이온 결정이다.
  ➡ D는 이온 결정이다.
- 고체 상태에서 전기 전도도가 없고, 녹는점이 대체로 높으며, 액체 상태에서 전기 전도도가 없는 물질은 공유 결정이다.
  ➡ E는 공유 결정이다.

❷ 각 결합에 의해 생성된 물질의 특성을 이해한다.

① 금속 결정(A)은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 생성된 결정이고, 이온 결정(D)은 금속 양이온과 비금속 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 생성된 결정이다.

② 분자 결정(B)은 분자 사이의 인력에 의해 이루어진 결정으로 분자 사이의 인력이 비교적 약해 실온에서 승화성이 나타나거나 대부분 액체 상태나 기체 상태로 존재한다.

③ 제시된 결정 중 고체 상태에서 전기 전도도가 없고, 녹는점이 일정하지 않은 결정은 없다. 따라서 C에 포함된 결정은 없다.

④ 이온 결정(D)은 고체 상태에서 전하를 띠는 입자들이 고정되어 있어 전기 전도성이 없다. 그러나 액체 상태와 수용액 상태에서는 전하를 띠는 입자의 이동이 자유로우므로 전기 전도성이 있다.

⑤ 공유 결정(E)은 연성과 전성이 없다. 연성과 전성이 있는 고체는 금속 결정(A)이다.

12 꼼꼼 문제 분석

물질		A	B	C	D
녹는점(℃)		802	996	−210	−219
끓는점(℃)		1413	1704	−196	−183
전기 전도성	고체	없음	없음	없음	없음
	액체	있음	있음	없음	없음
물질의 종류		이온 결합 물질		공유 결합 물질	

선택지 분석

ㄱ. 고체 상태인 A에 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.

ㄴ. B와 C는 반대 전하를 띤 입자 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 물질이다. A와 B

ㄷ. C와 D는 전자쌍을 공유하며 옥텟 규칙을 만족하는 물질이다.

전략적 풀이 ❶ 상태에 따른 전기 전도성으로 물질의 종류를 파악한다.

- 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서는 전기 전도성이 있는 물질은 이온 결합 물질이다. ➡ A와 B는 이온 결합 물질이다.
- 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없는 물질은 공유 결합 물질이다. ➡ C와 D는 공유 결합 물질이다.

❷ 각 결합의 종류에 따른 물질의 특성을 이해한다.

ㄱ. 이온 결합 물질인 A에 힘을 가하면 이온 층이 밀려 같은 전하를 띤 이온 사이의 반발력에 의해 쉽게 부스러진다.

ㄴ. A와 B는 이온 결합 물질이고, C와 D는 공유 결합 물질이므로 반대 전하를 띤 입자 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 물질은 A와 B이다.

ㄷ. 공유 결합 물질인 C와 D는 전자쌍을 공유하며 옥텟 규칙을 만족한다.

2 분자의 구조와 성질

01 결합의 극성

개념 확인 문제 193쪽

❶ 전기 음성도 ❷ 유효 핵전하 ❸ 원자 반지름 ❹ 무극성 공유 결합 ❺ 극성 공유 결합 ❻ 무극성 공유 ❼ 극성 공유 ❽ 이온 ❾ 쌍극자 모멘트 ❿ 전하량 ⓫ 무극성 공유 ⓬ 극성 공유

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○ (6) ○ **2** H와 F **3** (가) ㄴ, ㄷ (나) ㄱ **4** Cl>H **5** (가)>(나) **6** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

1 (1) 플루오린(F)은 공유 전자쌍을 잡아당기는 힘이 가장 큰 원소이므로 전기 음성도가 가장 크다. 따라서 플루오린의 전기 음성도를 4.0으로 정하고, 이 값을 기준으로 다른 원소들의 전기 음성도를 정하였다.
(2) 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아지고 유효 핵전하가 증가하므로 전기 음성도가 대체로 커지지만, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커지므로 전기 음성도가 대체로 작아진다.
(3) 결합한 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 쌍극자 모멘트가 크게 나타난다.
(4) 극성 공유 결합으로 이루어진 물질에서 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하를 띤다.
(5) 같은 원소로 이루어진 이원자 분자는 전기 음성도 차이가 없으므로 무극성 공유 결합을 하고 있다.
(6) 전기 음성도가 서로 다른 두 원자 사이에서는 공유 전자쌍이 한 원자 쪽으로 치우치므로 결합의 극성이 나타난다.

2 두 원자들이 공유 결합을 형성할 때 전기 음성도 차이가 클수록 결합의 극성이 커진다. 따라서 결합의 극성이 가장 큰 두 원소는 전기 음성도 차이가 가장 큰 원소인 H와 F이다.

3 극성 공유 결합은 전기 음성도가 서로 다른 원자 사이의 결합이고, 무극성 공유 결합은 전기 음성도가 같은 원자 사이의 결합이다. 따라서 (가)는 서로 다른 원소로 이루어진 ㄴ과 ㄷ에 해당하고, (나)는 서로 같은 원소로 이루어진 ㄱ에 해당한다.

4 (가)는 극성 공유 결합, (나)는 무극성 공유 결합, (다)는 이온 결합의 모형에 해당한다. (가)의 HCl 분자에서 H는 부분적인 양전하를, Cl는 부분적인 음전하를 띠고 있으므로 공유 전자쌍이 Cl 쪽으로 치우쳐 있다. 따라서 Cl가 H보다 전기 음성도가 크다.

5 (가)의 HCl는 극성 공유 결합을 하므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다. (나)의 H_2는 무극성 공유 결합을 하므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

6 (1) 극성 공유 결합을 하는 물질은 서로 다른 원소들이 공유 결합을 형성하는 화합물이므로 (가)만 해당된다.
(2) 무극성 공유 결합을 하는 물질은 같은 원소로 이루어진 이원자 분자에 해당하므로 (나)만 해당된다.
(3) 결합의 극성은 극성 공유 결합 물질인 (가)가 무극성 공유 결합 물질인 (나)보다 크다.
(4) (다)에서 Na은 양이온이고, Cl는 음이온이므로 Na의 전자가 Cl로 이동하였음을 알 수 있다. 따라서 전기 음성도는 Cl가 Na보다 크다.

개념 확인 문제 196쪽

❶ 원자가 전자 ❷ 홀전자 ❸ 공유 전자쌍 ❹ 비공유 전자쌍 ❺ 루이스 구조

1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ **2** (1) 양 (2) 극성 (3) 2 (4) 적 **3** 해설 참조 **4** ② **5** (1) ○ (2) × (3) × **6** 해설 참조

1 (1) 원자의 루이스 전자점식을 나타낼 때에는 원자가 전자를 원소 기호 주위에 점으로 나타낸다.
(2) 루이스 구조는 공유 전자쌍을 결합선으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 그대로 나타내거나 생략한다.
(3) 원자의 홀전자는 화학 결합에 참여하여 전자쌍을 형성한다.
(4) 루이스 구조에서는 공유 전자쌍 1개를 결합선 1개로 표시한다. 따라서 2중 결합은 결합선 2개로 표시한다.

2 (1) 전기 음성도는 Y>X이므로 (가)에서 공유 전자쌍은 Y 쪽으로 치우친다. 따라서 X는 부분적인 양전하를 띠고, Y는 부분적인 음전하를 띤다.
(2) (나)에서 X와 Z의 전기 음성도가 다르므로 X와 Z는 극성 공유 결합을 한다.
(3) (가)에서 X와 Y 사이에는 전자쌍 1개씩 총 2개를 공유한다.
(4) (가)의 비공유 전자쌍은 8개이고, (나)의 비공유 전자쌍은 4개이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 더 많다.

3 루이스 전자점식을 루이스 구조로 나타낼 때에는 공유 전자쌍은 결합선(—)으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 그대로 나타내거나 생략한다.

모범답안

분자	(가)	(나)
루이스 구조	$Y-X-Y$ 또는 $:\ddot{Y}-\ddot{X}-\ddot{Y}:$	$X=Z=X$ 또는 $:\ddot{X}=Z=\ddot{X}:$

4 ② H는 원자가 전자가 1개이고, Cl는 원자가 전자가 7개이므로 공유 전자쌍을 1개 형성한다. 따라서 HCl의 루이스 전자점식은 $H:\ddot{Cl}:$이다.

5 (1) 염소와 나트륨이 이온 결합할 때 나트륨 원자에서 염소 원자로 전자가 이동한다. 이때 염소 원자는 전자 1개를 얻어 염화 이온이 되므로 염화 이온의 루이스 전자점식은 염소 원자의 루이스 전자점식보다 점이 1개 더 많다.

$:\ddot{Cl}\cdot + e^- \longrightarrow :\ddot{Cl}:^-$

염소 원자 전자 염화 이온

(2) 나트륨 이온과 염화 이온은 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 원자가 전자가 없다.

(3) 루이스 구조는 공유 결합을 편리하게 나타내기 위한 것이므로 이온 결합을 하는 염화 나트륨은 루이스 구조로 나타낼 수 없다.

6 (1) 질소는 원자가 전자가 5개이고, 수소는 원자가 전자가 1개이므로 암모니아(NH_3)에는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있다.

(2) 산소는 원자가 전자가 6개이고, 수소는 원자가 전자가 1개이므로 물(H_2O)에는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있다.

(3) 리튬과 플루오린이 이온 결합할 때 리튬 원자에서 플루오린 원자로 전자가 1개 이동하여 리튬 이온(Li^+)과 플루오린화 이온(F^-)을 형성한 후 결합하여 플루오린화 리튬(LiF)을 생성한다.

(4) 칼슘과 산소가 이온 결합할 때 칼슘 원자에서 산소 원자로 전자가 2개 이동하여 칼슘 이온(Ca^{2+})과 산화 이온(O^{2-})을 형성한 후 결합하여 산화 칼슘(CaO)을 생성한다.

모범답안

물질	(1) 암모니아(NH_3)	(2) 물(H_2O)
루이스 전자점식	$H:\ddot{\underset{\ddot{H}}{N}}:H$	$H:\ddot{\underset{\ddot{H}}{O}}:$
물질	(3) 플루오린화 리튬(LiF)	(4) 산화 칼슘(CaO)
루이스 전자점식	$[Li]^+[:\ddot{F}:]^-$	$[Ca]^{2+}[:\ddot{O}:]^{2-}$

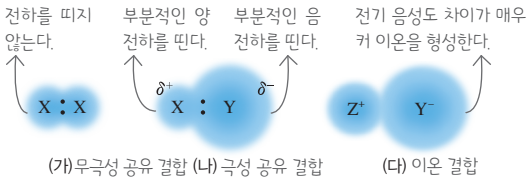
대표 자료 분석

197쪽

자료 1 **1** (가) X=X (나) Y>X (다) Y>Z **2** (가) 무극성 공유 결합 (나) 극성 공유 결합 (다) 이온 결합 **3** (나)>(가) **4** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ×

자료 2 **1** A_2: 1, B_2: 3, C_2: 2, D_2: 1 **2** B: 3, C: 2, D: 1 **3** D>C>B **4** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석



(가)는 같은 종류의 원자가 결합하였으므로 전기 음성도가 같다.

(나)는 다른 종류의 원자가 결합하였고, X는 부분적인 양전하를 띠고 Y는 부분적인 음전하를 띠므로 전기 음성도는 Y>X이다.

(다)는 전자가 Z에서 Y로 완전히 이동하였으므로 전기 음성도는 Y>Z이다.

1-2 (가)는 같은 종류의 원자가 결합하여 전기 음성도가 같으므로 무극성 공유 결합이고, (나)는 다른 종류의 원자가 결합하여 전기 음성도가 다르므로 극성 공유 결합이다. (다)는 양이온과 음이온의 결합이므로 이온 결합이다.

1-3 (가)는 무극성 공유 결합이므로 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)는 극성 공유 결합이므로 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

1-4 (1) (가)에서 같은 종류의 원자가 결합하였으므로 전기 음성도 차이는 없다.

(2) (나)에서 X의 전하는 δ^+로 표시되어 있으므로 X는 부분적인 양전하를 띤다.

(3) 결합한 원자의 전기 음성도 차이가 매우 크면 전기 음성도가 작은 원자에서 전기 음성도가 큰 원자로 전자가 완전히 이동하여 이온 결합을 형성한다. (다)에서는 Z의 전자가 Y로 이동하였다.

(4) (가)는 무극성 공유 결합이고, (나)는 극성 공유 결합이므로 결합의 극성은 (가)보다 (나)가 더 크다.

(5) (나)에서 Y는 X보다 전기 음성도가 크므로 공유 전자쌍이 Y 쪽으로 치우쳐 Y는 부분적인 음전하를 띠고, X는 부분적인 양전하를 띤다. (다)에서 Y는 Z보다 전기 음성도가 매우 크므로 전자가 Z에서 Y로 완전히 이동하여 Z는 양이온이고, Y는 음이온이다. 따라서 전기 음성도는 Y>X>Z이다.

(6) Y_2는 결합한 원자의 종류가 같으므로 무극성 공유 결합을 하고 있다.

2-1 꼼꼼 **문제 분석**

루이스 전자점식	A·	·B·	·C:	:D:
원소	수소(H)	질소(N)	산소(O)	플루오린(F)
원자가 전자 수	1	5	6	7
홀전자 수	1	3	2	1

화학 결합을 할 때 홀전자들이 결합에 참여하여 공유 전자쌍을 형성하므로 A_2는 1개, B_2는 3개, C_2는 2개, D_2는 1개의 공유 전자쌍을 형성한다.

➡ A:A :B⋮⋮B: :C::C: :D:D:

2-2 화학 결합을 할 때 홀전자들이 결합에 참여하여 공유 전자쌍을 형성하므로 A는 B와 결합할 때 3개, C와 결합할 때 2개, D와 결합할 때 1개가 결합한다.

➡ A:B:A (A) A:C: (A) A:D

2-3 B~D는 모두 2주기 비금속 원소이다. 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 커지므로 B~D의 전기 음성도는 D(4.0)>C(3.5)>B(3.0)이다.

2-4 (1) A는 원자가 전자가 1개이고, B는 원자가 전자가 5개이므로 A와 B로 이루어진 안정한 화합물(BA_3)에서 공유 전자쌍은 3개, 비공유 전자쌍은 1개이다.

➡ A:B:A (A) — 비공유 전자쌍 / 공유 전자쌍

(2), (7) A는 원자가 전자가 1개이고, C는 원자가 전자가 6개이므로 A와 C로 이루어진 안정한 화합물(A_2C)에서 공유 전자쌍은 2개, 비공유 전자쌍은 2개로 C는 옥텟 규칙을 만족한다. 또, C는 전기 음성도가 큰 산소이므로 A_2C에서 공유 전자쌍은 C 쪽으로 치우쳐 A는 부분적인 양전하를 띠고, C는 부분적인 음전하를 띠게 된다.

➡ A:C: (A) — 비공유 전자쌍 / 공유 전자쌍

(3) A는 원자가 전자가 1개이고, D는 원자가 전자가 7개이므로 A와 D는 전자쌍 1개를 공유하는 공유 결합을 하여 화합물을 생성한다.

➡ A:D: — 공유 전자쌍

(4) B는 원자가 전자가 5개이고, D는 원자가 전자가 7개이므로 B 1개와 D 3개가 전자쌍 3개를 공유하여 BD_3을 생성한다.

➡ :D:B:D: (:D:) — 공유 전자쌍

(5) C는 원자가 전자가 6개이고, D는 원자가 전자가 7개이므로 CD_2에는 단일 결합이 2개 있다.

➡ :D:C:D: — 공유 전자쌍 1개 ➡ 단일 결합 / 공유 전자쌍 1개 ➡ 단일 결합

(6) A, B, C, D는 모두 다른 원소이므로 A와 B, C, D의 결합은 모두 극성 공유 결합이다.

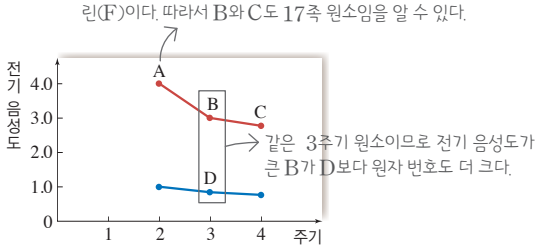
내신 만점 문제

198쪽~201쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 극성 공유 결합: (나), (다), 무극성 공유 결합: (가) 04 ② 05 ⑤ 06 ① 07 해설 참조 08 ③ 09 ③ 10 ④ 11 ① 12 ② 13 해설 참조 14 ④ 15 ⑤ 16 ⑤ 17 ③ 18 ③ 19 ⑤ 20 해설 참조 21 ④

01 꼼꼼 **문제 분석**

A는 전기 음성도가 4.0이고, 2주기 원소이므로 플루오린(F)이다. 따라서 B와 C도 17족 원소임을 알 수 있다.

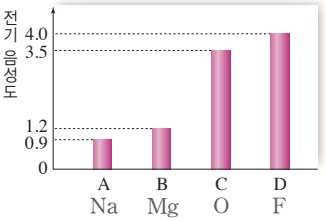


ㄱ. A는 전기 음성도가 4.0이고, 2주기 원소이므로 플루오린(F)이다.

ㄴ. 같은 주기에서는 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 크다. B와 D는 3주기 원소로, B가 D보다 전기 음성도가 크므로 원자 번호도 B가 D보다 크다.

ㄷ. 같은 족 원소인 A~C의 전기 음성도에서 주기가 커질수록 전기 음성도가 작아지는 것으로 보아 같은 족에서는 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 작다는 것을 알 수 있다.

02 꼼꼼 문제 분석



전기 음성도가 가장 큰 D는 플루오린(F), C는 비금속 원소인 산소(O)이다. 이때 1족 원소의 전기 음성도가 2족 원소보다 작으므로 A는 나트륨(Na), B는 마그네슘(Mg)이다.

ㄱ. A는 Na, B는 Mg이므로 A와 B는 3주기 금속 원소이다.

ㄴ. C(O)와 D(F)의 원자가 전자 수는 각각 6개, 7개이므로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자는 각각 2개, 1개이다. 따라서 C_2는 공유 전자쌍 2개, D_2는 공유 전자쌍 1개를 형성한다.

바로알기 ㄷ. A는 금속 원소이고, D는 비금속 원소이므로 두 원소로 이루어진 화합물은 이온 결합 물질이다.

03 (가)는 전기 음성도 차이가 0이므로 무극성 공유 결합, (나)와 (다)는 전기 음성도 차이가 0보다 크므로 극성 공유 결합이다.

04 (가)는 전기 음성도 차이가 0이므로 X는 H이고, (다)는 전기 음성도 차이가 가장 크므로 Z는 F이다. 따라서 Y는 Cl이다.

① X~Z 중 전기 음성도가 가장 큰 원소는 F인 Z이다.

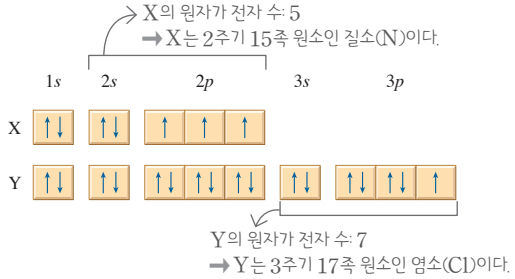
③ H−Z의 전기 음성도 차이는 1.9이고, H−X의 전기 음성도 차이는 0이므로 결합의 극성은 H−Z가 H−X보다 크다.

④ X는 H이므로 X−Z에서 원자 사이의 전기 음성도 차이는 (다)와 같은 1.9이다.

⑤ Y_2는 종류가 같은 원자가 결합하므로 전기 음성도 차이가 0이다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트도 0이다.

바로알기 ② H−Z에서 전기 음성도는 Z가 H보다 크므로 공유 전자쌍은 Z 쪽으로 치우친다. 따라서 Z는 부분적인 음전하를 띠고, H는 부분적인 양전하를 띤다.

05 꼼꼼 문제 분석

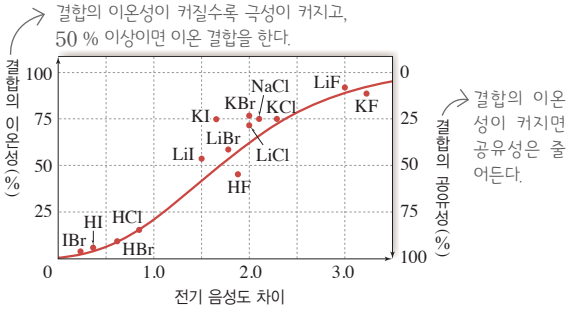


ㄱ. XY_3은 전기 음성도가 서로 다른 두 원자 사이의 공유 결합으로 생성되므로 XY_3에는 극성 공유 결합이 있다.

ㄴ. X_2는 전기 음성도가 서로 같은 두 원자 사이의 공유 결합으로 생성되므로 X_2에는 무극성 공유 결합이 있다.

ㄷ. 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자는 X가 3개, Y가 1개이므로 공유 전자쌍을 X_2는 3개, Y_2는 1개 형성한다.

[06~07] 꼼꼼 문제 분석



06 ㄱ. LiF은 결합의 이온성이 50 % 이상이므로 이온 결합으로 이루어진 물질이다.

바로알기 ㄴ. HCl는 HF보다 결합의 이온성이 작으므로 극성이 작다.

ㄷ. HBr는 HCl보다 결합의 공유성이 크다.

07 모범답안 전기 음성도 차이가 커질수록 대체로 결합의 이온성은 증가하고, 공유성은 감소한다.

채점 기준	배점
이온성과 공유성의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
이온성과 공유성의 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

08 ㄱ. 결합의 쌍극자 모멘트가 0인 물질은 I_2 1가지이다.

ㄷ. CO_2와 CCl_4에서 C는 O와 Cl보다 전기 음성도가 작으므로 두 화합물 모두에서 부분적인 양전하를 띤다.

바로알기 ㄴ. 극성 공유 결합을 하는 물질은 HF, CO_2, CCl_4의 3가지이다. KBr은 이온 결합 물질이다.

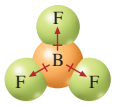
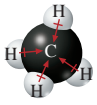
09 (가)는 무극성 공유 결합, (나)는 극성 공유 결합, (다)는 이온 결합을 나타낸 것이다.

ㄱ. (가)는 종류가 같은 원자가 결합을 형성하여 전기 음성도 차이가 없으므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

ㄴ. (가)는 종류가 같은 원자가 공유 결합하여 생성된 무극성 공유 결합 물질이고, (나)는 종류가 다른 원자가 결합하여 생성된 극성 공유 결합 물질이므로 결합의 극성은 (나)>(가)이다.

바로알기 ㄷ. (나)에서 H는 부분적인 양전하를 띠고, Cl는 부분적인 음전하를 띠므로 전기 음성도는 H가 Cl보다 작다. (다)에서 Na의 전자가 Cl로 이동하여 이온을 형성한 후 결합하므로 전기 음성도는 Na이 Cl보다 매우 작다. 따라서 전기 음성도는 Cl>H>Na이다.

10 꼼꼼 문제 분석

구분	(가) BF_3	(나) CH_4	(다) NH_3	(라) H_2O
분자 모형				
전기 음성도	F>B	C>H	N>H	O>H

ㄱ. 모두 결합의 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 극성 공유 결합으로 이루어진 물질이다.

ㄷ. (다)와 (라)에서 N와 O의 전기 음성도가 H의 전기 음성도보다 크므로 H는 모두 부분적인 양전하를 띤다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 쌍극자 모멘트가 B에서 F 쪽으로 향하므로 B는 부분적인 양전하를 띠고, F은 부분적인 음전하를 띤다.

11 꼼꼼 문제 분석

구분	(가) CH_4	(나) NH_3	(다) H_2O
루이스 전자점식			
결합의 종류	극성 공유 결합	극성 공유 결합	극성 공유 결합
공유 전자쌍 수	4	3	2
비공유 전자쌍 수	0	1	2
원자가 전자 수	C: 4 H: 1	N: 5 H: 1	O: 6 H: 1

ㄱ. (가)~(다)의 공유 전자쌍은 각각 4개, 3개, 2개이다. 따라서 공유 전자쌍 수가 가장 많은 분자는 (가)이다.

바로알기 ㄴ. (가)~(다) 모두 전기 음성도가 서로 다른 원자로 이루어진 화합물이므로 극성 공유 결합을 하고 있다.

ㄷ. (나)와 (다)에서 N와 O의 원자가 전자는 각각 5개, 6개이다. 따라서 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자는 각각 3개, 2개이므로 그 수만큼 H와 공유 결합을 이룬다.

12 꼼꼼 문제 분석

루이스 전자점식			
원소	붕소(B)	산소(O)	플루오린(F)
원자가 전자 수	3	6	7

ㄴ. B는 원자가 전자가 6개로 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 전자 2개가 필요하므로 B_2는 전자쌍 2개를 공유하여 생성된다. 이때 B_2는 같은 종류의 원자가 결합하여 생성되므로 무극성 공유 결합을 한다.

바로알기 ㄱ. AC_3에서 A는 C 3개와 각각 전자쌍 1개씩을 공유하고, 비공유 전자쌍은 없으므로 옥텟 규칙을 만족하지 못한다.

ㄷ. C는 플루오린(F)으로 전기 음성도가 가장 큰 원소이므로 BC_2에서 C가 부분적인 음전하를 띠며, B는 부분적인 양전하를 띤다.

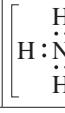
13

B는 원자가 전자가 6개로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자는 2개이므로 B_2는 전자쌍 2개를 공유하여 생성된다.
C는 원자가 전자가 7개로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자는 1개이므로 C_2는 전자쌍 1개를 공유하여 형성된다.

모범답안 B_2 – , C_2 –

채점 기준	배점
B_2와 C_2의 루이스 전자점식을 모두 옥텟 규칙에 만족하게 나타낸 경우	100 %
B_2와 C_2의 루이스 전자점식 중 1가지만 옥텟 규칙에 만족하게 나타낸 경우	50 %

14

구분	분자나 이온	루이스 전자점식	공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
①	F_2		1	6
②	H_2S		2	2
③	BF_3		3	9
④	CCl_4		4	12
⑤	NH_4^+		4	0

15 꼼꼼 문제 분석

분자식	(가) HCN	(나) CO_2	(다) C_2H_2
루이스 전자점식			
루이스 구조	H–C≡N	O=C=O	H–C≡C–H

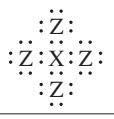
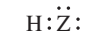
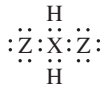
ㄱ. (가)와 (나)에서 공유 전자쌍은 모두 4개이다.

ㄴ. (가)와 (다)에는 모두 3중 결합이 존재한다.

ㄷ. (다)에서 C와 C는 같은 종류의 원자이므로 두 C 사이의 3중 결합은 무극성 공유 결합이다.

16 꼼꼼 문제 분석

(가)	$\cdot\dot{\underset{\cdot}{X}}\cdot$	$\cdot\dot{\underset{\cdot}{Y}}\cdot$	$:\ddot{\underset{\cdot}{Z}}:$
원소	탄소(C)	붕소(B)	플루오린(F)
원자가 전자 수	4	3	7

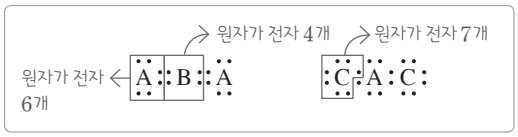
(나)	루이스 전자점식	공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
XZ_4		4	12
YZ_3		3	9
HZ		1	3
XH_2Z_2		4	6

ㄱ. 전기 음성도는 Z(F)>X(C)>Y(B)>H 순이다. 따라서 HZ에서 H는 부분적인 양전하를 띤다.

ㄴ. (나)의 화합물에서 Z는 공유 전자쌍 1개, 비공유 전자쌍 3개를 형성한다. 따라서 비공유 전자쌍이 가장 많은 화합물은 Z와 가장 많이 결합한 화합물이므로 XZ_4이다.

ㄷ. XZ_4와 XH_2Z_2는 공유 전자쌍 수가 4로 같다.

17 꼼꼼 문제 분석



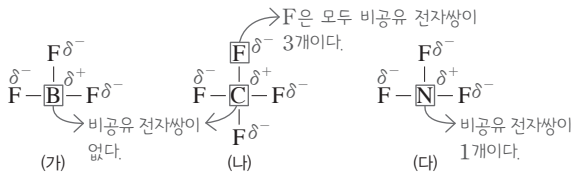
A는 16족 원소, B는 14족 원소, C는 17족 원소이다.

ㄱ. 모두 2주기 원소이므로, 원자 번호는 C>A>B이다.

ㄴ. A~C는 2주기 원소이므로 두 화합물에서 모두 Ne과 같은 전자 배치를 이룬다.

바로알기 ㄷ. 공유 전자쌍 수는 BA_2가 4, AC_2가 2이고, 공유 전자쌍 수와 결합선의 수는 같다.

18 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. (가)~(다)는 모두 종류가 다른 원자 사이의 공유 결합이므로 극성 공유 결합 물질이다.

ㄴ. 플루오린(F)의 전기 음성도가 가장 크므로 (가)~(다)를 구성하는 중심 원자는 모두 부분적인 양전하를 나타낸다.

바로알기 ㄷ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 3, (나)가 4, (다)가 3이고, 비공유 전자쌍 수는 (가)가 9, (나)가 12, (다)가 10이다. 따라서 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 합한 값이 (가)는 3+9=12, (나)는 4+12=16, (다)는 3+10=13이다.

[19~20] 꼼꼼 문제 분석

원자	전자 배치	원소	원자가 전자 수
A	$1s^2 2s^2 2p^4$	산소(O)	6
B	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	나트륨(Na)	1
C	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	인(P)	5
D	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	염소(Cl)	7

19

ㄱ. A_2는 종류가 같은 원자로 이루어져 있으므로 무극성 공유 결합 물질이다.

ㄴ. A는 비금속 원소, B는 금속 원소이므로 A는 음이온, B는 양이온이 되어 정전기적 인력에 의해 이온 결합을 형성한다.

ㄷ. C와 D로 이루어져 옥텟 규칙을 만족하는 화합물은 CD_3이다. CD_3에서 전기 음성도는 D>C이므로 중심 원자인 C는 부분적인 양전하를 띤다.

20

B는 전자 1개를 잃고 양이온(B^+)이 되고, D는 전자 1개를 얻어 음이온(D^-)이 되어 정전기적 인력에 의해 이온 결합 물질을 생성한다.

모범답안

채점 기준	배점
B와 D로 이루어진 화합물의 루이스 전자점식을 옥텟 규칙에 만족하게 나타낸 경우	100 %
B와 D로 이루어진 화합물의 루이스 전자점식을 옥텟 규칙에 만족하게 나타내지 못한 경우	0 %

21

ㄴ. 염소(Cl)는 전자 1개를 얻어 음이온(Cl^-)이 되면서 옥텟 규칙을 만족한다.

ㄷ. 이 화합물은 AH_4^+과 Cl^-이 1 : 1의 개수비로 결합하여 생성된 물질이므로 화학식이 AH_4Cl이다.

바로알기 ㄱ. AH_4^+은 AH_3의 비공유 전자쌍을 H^+에게 내어 주는 배위 공유 결합을 하여 형성된다. 따라서 AH_3에서 A는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개를 가지므로 원자가 전자가 5개인 15족 원소이다.

02 분자의 구조와 성질

개념 확인 문제

204 쪽

❶ 전자쌍 반발 이론 ❷ 비공유 ❸ 공유 ❹ 직선형 ❺ 평면 삼각형 ❻ 정사면체 ❼ 삼각뿔형 ❽ 굽은 형 ❾ 1

1 (1) × (2) × (3) ○ **2** (1) (가)>(나)>(다) (2) (가) 정사면체 (나) 삼각뿔형 (다) 굽은 형 **3** (1) ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅅ (2) ㅂ (3) ㄱ (4) ㅇ (5) ㅁ **4** (1) ○ (2) × (3) ○

1 (1), (2) 중심 원자의 공유 전자쌍 수가 같거나 중심 원자에 결합된 원자 수가 같아도 비공유 전자쌍이나 다중 결합의 존재 유무에 따라 분자의 구조가 달라진다. 예를 들어 메테인(CH_4)과 이산화 탄소(CO_2)의 경우 중심 원자의 공유 전자쌍이 모두 4개이지만, 메테인은 정사면체, 이산화 탄소는 직선형이다.
(3) 비공유 전자쌍들 사이의 반발력은 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크고, 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍들 사이의 반발력보다 크다.

2 X~Z는 원자가 전자가 각각 4개, 5개, 6개인 탄소(C), 질소(N), 산소(O)이다.
(가)는 공유 전자쌍 4개로 이루어진 분자이므로 정사면체 구조이며, 결합각이 109.5°이다.
(나)는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개로 이루어진 분자이므로 삼각뿔형 구조이며, 결합각이 107°이다.
(다)는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개로 이루어진 분자이므로 굽은 형 구조이며, 결합각이 104.5°이다.

3 (1) 이원자 분자는 직선형이므로 HF와 N_2에 해당한다. 또한 중심 원자의 전자쌍이 2개인 $BeCl_2$도 직선형이고, 다중 결합은 전자쌍 1개로 취급하므로 CO_2도 직선형에 해당한다.
(2) 굽은 형은 중심 원자의 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍이 모두 2개씩인 구조이므로 H_2O에 해당한다.
(3) 삼각뿔형은 중심 원자의 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개인 구조이므로 NF_3에 해당한다.
(4) 정사면체는 중심 원자의 공유 전자쌍이 4개인 구조이므로 CH_4에 해당한다.
(5) 평면 삼각형은 중심 원자의 공유 전자쌍이 3개인 구조이므로 BCl_3에 해당한다.

4 (1) (가)에서 중심 원자인 Be은 원자가 전자가 2개이므로 공유 전자쌍이 2개이다.
(2) (나)의 중심 원자에는 공유 전자쌍 3개만 있으므로 (나)는 평면 삼각형이다. (라)의 중심 원자에는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 (라)는 삼각뿔형이다.
(3) (다)는 공유 전자쌍 4개로 이루어진 분자이고, (라)는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개로 이루어진 분자이다. 따라서 중심 원자의 전체 전자쌍 수는 같다.

개념 확인 문제

208 쪽

❶ 무극성 ❷ 같은 ❸ 대칭 ❹ 극성 ❺ 다른 ❻ 비대칭 ❼ 극성 ❽ 무극성 ❾ 극성 ❿ 무극성 ⓫ 극성 ⓬ 무극성 ⓭ 높

1 (1) × (2) ○ (3) ○ **2** (1) (가), (나) (2) (다) **3** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × **4** (1) (가), (나) (2) (다), (라)

1 (1) 분자 내에 극성 공유 결합이 있더라도 대칭 구조인 경우 쌍극자 모멘트의 합이 0이 되어 무극성 분자이다.
(2) 종류가 같은 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 이원자 분자는 무극성 분자이다.
(3) 비대칭 구조의 다원자 분자는 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니므로 극성 분자이다.

2 (가)의 BF_3는 평면 삼각형 구조이고, (나)의 CH_4은 정사면체 구조이며, (다)의 NH_3는 삼각뿔형 구조이다.
(1) 쌍극자 모멘트의 합이 0인 분자는 대칭 구조인 무극성 분자로 평면 삼각형 구조인 (가)와 정사면체 구조인 (나)이다.
(2) 극성 분자는 비대칭 구조인 분자로 삼각뿔형 구조인 (다)이다.

3 (1) 분자량이 비슷한 경우 극성 물질은 무극성 물질보다 녹는점과 끓는점이 높게 나타난다. 분자량이 다른 경우에는 무극성 물질이 극성 물질보다 녹는점과 끓는점이 높게 나타날 수도 있다.
(2) 극성 물질인 에탄올은 극성 물질인 물과 잘 섞인다.
(3) 물 분자는 극성 분자로 부분적인 전하를 띠므로 물줄기에 대전체를 가까이하면 물줄기가 대전체 쪽으로 끌려온다.
(4) 수소는 무극성 분자이므로 전기장 속에 있을 때에도 일정한 방향으로 배열되지 않는다.

4 (가)의 CO_2와 (나)의 $BeCl_2$은 대칭 구조이므로 무극성 분자, (다)의 HCN와 (라)의 H_2O은 비대칭 구조이므로 극성 분자이다.
(1) 무극성 용매에 잘 용해되는 분자는 무극성 분자로 (가)와 (나)이다.
(2) 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되는 분자는 극성 분자로 (다)와 (라)이다.

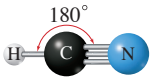
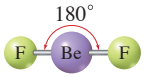
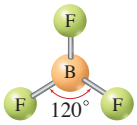
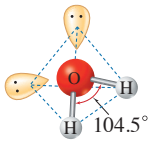
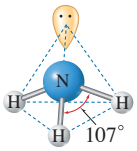
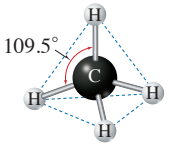
대표 자료 분석

209쪽

자료 1 **1** 해설 참조 **2** (가) 직선형 (나) 직선형 (다) 평면 삼각형 (라) 굽은 형 (마) 삼각뿔형 (바) 정사면체 **3** (가)=(나)>(다)>(바)>(마)>(라) **4** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

자료 2 **1** X: 극성, Y: 무극성 **2** X>Y **3** (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석

구분	분자식	루이스 구조	분자 모형
(가)	HCN	H−C≡N:	
(나)	BeF_2	:F̈−Be−F̈:	
(다)	BF_3	:F̈−B(−F̈:)−F̈:	
(라)	H_2O	H−Ö: (H)	
(마)	NH_3	H−N̈(−H)−H	
(바)	CH_4	H−C(−H)−H	

모범답안

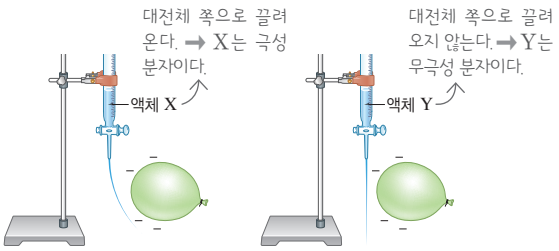
구분	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
공유 전자쌍(개)	4	2	3	2	3	4
비공유 전자쌍(개)	0	0	0	2	1	0

1-2 (가)에 있는 3중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정한다. 따라서 (가)는 직선형 구조이다. (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 2개 있으므로 직선형 구조이고, (다)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 3개 있으므로 평면 삼각형 구조이다. (라)는 중심 원자에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형 구조이고, (마)는 중심 원자에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형 구조이다. (바)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 있으므로 정사면체 구조이다.

1-3 (가)와 (나)의 결합각은 180°, (다)의 결합각은 120°, (라)의 결합각은 104.5°, (마)의 결합각은 107°, (바)의 결합각은 109.5°이다.

1-4 (1) (가)와 (바)의 공유 전자쌍은 4개로 같다.
(2) (다)는 평면 삼각형 구조이고, (마)는 삼각뿔형 구조이다.
(3) 중심 원자에 비공유 전자쌍은 (라)에 2개, (마)에 1개가 있고, (가), (나), (다), (바)에는 없다. 따라서 중심 원자에 비공유 전자쌍이 가장 많은 분자는 (라)이다.
(4) 다중 결합이 있는 분자는 (가)로 1가지이다.
(5) 직선형인 분자는 (가)와 (나)로 2가지이다.
(6) 평면 구조인 분자는 (가), (나), (다), (라)로 4가지이다.
(7) (가), (라), (마), (바)의 중심 원자만 옥텟 규칙을 만족하고, (나)와 (다)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

2-1 꼼꼼 문제 분석



액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려오는 X는 극성 분자이고, 대전체 쪽으로 끌려오지 않는 Y는 무극성 분자이다.

2-2 분자량이 비슷한 경우 분자의 극성이 클수록 끓는점이 높으므로 극성 물질인 액체 X의 끓는점이 무극성 물질인 액체 Y의 끓는점보다 높다.

2-3 (1) X는 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니다.
(2) Y는 무극성 분자이므로 극성 용매에 잘 용해되지 않고 무극성 용매에 잘 용해된다.
(3) n−헥세인은 무극성 물질이므로 n−헥세인으로 실험하면 액체 Y와 같은 결과가 나타난다.
(4) 액체 X의 가는 줄기에 (+)전하를 띠는 대전체를 가까이 대면 X의 부분적인 음전하를 띠는 부분이 대전체 쪽으로 끌려온다.
(5) 기체 상태일 때 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열되는 분자는 극성 분자인 X이다.
(6) 액체 X는 극성 물질이고 액체 Y는 무극성 물질이므로 잘 섞이지 않는다.

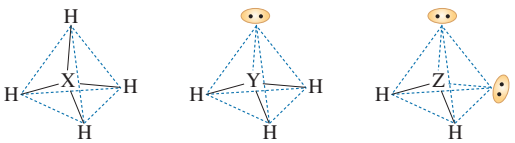
내신 만점 문제

210쪽~213쪽

01 ④ 02 ④ 03 해설 참조 04 ② 05 ②
06 ③ 07 BE_4–정사면체, CE_3–삼각뿔형, DE_2–굽은 형
08 ③ 09 ⑤ 10 ② 11 ① 12 ③ 13 ②
14 해설 참조 15 ③ 16 ㄴ 17 ② 18 ④
19 ② 20 ⑤ 21 해설 참조

01 ① 전자쌍 반발 이론은 중심 원자의 전자쌍 수에 따라 분자의 구조를 예측할 수 있다는 이론이다.
② 중심 원자에 비공유 전자쌍이 많을수록 전자쌍 사이의 반발력이 커지므로 결합각이 작아진다.
③ 2중 결합이나 3중 결합과 같은 다중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정한다.
⑤ BCl_3는 중심 원자에 공유 전자쌍만 3개 있으므로 평면 삼각형 구조이다.
바로알기 ④ 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍에 비해 더 넓은 공간을 차지한다. 따라서 공유 전자쌍 사이의 반발력은 비공유 전자쌍 사이의 반발력보다 작다.

[02~03] 꼼꼼 문제 분석

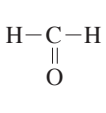
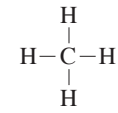
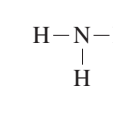
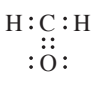
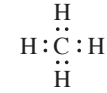
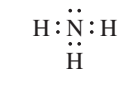
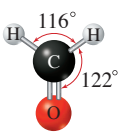
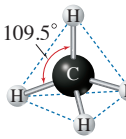
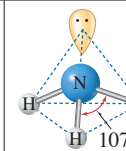


02 ㄴ. (가) 정사면체의 결합각은 109.5°, (나) 삼각뿔형의 결합각은 107°, (다) 굽은 형의 결합각은 104.5°이므로 결합각의 크기는 (가)>(나)>(다)이다.
ㄷ. 모두 2주기 원소이고 원자가 전자가 X는 4개, Y는 5개, Z는 6개이므로 원자 번호는 Z>Y>X이다.
바로알기 ㄱ. (나)는 삼각뿔형 구조이므로 입체 구조이고, (다)는 굽은 형 구조이므로 평면 구조이다.

03 모범답안 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍에 비해 더 넓은 공간을 차지하므로 비공유 전자쌍에 의한 반발력은 공유 전자쌍에 의한 반발력보다 크다. 따라서 비공유 전자쌍 수가 많을수록 결합각이 작아진다.

채점 기준	배점
비공유 전자쌍에 의한 반발력과 공유 전자쌍에 의한 반발력을 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
비공유 전자쌍이 많을수록 결합각이 작아진다고만 서술한 경우	60 %

04 꼼꼼 문제 분석

구분	(가)	(나)	(다)
루이스 구조			
루이스 전자점식			
분자 모형			
분자 구조	평면 삼각형	정사면체	삼각뿔형
결합각	약 120°	109.5°	107°

ㄴ. 비공유 전자쌍은 (가)에서 산소에 2개, (다)에서 질소에 1개 존재하고, (나)에는 존재하지 않는다.
바로알기 ㄱ. (가)는 평면 삼각형 구조로 평면 구조이지만, (나)와 (다)는 각각 정사면체 구조와 삼각뿔형 구조로 입체 구조이다.
ㄷ. (가)의 결합각은 약 120°이고, (나)의 결합각은 109.5°이며, (다)의 결합각은 107°이다. 따라서 (가)의 결합각이 가장 크고, (다)의 결합각이 가장 작다.

05 꼼꼼 문제 분석

화합물	A	B	C	D
공유 전자쌍 수	3	4	3	2
비공유 전자쌍 수	0	0	1	2
화합물	BF_3	CF_4	NF_3	OF_2
분자 구조	평면 삼각형	정사면체	삼각뿔형	굽은 형
결합각	120°	109.5°	약 107°	약 104.5°

① A는 평면 삼각형 구조이므로 결합각이 120°이고, B는 정사면체 구조이므로 결합각이 109.5°이며, C는 삼각뿔형 구조이므로 결합각이 약 107°이다. 또, D는 굽은 형 구조이므로 결합각이 약 104.5°이다. 따라서 결합각의 크기는 A>B>C>D이다.
③ 평면 구조인 분자는 평면 삼각형 구조인 A와 굽은 형 구조인 D이다.
④ B의 중심 원자에는 공유 전자쌍만 4개 있고, 중심 원자에 결합하고 있는 원자가 플루오린으로 모두 같다. 따라서 B에서 중심 원자에 있는 전자쌍 사이의 반발력은 모두 같다.
⑤ 결합하고 있는 플루오린 원자 수는 B>A=C>D이므로 플루오린 원자가 가장 적은 분자는 D이다.
바로알기 ② A는 평면 삼각형 구조이고, C는 삼각뿔형 구조이므로 분자 구조가 서로 다르다.

06 바로알기 ③ CO_2의 루이스 구조는 O=C=O로, 2중 결합만 2개 있다. 2중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정하므로 CO_2의 구조는 직선형이다.

[07~08] 꼼꼼 문제 분석

원소의 루이스 전자점식	A	·B·	·C·	:D·	:E·
원자가 전자 수	1	4	5	6	7
원소	수소(H)	탄소(C)	질소(N)	산소(O)	플루오린(F)

07 • B의 원자가 전자는 4개이고, E의 원자가 전자는 7개이므로 B 원자 1개와 E 원자 4개가 전자쌍을 총 4개 공유하여 분자를 생성한다.

➡ 분자식: BE_4

• C의 원자가 전자는 5개이고, E의 원자가 전자는 7개이므로 C 원자 1개와 E 원자 3개가 전자쌍을 총 3개 공유하여 분자를 생성한다. 이때 중심 원자인 C에는 비공유 전자쌍이 1개 있다.

➡ 분자식: CE_3

• D의 원자가 전자는 6개이고, E의 원자가 전자는 7개이므로 D 원자 1개와 E 원자 2개가 전자쌍을 총 2개 공유하여 분자를 생성한다. 이때 중심 원자인 D에는 비공유 전자쌍이 2개 있다.

➡ 분자식: DE_2

각각의 분자를 루이스 구조로 나타내면 분자의 구조를 쉽게 알 수 있다.

중심 원소	분자식	루이스 구조	분자 구조
B	BE_4	E E−B−E E	정사면체
C	CE_3	E−C−E E	삼각뿔형
D	DE_2	E−D−E	굽은 형

08 ㄱ. B의 원자가 전자는 4개이고, D의 원자가 전자는 6개이므로 B 원자는 2개의 D 원자와 각각 2중 결합을 하여 BD_2(D=B=D)를 생성한다. 따라서 BD_2에는 2중 결합이 2개 있다.

ㄷ. A의 원자가 전자는 1개이고, B의 원자가 전자는 4개이므로 B 원자 1개와 A 원자 4개가 전자쌍을 총 4개 공유하여 BA_4를 생성한다. 이때 BA_4의 중심 원자에는 공유 전자쌍만 4개 있으므로 BA_4의 구조는 정사면체이며 결합각은 109.5°이다.

바로알기 ㄴ. CE_3의 중심 원자에는 공유 전자쌍이 3개 있고, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.

09 꼼꼼 문제 분석

구분		(가)	(나)
루이스 전자점식		:A::B::A:	:C:A:C:
중심 원자의 전자쌍	공유	4	2
	비공유	0	2
분자 구조		직선형	굽은 형
결합각		180°	약 104.5°
원자가 전자 수		A: 6 B: 4	A: 6 C: 7

ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 6개, B가 4개, C가 7개이므로 C>A>B이다.

ㄴ. (가)에는 2중 결합만 2개 있다. 2중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정하므로 (가)는 직선형 구조이다. (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형 구조이다. 따라서 (가)의 결합각은 180°이고, (나)의 결합각은 약 104.5°이므로 결합각의 크기는 (가)>(나)이다.

ㄷ. B는 원자가 전자가 4개이고, C는 원자가 전자가 7개이므로 B 원자 1개와 C 원자 4개가 전자쌍을 총 4개 공유하여 BC_4를 생성한다. 이때 분자의 중심 원자에는 공유 전자쌍만 4개 있고, 모두 같은 종류의 원자가 결합되어 있으므로 분자의 구조는 정사면체이다.

10 꼼꼼 문제 분석

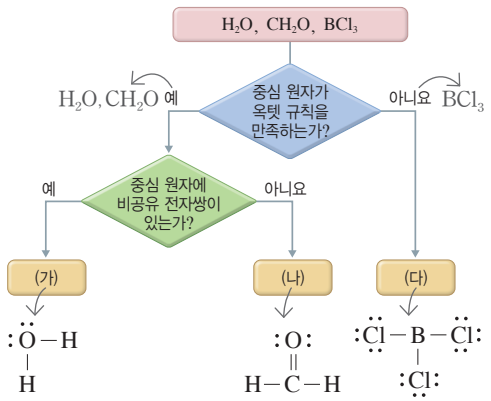
구분	루이스 구조	분자 구조
HCN	H−C≡N:	직선형
CO_2	:O=C=O:	직선형
NF_3	:F−N(−F:)−F:	삼각뿔형
C_2H_2	H−C≡C−H	직선형
NH_4^+	[H(−H)(−H)−N−H]$^+$	정사면체

ㄷ. 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 화합물은 HCN, CO_2, NF_3, C_2H_2, NH_4^+이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 화합물은 NF_3이다. 따라서 (나)와 (다)에 모두 해당하는 화합물은 NF_3이다.

바로알기 ㄱ. (가)에 해당하는 직선형 구조인 화합물은 HCN, CO_2, C_2H_2으로 3가지이다.

ㄴ. (다)에 해당하는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 화합물은 NF_3이다.

11 꼼꼼 문제 분석



H_2O은 중심 원자에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 옥텟 규칙을 만족하고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 화합물이다. 따라서 (가)는 H_2O이다.

CH_2O는 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 있으므로 옥텟 규칙을 만족하고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 화합물이다. 따라서 (나)는 CH_2O이다.

BCl_3는 중심 원자에 공유 전자쌍 3개만 있어 옥텟 규칙을 만족하지 못하는 화합물이다. 따라서 (다)는 BCl_3이다.

ㄱ. (가)는 굽은 형 구조, (나)는 평면 삼각형 구조, (다)는 평면 삼각형 구조이므로 모두 평면 구조이다.

바로알기 ㄴ. (가)의 결합각은 104.5°이고, (나)의 결합각은 약 120°이다. 따라서 결합각은 (가)가 (나)보다 작다.

ㄷ. 공유 전자쌍은 (가)에 2개, (나)에 4개, (다)에 3개가 있으므로 공유 전자쌍 수는 (나)>(다)>(가)이다.

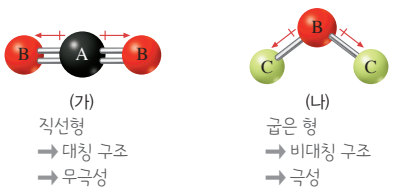
12

ㄱ. 무극성 분자는 대칭 구조로 쌍극자 모멘트의 합이 0이고, 극성 분자는 비대칭 구조로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니다.

ㄴ. H_2와 N_2는 종류가 같은 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 무극성 분자이다.

바로알기 ㄷ. H_2O은 극성 공유 결합으로 이루어져 있고 분자의 구조가 비대칭이므로 극성 분자이고, BCl_3는 극성 공유 결합으로 이루어져 있지만 분자의 구조가 대칭이므로 무극성 분자이다.

13 꼼꼼 문제 분석



(가) 직선형 ➡ 대칭 구조 ➡ 무극성

(나) 굽은 형 ➡ 비대칭 구조 ➡ 극성

ㄴ. (가)의 구조는 직선형으로 대칭 구조이고, (나)의 구조는 굽은 형으로 비대칭 구조이므로 (가)의 쌍극자 모멘트의 합은 0이고, (나)의 쌍극자 모멘트의 합은 0이 아니다. 따라서 쌍극자 모멘트의 합은 (나)가 (가)보다 크다.

바로알기 ㄱ. (가)는 종류가 다른 원소인 A와 B가 결합하여 생성된 분자이다. 따라서 (가)에는 무극성 공유 결합은 없고, 극성 공유 결합만 있다.

ㄷ. 쌍극자 모멘트를 나타내는 화살표는 전기 음성도가 작아 부분적인 양전하를 띠는 원자에서 전기 음성도가 커 부분적인 음전하를 띠는 원자 쪽으로 향한다. 따라서 (가)에서 전기 음성도는 B가 A보다 크고, (나)에서는 C가 B보다 크다. 그러므로 전기 음성도의 크기는 C>B>A이다.

14

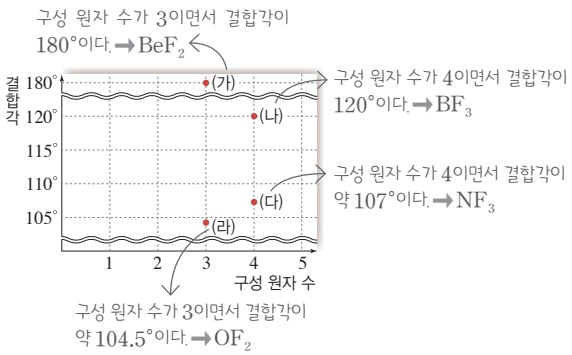
다원자 분자에서 극성 분자는 분자 구조가 비대칭이어서 쌍극자 모멘트의 합이 0이 되지 않는 분자이고, 무극성 분자는 분자 구조가 대칭을 이루어 쌍극자 모멘트의 합이 0이 되는 분자이다.

모범답안 극성 분자는 (다), (라)이고, 무극성 분자는 (가), (나)이다. (다)는 삼각뿔형 구조이고, (라)는 굽은 형 구조로 비대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 극성 분자이다. (가)는 평면 삼각형 구조이고, (나)는 정사면체 구조로 대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0인 무극성 분자이다.

채점 기준	배점
극성 분자와 무극성 분자를 구분하고, 그 까닭을 분자 구조와 쌍극자 모멘트를 이용하여 옳게 서술한 경우	100 %
극성 분자와 무극성 분자만 옳게 구분한 경우	40 %

15 꼼꼼 문제 분석

(가)~(라)의 중심 원자는 Be, B, N, O 중 하나이다. ➡ (가)~(라)는 BeF_2, BF_3, NF_3, OF_2 중 하나이다.



(가)는 BeF_2, (나)는 BF_3, (다)는 NF_3, (라)는 OF_2이다.

ㄱ. (가)는 직선형 구조이고, (나)는 평면 삼각형 구조로 분자 구조가 대칭을 이루어 쌍극자 모멘트의 합이 0인 무극성 분자이다.

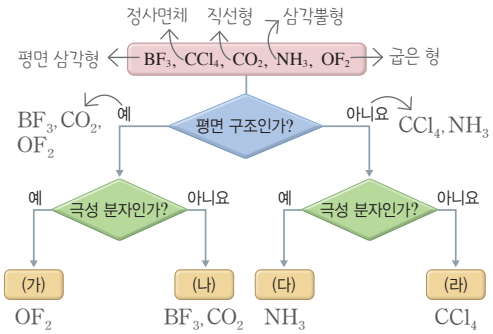
(다)는 삼각뿔형 구조이고, (라)는 굽은 형 구조로 분자 구조가

비대칭이어서 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 극성 분자이다.

ㄴ. (나)는 평면 삼각형 구조이고, (라)는 굽은 형 구조이므로 모두 평면 구조이다.

바로알기 ㄷ. 중심 원자에 비공유 전자쌍은 (다)에 1개, (라)에 2개가 있으므로 (다)가 (라)보다 적다.

16 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. (다)에 해당하는 분자는 입체 구조이면서 극성 분자이므로 삼각뿔형 구조인 NH_3이다. 따라서 분자의 결합각은 107°이다.

바로알기 ㄱ. (가)에 해당하는 분자는 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니고, (나)에 해당하는 분자는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이다.

ㄷ. 평면 삼각형 구조인 BF_3는 평면 구조이면서 무극성 분자이므로 (나)에 해당한다. (라)에 해당하는 분자는 입체 구조이면서 무극성 분자이므로 정사면체 구조인 CCl_4이다.

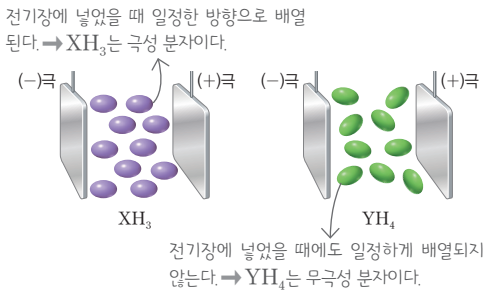
17 액체 X는 대전체 쪽으로 끌려오므로 극성 물질이고, 액체 Y는 대전체 쪽으로 끌려오지 않으므로 무극성 물질이다.

ㄴ. 극성 물질과 무극성 물질은 잘 섞이지 않으므로 액체 X와 Y는 잘 섞이지 않는다.

바로알기 ㄱ. 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려오는 X는 극성 분자이다.

ㄷ. Y는 무극성 분자이므로 기체 상태의 Y를 전기장 속에 넣어도 일정한 방향으로 배열되지 않는다.

18 꼼꼼 문제 분석



XH_3는 극성 분자이고, YH_4는 무극성 분자이다.

ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트의 합은 극성 분자인 XH_3가 무극성 분자인 YH_4보다 크다.

ㄷ. XH_3는 극성 분자이므로 중심 원자 X에 비공유 전자쌍이 있는 삼각뿔형 구조이다. YH_4는 무극성 분자이므로 정사면체 구조이다.

바로알기 ㄱ. 분자량이 비슷한 경우 끓는점은 극성 분자가 무극성 분자보다 높다. 따라서 YH_4의 끓는점은 XH_3보다 낮다.

19 꼼꼼 문제 분석

구분	(가)	(나)	(다)	(라)
분자식	CH_4	Cl_2	CH_3Cl	HCl
분자 모형				
분자 구조	정사면체	직선형	사면체	직선형
결합각	109.5°	180°	약 109.5°	180°
극성 여부	무극성	무극성	극성	극성

ㄷ. 반응물인 CH_4의 구조는 정사면체로 대칭 구조이므로 CH_4은 무극성 분자이고, Cl_2는 종류가 같은 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 분자이므로 무극성 분자이다. 생성물인 CH_3Cl의 구조는 사면체로 비대칭 구조이므로 CH_3Cl은 극성 분자이고, HCl는 종류가 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 분자이므로 극성 분자이다. 즉, 반응물은 모두 무극성 분자이고, 생성물은 모두 극성 분자이므로 극성 용매인 물에 대한 용해도는 생성물이 반응물보다 크다.

바로알기 ㄱ. CH_4의 구조는 정사면체로 대칭 구조이고, CH_3Cl의 구조는 사면체로 비대칭 구조이므로 H−C−H 결합각은 서로 다르다.

ㄴ. Cl_2는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트가 0이고, HCl는 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트가 0이 아니므로 쌍극자 모멘트는 (나)가 (라)보다 작다.

20 ㄱ. 무극성 물질인 I_2을 넣었을 때 CCl_4와 C_6H_{14} 층만 보라색으로 변한 것으로 보아 CCl_4와 C_6H_{14}은 무극성 물질이고, H_2O은 극성 물질이다. 따라서 무극성 물질은 2가지이다.

ㄴ. 쌍극자 모멘트의 합은 극성 물질인 H_2O이 무극성 물질인 CCl_4보다 크다.

ㄷ. 3가지 액체를 섞으면 무극성 물질인 CCl_4와 C_6H_{14}이 섞여 2개의 층으로 분리된다.

21 모범답안 O_2, 분자량이 비슷한 경우 분자의 극성이 클수록 끓는점이 높으므로 무극성 분자인 O_2는 극성 분자인 H_2S보다 끓는점이 낮다.

채점 기준	배점
끓는점이 낮을 것으로 예상되는 물질의 화학식을 쓰고 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
끓는점이 낮을 것으로 예상되는 물질의 화학식만 옳게 쓴 경우	40 %

중단원 핵심 정리

214쪽~215쪽

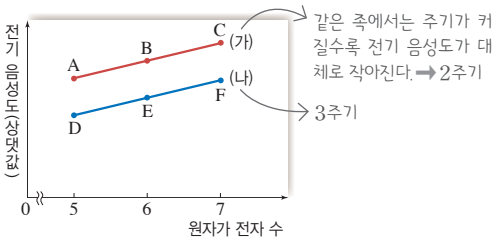
❶ 공유 ❷ 커진다 ❸ 작아진다 ❹ 무극성 ❺ 극성 ❻ 커진다 ❼ 0 ❽ 공유 ❾ 비공유 ❿ 루이스 구조 ⓫ 크다 ⓬ 직선형 ⓭ 평면 삼각형 ⓮ 정사면체 ⓯ 삼각뿔형 ⓰ 굽은 형 ⓱ 직선형 ⓲ 대칭 ⓳ 비대칭 ⓴ 극성 ㉑ 무극성

중단원 마무리 문제

216쪽~219쪽

01 ④	02 ③	03 ④	04 ③	05 ③	06 ③
07 ②	08 ⑤	09 ③	10 ⑤	11 ②	12 ③
13 ⑤	14 ③	15 해설 참조	16 해설 참조	17 해설 참조	

01 꼼꼼 문제 분석



같은 족에서는 원자 번호(주기)가 커질수록 전기 음성도가 대체로 작아진다. 따라서 (가)는 2주기 원소이고, (나)는 3주기 원소이다.

ㄴ. C는 원자가 전자 수가 7이므로 2주기 17족 원소인 플루오린이다. 따라서 C의 전기 음성도는 4.0이다.

ㄷ. B와 E는 같은 16족 원소이므로 원자 반지름은 3주기 원소인 E가 2주기 원소인 B보다 크다.

바로알기 ㄱ. (가)는 2주기 원소이다.

02 극성 공유 결합으로 생성된 분자에서 부분적인 양전하를 띠는 원자는 전기 음성도가 작은 원자이고, 부분적인 음전하를 띠는 원자는 전기 음성도가 큰 원자이다.

ㄱ. 결합한 원자의 전기 음성도의 크기는 (가)에서 F > H, (나)에서 Cl > H, (다)에서 F > Cl이므로 F > Cl > H이다.

ㄴ. 결합한 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 결합의 극성이 크다. 따라서 결합의 극성이 가장 큰 물질은 전기 음성도 차이가 가장 큰 (가) HF이다.

바로알기 ㄷ. (가)~(다)는 모두 종류가 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 분자이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

03 X는 원자가 전자가 5개이므로 질소(N)이고, Y는 원자가 전자가 6개이므로 산소(O)이며, Z는 원자가 전자가 7개이므로 플루오린(F)이다.

ㄴ. X의 원자가 전자는 5개이고, Z의 원자가 전자는 7개이므로 X_2Z_2의 루이스 구조를 나타내면 다음과 같다. 따라서 X_2Z_2에는 2중 결합이 있다.

$$:\ddot{Z}-\ddot{X}=\ddot{X}-\ddot{Z}:$$

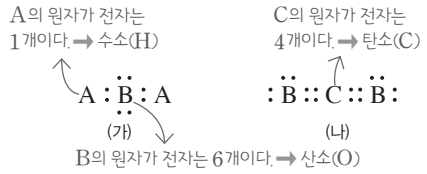
ㄷ. Y와 Z로 이루어진 화합물에서 전기 음성도는 Z(F)가 Y(O)보다 크므로 Y는 부분적인 양전하를 띤다.

바로알기 ㄱ. X의 원자가 전자는 5개이고, Y의 원자가 전자는 6개이므로 X_2와 Y_2의 루이스 구조를 나타내면 다음과 같다.

$$:X\equiv X: \qquad :\ddot{Y}=\ddot{Y}:$$

X_2의 공유 전자쌍은 3개이고, Y_2의 공유 전자쌍은 2개이므로 공유 전자쌍 수는 X_2가 Y_2의 1.5배이다.

04 꼼꼼 문제 분석

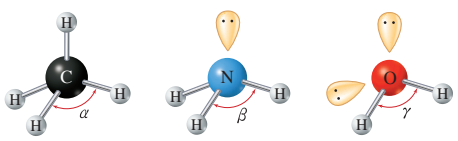


ㄱ. (가)에서 전기 음성도는 B(O)가 A(H)보다 크므로 중심 원자인 B는 부분적인 음전하를 띤다.

ㄷ. C의 원자가 전자는 4개이고, A의 원자가 전자는 1개이므로 C_2A_2의 루이스 구조는 A−C≡C−A이다. 따라서 C와 C 사이에 3중 결합이 있다.

바로알기 ㄴ. (나)는 종류가 다른 원자끼리 공유 결합을 하여 생성된 분자이므로 (나)에는 극성 공유 결합이 있다.

05 꼼꼼 문제 분석



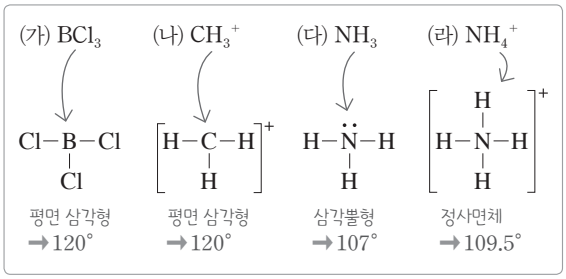
(가)는 정사면체 구조로 결합각(α)은 109.5°이고, (나)는 삼각뿔형 구조로 결합각(β)은 107°이다. (다)는 굽은 형 구조로 결합각(γ)은 104.5°이다.

ㄱ. 결합각 크기는 $\alpha > \beta > \gamma$이다.

ㄴ. (가)~(다)의 중심 원자에는 각각 전자쌍이 4개씩 있으므로 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 ㄷ. (가)는 정사면체, (나)는 삼각뿔형, (다)는 굽은 형 구조이다.

06 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 중심 원자에 전자쌍이 3개인 것은 BCl_3와 원자가 전자 1개를 잃고 수소 3개와 전자쌍을 총 3개 공유하는 CH_3^+이다.

ㄷ. 분자 구조가 대칭인 것은 평면 삼각형 구조인 (가)와 (나), 정사면체 구조인 (라)로 3가지이다.

바로알기 ㄴ. (다)는 삼각뿔형 구조로 결합각은 107°이고, (라)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 있는 정사면체 구조로 결합각은 109.5°이다. 따라서 결합각은 (다)가 (라)보다 작다.

07 꼼꼼 문제 분석

분자	(가) OF_2	(나) CO_2
성분 원소	X, Y	Y, Z
원자 수	3	3
비공유 전자쌍 수	8	4
루이스 전자점식		
분자 구조	굽은 형	직선형
결합각	약 104.5°	180°

(가)를 구성하는 원소는 X와 Y로 2개이고, 구성 원자 수는 3개이며, 비공유 전자쌍 8개가 존재하므로 (가)는 OF_2이다. (나)를 구성하는 원소는 Y와 Z로 2개이고, 구성 원자 수는 3개이며, 비공유 전자쌍 4개가 존재하므로 (나)는 CO_2이다. 따라서 (가)와 (나)에 공통으로 존재하는 원소인 Y는 산소(O)이고, X는 플루오린(F)이며, Z는 탄소(C)이다.

ㄷ. 원자 번호가 가장 작은 원소는 탄소(C)인 Z이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 OF_2이므로 단일 결합만 존재한다.

ㄴ. (가)는 중심 원자인 Y(O)에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형 구조이다. (나)는 중심 원자인 Z(C)에 2중 결합 2개가 있으므로 직선형 구조이다.

08 X가 탄소(C)이면 화합물은 CH_4이고, 질소(N)이면 화합물은 NH_3이며, 산소(O)이면 화합물은 H_2O이다.

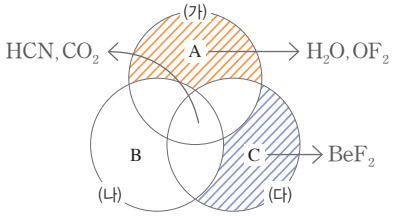
ㄱ. X가 N이면 NH_3이므로 삼각뿔형 구조이다.

ㄴ. CH_4의 결합각은 109.5°, NH_3의 결합각은 107°, H_2O의 결합각은 104.5°이다. 따라서 결합각이 가장 큰 화합물은 X가 C일 때이다.

ㄷ. 비공유 전자쌍은 X가 C일 때는 없고, N일 때 1개, O일 때 2개가 존재한다. 따라서 비공유 전자쌍이 가장 많은 화합물은 X가 O일 때이다.

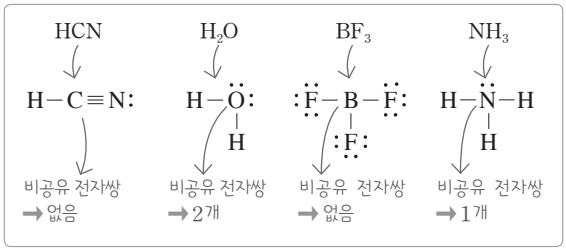
09 꼼꼼 문제 분석

화합물	분류 기준
H_2O HCN OF_2 CO_2 BeF_2	(가) 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족한다. → H_2O, HCN, OF_2, CO_2 (나) 다중 결합이 있다. → HCN, CO_2 (다) 직선형이다. → HCN, CO_2, BeF_2



빗금 친 부분 중 A에 속하는 화합물은 H_2O과 OF_2이고, C에 속하는 화합물은 BeF_2이다. 따라서 A와 C에 들어갈 화합물의 개수를 합한 값은 2+1=3이다.

10 꼼꼼 문제 분석



구분		중심 원자의 비공유 전자쌍 수		
		0	1	2
분자의 극성	극성	(가) HCN	(나) NH_3	(다) H_2O
	무극성	(라) BF_3	없음	없음

HCN는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없고, H−C 결합과 C≡N 결합의 쌍극자 모멘트 방향이 같아 극성 분자이므로 (가)이다. NH_3는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있는 비대칭 구조의 극성 분자이므로 (나)이다. H_2O은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있는 비대칭 구조의 극성 분자이므로 (다)이다. BF_3는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 대칭 구조의 무극성 분자이므로 (라)이다.

ㄱ. (가)에는 C와 N 사이에 3중 결합이 있다.

ㄴ. 삼각뿔형 구조인 (나)의 결합각은 107°이고, 굽은 형 구조인 (다)의 결합각은 104.5°이다. 따라서 결합각은 (나)가 (다)보다 크다.

ㄷ. (라)는 BF_3로 중심 원자인 B에 공유 전자쌍만 3개 있으므로 평면 삼각형 구조이다.

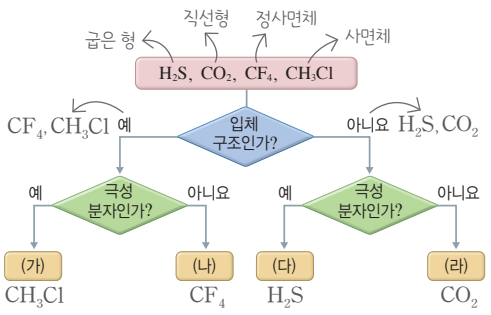
11 (가)~(다)는 모두 중심 원자인 C에 공유 전자쌍 4개가 있고, Cl보다 전기 음성도가 큰 F이 각각 다른 개수로 결합되어 있다.

ㄷ. 탄소의 부분적인 양전하의 크기가 가장 큰 화합물은 전기 음성도가 큰 F이 가장 많이 결합한 화합물이므로 (다)이다.

바로알기 ㄱ. 전기 음성도가 다른 F이 각각 다른 개수로 결합되어 있으므로 (가)~(다)는 모두 정사면체 구조가 아니다.

ㄴ. (나)의 분자 구조는 비대칭이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니다.

12 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. CH_3Cl은 분자 구조가 사면체이므로 입체 구조이면서 비대칭 구조이다. 따라서 극성 분자이고 (가)에 해당한다.

ㄴ. 물에 잘 용해되는 분자는 극성 분자이므로 비대칭 구조인 (가) CH_3Cl과 (다) H_2S이다.

바로알기 ㄷ. (나) CF_4와 (라) CO_2는 종류가 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 분자이다.

13 전기장 속에서 HF와 같은 반응을 보이는 분자는 비대칭 구조로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 극성 분자이다. CO_2는 직선형, BF_3는 평면 삼각형, NH_3는 삼각뿔형, H_2O은 굽은 형, CCl_4는 정사면체, CH_3Cl은 사면체 구조이므로 극성 분자는 NH_3, H_2O, CH_3Cl이며, 이들 극성 분자는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열된다.

14 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려오는 A는 극성 분자이고, 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려오지 않는 B는 무극성 분자이다.

ㄱ. A는 극성 분자이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니고, B는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트의 합은 A>B이다.

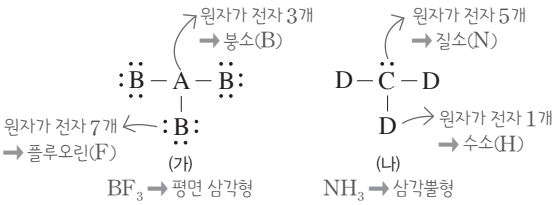
ㄴ. 물은 극성 분자이므로 A와 같이 (−)전하를 띤 대전체 쪽으로 끌려간다.

바로알기 ㄷ. B는 무극성 분자이므로 액체 B에 (+)전하로 대전된 유리 막대를 가까이 대도 액체 줄기는 대전체 쪽으로 끌려오지 않는다.

15 모범답안 비공유 전자쌍에 의한 반발력은 공유 전자쌍에 의한 반발력보다 크므로 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 NH_3의 결합각은 CH_4의 결합각보다 작다.

채점 기준	배점
비공유 전자쌍에 의한 반발력과 공유 전자쌍에 의한 반발력을 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
비공유 전자쌍이 존재하기 때문이라고만 서술한 경우	60 %

16 꼼꼼 문제 분석



모범답안 (가) 무극성 분자 (나) 극성 분자, (가)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 3개 있으므로 평면 삼각형 구조이다. 즉, 대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0인 무극성 분자이다. (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형 구조이다. 즉, 비대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 극성 분자이다.

채점 기준	배점
화합물의 극성 여부를 쓰고, 그 까닭을 분자 구조와 관련하여 옳게 서술한 경우	100 %
화합물의 극성 여부만 옳게 쓴 경우	40 %

17 극성 물질은 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 물질은 무극성 용매에 잘 용해된다.

모범답안 H_2O은 극성 용매이므로 H_2O 층에는 무극성 물질인 I_2이 녹지 않아 변화가 없고, C_6H_{14}은 무극성 용매이므로 C_6H_{14} 층에는 무극성 물질인 I_2이 녹아 보라색으로 변한다.

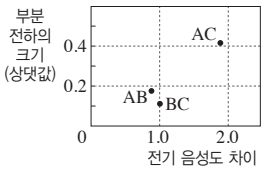
채점 기준	배점
H_2O 층과 C_6H_{14} 층에서 나타나는 변화와 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
H_2O 층과 C_6H_{14} 층에서 나타나는 변화만 옳게 서술한 경우	40 %

수능 실전 문제 221쪽~223쪽

1 ⑤ 2 ② 3 ③ 4 ③ 5 ③ 6 ⑤ 7 ①
8 ③ 9 ③ 10 ⑤ 11 ② 12 ⑤

1 문제 분석

원자 반지름은 Cl>F>H이므로 결합 길이가 가장 짧은 AC는 HF이고, 결합 길이가 가장 긴 BC는 ClF이다.



화합물	결합 길이 (pm)
AB	128
AC	93
BC	163

선택지 분석

(ㄱ) 쌍극자 모멘트는 AC가 가장 크다.
(ㄴ) 전기 음성도가 가장 큰 원소는 C이다.
(ㄷ) 세 화합물은 모두 극성 공유 결합으로 이루어진 물질이다.

전략적 풀이 ❶ 부분 전하의 크기와 결합 길이로 쌍극자 모멘트를 계산한다.

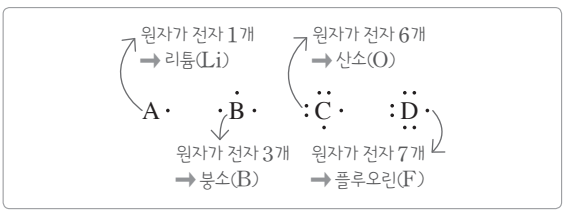
ㄱ. AB, AC, BC의 쌍극자 모멘트의 상댓값은 각각 약 $0.2\times128=25.6$, 약 $0.4\times93=37.2$, 약 $0.1\times163=16.3$이다. 따라서 AC의 쌍극자 모멘트가 가장 크다.

❷ 결합 길이로부터 A~C가 의미하는 원소를 각각 파악한다.

ㄴ. 원자 반지름은 Cl>F>H이므로 결합 길이가 가장 짧은 AC는 HF이고, 결합 길이가 가장 긴 BC는 ClF임을 알 수 있다. 따라서 A는 H, B는 Cl, C는 F이다. 전기 음성도의 크기는 F>Cl>H이므로 전기 음성도가 가장 큰 원소는 C이다.

ㄷ. 세 화합물은 모두 종류가 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 물질이다.

2 문제 분석



선택지 분석

(ㄱ) BD_3에서 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다. 만족하지 않는다
(ㄴ) C_2의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 같다. 다르다
(ㄷ) AD 화합물에서 A는 (+)전하를 띤다.

전략적 풀이 ❶ 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하는지 확인한다.

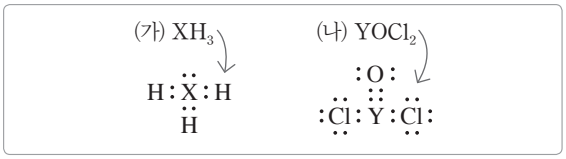
ㄱ. $BD_3(BF_3)$에서 중심 원자인 B에는 공유 전자쌍만 3개 있으므로 B는 옥텟 규칙을 만족하지 못한다.

❷ 결합이 형성될 때 루이스 전자점식을 그려 본다.

ㄴ. C의 원자가 전자는 6개이므로 전자쌍 2개를 공유하여 그림과 같이 C_2를 형성한다. C_2에는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 4개가 있으므로 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 서로 다르다.

ㄷ. A는 Li으로 금속 원소이고, D는 F으로 비금속 원소이므로 이온 결합을 한다. 따라서 AD 화합물에서 A는 (+)전하를 띤다.

3 문제 분석



선택지 분석

(ㄱ) 전기 음성도는 X가 Y보다 크다.
(ㄴ) (가)와 (나)의 공유 전자쌍 수는 같다. 다르다
(ㄷ) (나)에는 2중 결합이 있다.

전략적 풀이 ❶ 분자의 분자식과 분자의 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족한다는 것으로부터 X, Y가 의미하는 원소를 파악한다.

ㄱ. X는 수소(H) 3개와 결합하여 옥텟 규칙을 만족하므로 원자가 전자가 5개인 질소(N)이다. Y는 염소(Cl) 2개, 산소(O) 1개와 결합하여 옥텟 규칙을 만족하므로 원자가 전자가 4개인 탄소(C)이다. 따라서 전기 음성도는 X가 Y보다 크다.

❷ 각 분자의 루이스 전자점식을 생각해 본다.

ㄴ. (가)의 공유 전자쌍은 3개이고, (나)의 공유 전자쌍은 4개이다. 따라서 (가)와 (나)의 공유 전자쌍 수는 다르다.

ㄷ. (나)에는 Y와 O 사이에 2중 결합이 있다.

4 문제 분석

분자	구성 원소 수	결합각	비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수	루이스 전자점식
(가)	3	180°	1	
(나)	2	<120°	3	
(다)	2	<120°	4	

선택지 분석

ㄱ. (가)에는 3중 결합이 있다.

ㄴ. (나)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 있다. 없다

ㄷ. (가)~(다)에 공통으로 들어 있는 원소는 플루오린(F)이다.

전략적 풀이 주어진 조건을 모두 만족하는 분자를 알아낸다.

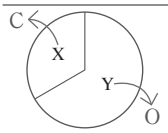
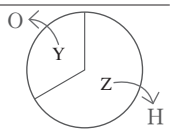
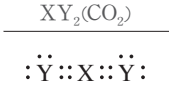
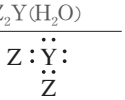
ㄱ. (가)는 서로 다른 3가지 원소로 이루어진 삼원자 이상의 분자이고, 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 수가 같으며, 결합각이 180°인 직선형 구조의 분자이다. CNF은 공유 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 4개가 존재하고 직선형 구조이므로 조건을 만족하는 분자이다. 따라서 (가)에는 C와 N 사이에 3중 결합이 있다.

ㄴ. (나)는 서로 다른 2가지 원소로 이루어진 삼원자 이상의 분자이고, 비공유 전자쌍 수가 공유 전자쌍 수의 3배이며, 결합각이 120° 이하인 분자이다. CF_4는 공유 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 12개가 존재하고 결합각이 109.5°이므로 조건을 만족하는 분자이다. 따라서 (나)의 중심 원자인 C에는 비공유 전자쌍이 없다.

ㄷ. (다)는 서로 다른 2가지 원소로 이루어진 삼원자 이상의 분자이고, 비공유 전자쌍 수가 공유 전자쌍 수의 4배이며, 결합각이 120° 이하인 분자이다. OF_2는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 8개가 존재하고 결합각이 약 104.5°이므로 조건을 만족하는 분자이다. 따라서 (가)~(다)에 공통으로 들어 있는 원소는 플루오린(F)이다.

5 꼼꼼 문제 분석

X~Z는 각각 H, C, O 중 하나이다.

분자	(가)	(나)
원자 수비	 X : Y = 1 : 2	 Y : Z = 1 : 2
분자식	$XY_2(CO_2)$	$Z_2Y(H_2O)$
루이스 전자점식		
분자 구조	직선형	굽은 형
결합각	180°	104.5°

선택지 분석

ㄱ. 결합각은 (가)가 (나)보다 크다.

ㄴ. 쌍극자 모멘트의 합은 (가)가 (나)보다 크다. 작다

ㄷ. (가)와 (나)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$는 같다.

전략적 풀이 ❶ 원자 수비 조건을 만족하는 분자를 알아내어 X~Z가 의미하는 원소를 파악한다.

(가)의 원자 수비는 X : Y = 1 : 2이고, (나)의 원자 수비는 Y : Z = 1 : 2이며, X~Z는 H, C, O 중 하나이므로 (가)가 CO_2이고, (나)가 H_2O일 때 모든 조건을 만족한다. 따라서 X는 C, Y는 O, Z는 H이다.

ㄱ. (가) CO_2의 결합각은 180°이고, (나) H_2O의 결합각은 104.5°이므로 결합각은 (가)가 (나)보다 크다.

❷ 분자 구조로 쌍극자 모멘트의 합을 파악한다.

ㄴ. (가)의 분자 구조는 직선형으로 대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이고, (나)의 분자 구조는 굽은 형으로 비대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니다. 따라서 쌍극자 모멘트의 합은 (가)가 (나)보다 작다.

❸ 각 분자의 루이스 전자점식을 생각해 본다.

ㄷ. (가)에는 공유 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 4개가 존재하므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=1$이다. (나)에는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 존재하므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}=1$이다.

6 꼼꼼 문제 분석

[분자]

H_2O	NH_3	BeF_2	BF_3	CCl_4	CH_2O
굽은 형	삼각뿔형	직선형	평면 삼각형	정사면체	평면 삼각형

[분류]

기준	예	아니요
모든 구성 원자가 동일한 평면에 위치하는가?	(가) H_2O, BeF_2, BF_3, CH_2O	(나) NH_3, CCl_4
쌍극자 모멘트의 합이 0인가?	(다) BeF_2, BF_3, CCl_4	(라) H_2O, NH_3, CH_2O
중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하는가?	(마) H_2O, NH_3, CCl_4, CH_2O	(바) BeF_2, BF_3

선택지 분석

ㄱ. (가)에 해당하는 분자는 4가지이다.

ㄴ. (나), (다), (마)에 공통으로 해당하는 분자는 CCl_4이다.

ㄷ. (바)에 해당하는 분자는 BeF_2과 BF_3이다.

전략적 풀이 ❶ 각 분자의 구조를 파악한다.

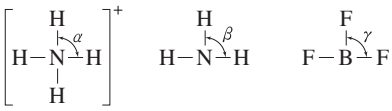
ㄱ. 모든 구성 원자가 동일한 평면에 위치하는 분자 (가)는 평면 구조인 분자로 굽은 형 구조인 H_2O, 직선형 구조인 BeF_2, 평면 삼각형 구조인 BF_3, 평면 삼각형 구조인 CH_2O이다.

ㄴ. 모든 구성 원자가 동일한 평면에 위치하지 않는 분자 (나)는 입체 구조인 분자로 삼각뿔형 구조인 NH_3와 정사면체 구조인 CCl_4이다. 쌍극자 모멘트의 합이 0인 분자 (다)는 대칭 구조인 분자로 직선형 구조인 BeF_2, 평면 삼각형 구조인 BF_3, 정사면체 구조인 CCl_4이다. 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 분자 (마)는 중심 원자에 전자쌍 4개가 있는 분자로 H_2O, NH_3, CCl_4, CH_2O이다. 따라서 (나), (다), (마)에 공통으로 해당하는 분자는 CCl_4이다.

❷ 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하지 않는 분자를 찾는다.

ㄷ. 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하지 않는 분자 (바)는 BeF_2과 BF_3이다.

7 꼼꼼 문제 분석



(가) $\alpha = 109.5°$ (나) $\beta = 107°$ (다) $\gamma = 120°$

선택지 분석

㉠ 결합각의 크기는 $\gamma > \alpha > \beta$이다.

ㄴ. 쌍극자 모멘트의 합은 (가)가 (나)보다 크다. 작다

ㄷ. 평면 구조인 것은 (나)와 (다)이다. (다)

전략적 풀이 ❶ 분자 구조로 결합각과 쌍극자 모멘트의 합을 파악한다.

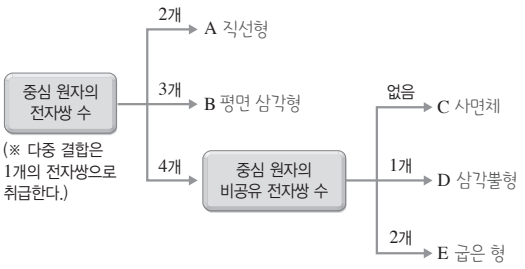
ㄱ. (가)는 정사면체 구조로 결합각(α)은 109.5°이다. (나)는 삼각뿔형 구조로 결합각(β)은 107°이다. (다)는 평면 삼각형 구조로 결합각(γ)은 120°이다. 따라서 결합각의 크기는 $\gamma > \alpha > \beta$이다.

ㄴ. (가)는 대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이고, (나)는 비대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니다. 따라서 쌍극자 모멘트의 합은 (가)가 (나)보다 작다.

❷ 분자 구조가 평면 구조인지 입체 구조인지를 파악한다.

ㄷ. (가)와 (나)는 입체 구조이고, (다)는 평면 구조이다.

8 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ 결합각은 A가 B보다 크다.

㉡ 중심 원자가 플루오린과만 결합한 분자인 경우 A, B, C는 모두 무극성 분자이다.

ㄷ. 중심 원자가 수소와만 결합한 분자인 경우 끓는점은 C가 D보다 높다. 낮다

전략적 풀이 ❶ 중심 원자의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수로 분자 구조를 파악한다.

ㄱ. 다중 결합을 1개의 전자쌍으로 취급할 때 A는 중심 원자에 전자쌍이 2개 존재하므로 직선형 구조이고 결합각은 180°이다. B는 중심 원자에 전자쌍이 3개 존재하므로 평면 삼각형 구조이고 결합각은 약 120°이다.

따라서 결합각은 A가 B보다 크다.

❷ 분자 구조로 분자의 극성을 파악한다.

ㄴ. 중심 원자가 플루오린과만 결합하는 경우 A의 구조는 직선형, B의 구조는 평면 삼각형, C의 구조는 정사면체로 모두 대칭 구조이다. 따라서 A, B, C는 모두 무극성 분자이다.

❸ 분자의 극성 크기에 따른 끓는점 차이를 이해한다.

ㄷ. 중심 원자가 수소와만 결합하는 경우 C는 CH_4이고, D는 NH_3이다.

CH_4의 분자량은 16이고, NH_3의 분자량은 17이므로 분자량이 서로 비슷하여 분자의 극성 크기로 끓는점을 비교할 수 있다. C(CH_4)는 대칭 구조로 무극성 분자이고, D(NH_3)는 비대칭 구조로 극성 분자이므로 끓는점은 C가 D보다 낮다.

9 꼼꼼 문제 분석

H_2O	CO_2	HCN	NF_3	CH_4
H−O−H	O=C=O	H−C≡N	F−N(−F)−F	H−C(−H)(−H)−H
굽은 형 → 극성	직선형 → 무극성	직선형 → 극성	삼각뿔형 → 극성	정사면체 → 무극성

기준	예	아니요
다중 결합이 있는가?	㉠ CO_2, HCN	㉡ H_2O, NF_3, CH_4
극성 분자인가?	㉢ H_2O, HCN, NF_3	㉣ CO_2, CH_4
(가)	NF_3, CH_4	H_2O, CO_2, HCN

선택지 분석

㉠ ㉠에 해당하는 분자의 중심 원자는 모두 탄소이다.

㉡ ㉡과 ㉢에 공통으로 해당하는 분자는 H_2O과 NF_3이다.

ㄷ. (가)에는 '평면 구조인가?'를 적용할 수 있다. 입체

전략적 풀이 ❶ 각 분자의 루이스 구조를 생각해 본다.

ㄱ. 다중 결합이 있는 분자는 CO_2와 HCN로 중심 원자는 모두 탄소이다.

ㄴ. ㉡에 해당하는 분자는 다중 결합이 없는 분자로 H_2O, NF_3, CH_4이다. ㉢에 해당하는 분자는 극성 분자로 비대칭 구조인 H_2O, HCN, NF_3이다. 따라서 ㉡과 ㉢에 공통으로 해당하는 분자는 H_2O과 NF_3이다.

❷ 기준 (가)로 분류된 분자들의 공통점을 파악한다.

ㄷ. NF_3와 CH_4은 입체 구조이고, H_2O, CO_2, HCN는 평면 구조이다. 따라서 (가)에는 '입체 구조인가?'를 적용할 수 있다.

10 꼼꼼 문제 분석

• W~Z는 H, C, N, O 중 하나이며 각 원소의 전기 음성도는 다음과 같다.

원소	H	C	N	O
전기 음성도	2.1	2.5	3.0	3.5

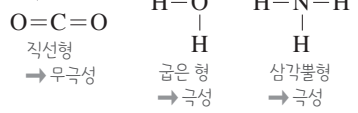
• 분자 (가)~(다)에 대한 자료는 다음과 같다.

전기 음성도 차이가 1.0이다. → W와 X는 C와 O이다.

전기 음성도 차이가 1.4이다. → X와 Z는 H와 O이다.

전기 음성도 차이가 0.9이다. → Y와 Z는 H와 N이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	W, X	X, Z	Y, Z
전기 음성도 차이	1.0	1.4	0.9
구성 원자 수	3	3	4



선택지 분석

㉠ 무극성 분자는 (가)뿐이다.

㉡ (가)와 (나)는 평면 구조이다.

㉢ (나)와 (다)에서 Z는 부분적인 양전하를 띤다.

전략적 풀이 ❶ 각 분자에서 구성 원소의 전기 음성도 차이를 이용하여 W~Z가 의미하는 원소를 파악한다.

(가)에서 W와 X의 전기 음성도 차이는 1.0이므로 W와 X는 전기 음성도가 2.5인 C와 전기 음성도가 3.5인 O임을 알 수 있다. (나)에서 X와 Z의 전기 음성도 차이는 1.4이므로 X와 Z는 전기 음성도가 2.1인 H와 전기 음성도가 3.5인 O임을 알 수 있다. 따라서 (가)와 (나)에서 공통된 구성 원소인 X는 O이고, W는 C이며, Z는 H이다. (다)의 구성 원소인 Y는 N이다.

❷ 구성 원소로부터 (가)~(다)가 의미하는 분자를 파악하고, 분자 구조와 분자의 극성을 생각해 본다.

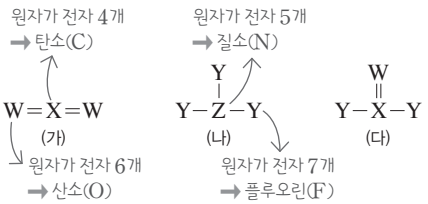
ㄱ. (가)는 구성 원소가 C와 O이고, 구성 원자 수가 3이므로 CO_2이다. (나)는 구성 원소가 O와 H이고, 구성 원자 수가 3이므로 H_2O이다. (다)는 구성 원소가 N와 H이고, 구성 원자 수가 4이므로 NH_3이다. 따라서 (가)의 분자 구조는 직선형으로 대칭 구조이므로 무극성 분자이고, (나)와 (다)의 분자 구조는 각각 굽은 형과 삼각뿔형으로 비대칭 구조이므로 극성 분자이다.

ㄴ. (가)의 분자 구조는 직선형이고, (나)의 분자 구조는 굽은 형이므로 (가)와 (나)는 평면 구조이다.

❸ 분자 내에서 전기 음성도가 작은 원자가 부분적인 양전하를 띤다는 것을 이해한다.

ㄷ. Z(H)는 X(O)나 Y(N)보다 전기 음성도가 작으므로 (나)와 (다)에서 부분적인 양전하를 띤다.

11 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ 전기 음성도가 가장 큰 원소는 Z이다. Y

㉡ 무극성 분자는 (가)와 (나)이다. (가)

㉢ XY_4의 분자 구조는 정사면체이다.

전략적 풀이 ❶ 루이스 구조로부터 각 원소의 원자가 전자 수를 확인하여 W~Z가 의미하는 원소를 파악한다.

ㄱ. (가)~(다)를 구성하는 원소는 모두 2주기 원소이고, 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다. 따라서 원자가 전자가 6개인 W는 산소(O), 원자가 전자가 4개인 X는 탄소(C), 원자가 전자가 7개인 Y는 플루오린(F), 원자가 전자가 5개인 Z는 질소(N)이다. 따라서 전기 음성도가 가장 큰 원소는 Y이다.

❷ 루이스 구조로부터 분자 구조를 확인하고, 분자의 극성을 파악한다.

ㄴ. (가)는 중심 원자에 2중 결합 2개가 존재하므로 직선형 구조이고, (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 존재하므로 삼각뿔형 구조이다. (다)는 중심 원자에 2중 결합 1개와 단일 결합 2개가 존재하므로 평면 삼각형 구조이다. 따라서 (가)는 대칭 구조이므로 무극성 분자이고, (나)와 (다)는 비대칭 구조이므로 극성 분자이다.

ㄷ. XY_4(CF_4)의 경우 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 존재하므로 정사면체 구조이다.

12 꼼꼼 문제 분석

[자료]

X의 중심 원자인 B는 옥텟 규칙을 만족하고 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 B의 원자가 전자 수는 6이다. → B는 16족 원소이다.

물질	분자식	분자의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수
X	A_mB	2
Y	CD_n	0

Y의 중심 원자인 C는 옥텟 규칙을 만족하고 비공유 전자쌍이 없으므로 C의 원자가 전자 수는 4이다. → C는 14족 원소이다.

[실험]

(가) 시험관에 X와 Y를 넣었더니 섞이지 않고 두 층으로 분리되었다.

(나) 과정 (가)의 시험관에 황산 구리(Ⅱ) 오수화물을 넣고 흔들었더니 한 층에서만 녹았다.

선택지 분석

㉠ X의 분자 구조는 굽은 형이다.

㉡ 쌍극자 모멘트의 합은 X가 Y보다 크다.

㉢ (나)에서 X 층에 황산 구리(Ⅱ) 오수화물이 녹았다.

전략적 풀이 ❶ 분자의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수로부터 분자 구조를 알아낸다.

ㄱ. X의 중심 원자인 B는 옥텟 규칙을 만족하고 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 B의 원자가 전자 수는 6이다. 따라서 B는 2개의 A 원자와 공유 결합을 형성한다. 즉, X에는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 X의 분자 구조는 굽은 형이다.

ㄴ. X의 분자 구조는 굽은 형으로 비대칭 구조이므로 극성 분자이다. 실험 (가)에서 X와 Y는 섞이지 않고 두 층으로 분리되었으므로 Y는 무극성 분자이다. 따라서 쌍극자 모멘트의 합은 극성 분자인 X가 무극성 분자인 Y보다 크다.

❷ 극성 물질과 무극성 물질의 용해도를 이해한다.

ㄷ. 황산 구리(Ⅱ) 오수화물은 극성 물질이므로 극성 용매인 X 층에 녹는다.

Ⅳ. 역동적인 화학 반응

1 화학 반응에서의 동적 평형

01 동적 평형

개념 확인 문제 231쪽

❶ 가역 반응 ❷ 오른 ❸ 왼 ❹ 비가역 반응 ❺ 동적 평형 ❻ 상평형 ❼ 용해 평형 ❽ 화학 평형

1 (1) ○ (2) × (3) × **2** (1) 비가역 (2) 가역 (3) 비가역 (4) 가역 (5) 비가역 **3** ㉠ 증발, ㉡ 응축, ㉢ 동적 평형 **4** (나) **5** 용해 속도=석출 속도 **6** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

1 (1) 정반응은 화학 반응식에서 오른쪽으로 진행되는 반응이고, 역반응은 화학 반응식에서 왼쪽으로 진행되는 반응이다.
(2), (3) 가역 반응은 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응이고, 비가역 반응은 정반응만 일어나거나 역반응이 거의 일어나지 않는 반응이다.

2 (1) 메테인의 연소는 역반응이 일어나지 않으므로 비가역 반응이다.
(2) 염화 코발트가 물과 반응하면 염화 코발트 육수화물이 생성되고, 염화 코발트 육수화물을 가열하면 염화 코발트와 물이 생성되므로 염화 코발트 육수화물의 생성과 분해는 가역 반응이다.
(3) 염산과 수산화 나트륨 수용액이 반응하여 물을 생성하는 중화 반응은 역반응이 거의 일어나지 않으므로 비가역 반응이다.
(4) 탄산 칼슘이 이산화 탄소를 포함한 물과 반응하여 탄산수소 칼슘을 생성하는 과정에서 석회 동굴이 만들어지고, 탄산수소 칼슘 수용액에서 물이 증발하고 이산화 탄소가 빠져나가면서 탄산 칼슘이 석출되는 과정에서 종유석과 석순이 만들어진다. 따라서 석회 동굴, 종유석, 석순의 생성은 가역 반응이다.
(5) 마그네슘과 염산이 반응하여 기체가 발생하는 반응은 역반응이 일어나지 않으므로 비가역 반응이다.

3 밀폐 용기에 일정량의 물을 담아 놓으면 처음에는 물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르므로 물의 양이 줄어든다. 충분한 시간이 지나면 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달하여 물의 양이 일정하게 유지된다.

4 동적 평형에서는 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같다. 따라서 증발하는 물 분자 수와 응축하는 수증기 분자 수가 같은 (나)가 동적 평형에 도달한 상태이다.

5 일정량의 물에 설탕을 계속 넣으면 처음에는 설탕이 물에 녹지만 어느 순간부터는 설탕이 더 이상 녹지 않는 것처럼 보인다. 이는 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달했기 때문이다.

6 (1) 화학 평형은 가역 반응에서만 성립하므로 정반응과 역반응이 모두 일어난다. 따라서 화학 평형에서는 반응물과 생성물이 함께 존재한다.
(2), (3) 화학 평형에서는 겉보기에 반응이 멈춘 것처럼 보이지만 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있다.
(4) 화학 평형에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나므로 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

대표 자료 분석

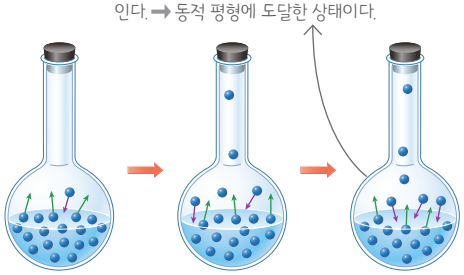
232 쪽

자료 1 **1** 증발 속도>응축 속도 **2** (나)>(가) **3** (다)
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) × (6) ×

자료 2 **1** (가) 정반응 속도>역반응 속도 (나) 정반응 속도=역반응 속도 **2** 이산화 질소(NO_2), 사산화 이질소(N_2O_4)
3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석

물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같아 물의 증발과 수증기의 응축이 일어나지 않는 것처럼 보인다. ➡ 동적 평형에 도달한 상태이다.



(가) 증발 속도≫응축 속도 (나) 증발 속도>응축 속도 (다) 증발 속도=응축 속도

처음에는 증발하는 물 분자가 응축하는 수증기 분자보다 많으므로 물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르다.

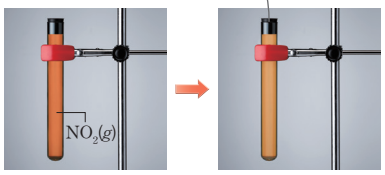
1-2 수증기의 응축 속도는 플라스크 속에 수증기 분자가 많을수록 빠르므로 (나)>(가)이다.

1-3 (다)는 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같으므로 동적 평형에 도달한 상태이다.

1-4 (1) 플라스크 속에서 물의 증발과 수증기의 응축이 모두 일어나고 있으므로 물의 증발과 응축은 가역 반응이다.
(2) (나)는 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 다르므로 동적 평형에 도달한 상태가 아니다.
(3) (다)는 (나)보다 물이 더 많이 증발한 상태이므로 액체 상태의 물은 (나)가 (다)보다 많다.
(4), (5) (다)는 동적 평형에 도달한 상태로 물의 증발과 수증기의 응축이 계속 일어나고 있으며 액체 상태의 물과 기체 상태의 물이 함께 존재한다.
(6) (다)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 시간이 지난 후에도 물의 증발과 수증기의 응축은 같은 속도로 일어난다. 따라서 액체 상태의 물의 양은 변하지 않고 일정하게 유지된다.

2-1 꼼꼼 문제 분석

적갈색이 일정하게 유지된다. ➡ 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나는 동적 평형에 도달하여 NO_2와 N_2O_4의 농도가 일정하게 유지되기 때문이다.



(가) 정반응 속도>역반응 속도 (나) 정반응 속도=역반응 속도

(가)는 $NO_2(g)$를 넣은 초기 상태이므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다. (나)는 적갈색이 일정하게 유지되는 것으로 보아 동적 평형에 도달한 상태이다. 따라서 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

2-2 (나)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 반응물인 NO_2와 생성물인 N_2O_4가 함께 존재한다.

2-3 (1) 가역 반응은 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응으로 화학 반응식에서 반응물과 생성물 사이의 화살표를 $\rightleftarrows$로 나타낸다. 따라서 N_2O_4의 생성과 분해는 가역 반응이다.

(2) N_2O_4의 생성과 분해는 가역 반응이므로 정반응과 역반응이 모두 일어난다.

(3), (4), (5) (나)는 동적 평형에 도달한 상태로 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나므로 NO_2와 N_2O_4의 농도가 일정하게 유지된다. 따라서 시험관 속 기체의 압력도 일정하게 유지된다.

내신 만점 문제

233쪽~235쪽

01 ③ 02 ④ 03 ③ 04 ④ 05 ④ 06 ③
07 ④ 08 ② 09 ① 10 ④ 11 ① 12 해설 참조 13 ③ 14 ⑤

01 ㄱ, ㄴ. 가역 반응은 화학 반응식에서 반응물과 생성물 사이의 화살표를 ⟷로 나타낸다. 따라서 주어진 반응은 가역 반응이다.

바로알기 ㄷ. CH_4의 연소는 비가역 반응이다.

02 역반응이 일어나기 어려운 반응은 비가역 반응이다.

ㄴ, ㄷ. 염산과 수산화 칼륨 수용액의 중화 반응, 염화 나트륨 수용액과 질산 은 수용액의 앙금 생성 반응은 모두 역반응이 거의 일어나지 않는 비가역 반응이다.

바로알기 ㄱ. 염화 코발트가 물과 결합하여 염화 코발트 육수화물을 생성하는 반응은 염화 코발트 육수화물이 물을 잃고 염화 코발트가 되는 역반응도 일어나므로 가역 반응이다.

03 ㄱ. 상평형에 도달하면 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같으므로 물의 양과 수증기의 양이 일정하게 유지된다.

ㄷ. 용질의 용해 속도와 석출 속도가 같아서 겉보기에는 용질이 더 이상 녹지 않는 것처럼 보이는 상태를 용해 평형이라 하고, 이때의 용액을 포화 용액이라고 한다.

바로알기 ㄴ. 열린 용기에서는 물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르므로 물이 모두 증발한다. 따라서 동적 평형에 도달하지 않는다.

04 ㄴ. (나)에서 반응물과 생성물 사이의 화살표를 ⟷로 나타낸 것으로 보아 (나)는 가역 반응이다. 따라서 정반응뿐만 아니라 역반응도 일어날 수 있다.

ㄷ. (나)는 가역 반응이므로 밀폐 용기에 $NO_2(g)$를 넣고 오랫동안 두면 동적 평형에 도달하여 용기 속에 반응물인 $NO_2(g)$와 생성물인 $N_2O_4(g)$가 함께 존재한다.

바로알기 ㄱ. (가)는 금속(Zn)과 산(HCl)이 반응하여 기체를 발생하는 반응으로 비가역 반응이므로 동적 평형에 도달할 수 없다.

05 ① 용기 속에서 물의 증발과 수증기의 응축이 모두 일어나고 있으므로 물의 증발과 수증기의 응축은 가역적으로 일어난다.

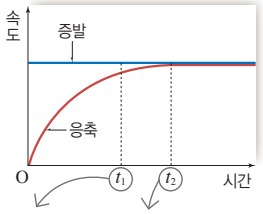
② (나)에서는 증발하는 물 분자가 응축하는 수증기 분자보다 많으므로 물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르다.

③ (다)에서는 증발하는 물 분자 수와 응축하는 수증기 분자 수가 같으므로 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같다.

⑤ 수증기의 응축 속도는 용기 속에 수증기 분자가 많을수록 빠르다. 용기 속 수증기 분자 수는 (다)>(나)>(가)이므로 응축 속도는 (다)>(나)>(가)이다.

바로알기 ④ 일정한 온도에서 물의 증발 속도는 일정하므로 물의 증발 속도는 (가)=(나)=(다)이다.

06 꼼꼼 문제 분석



물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르다. ➡ 물의 양이 줄어든다.

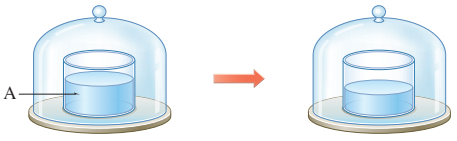
물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이다. ➡ 증발 속도와 응축 속도가 같아 물의 양이 일정하게 유지되므로 겉보기에는 증발과 응축이 멈춘 것처럼 보인다.

ㄱ. t_1에서는 물의 증발 속도가 수증기의 응축 속도보다 빠르므로 물의 양이 줄어든다.

ㄷ. t_2 이후는 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이므로 용기 속 물의 양과 수증기의 양이 일정하게 유지된다.

바로알기 ㄴ. 동적 평형에 도달(t_2)해도 물의 증발과 수증기의 응축은 계속 일어난다.

07 꼼꼼 문제 분석



액체 A의 양이 줄어든다. ➡ 증발 속도>응축 속도

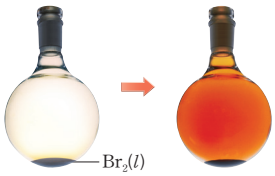
액체 A의 양이 일정하게 유지된다. ➡ 증발 속도=응축 속도 ➡ 동적 평형

④ (나)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 유리종 속 기체 A의 입자 수는 일정하게 유지된다.

바로알기 ① (가)는 액체 A를 넣은 초기 상태이므로 (가)에서 A의 응축 속도는 증발 속도보다 느리다.

② (나)에서 액체 A의 양이 일정하게 유지되고 있는 것으로 보아 (나)는 동적 평형에 도달한 상태이다. 동적 평형에서는 A의 증발 속도와 응축 속도가 같아서 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이지만 A의 증발과 응축이 계속 일어나고 있다.
③ (나)에서 유리종을 열어 두면 공기 중으로 A가 계속 증발하므로 액체 A의 양이 줄어든다.
⑤ 일정한 온도에서 A의 증발 속도는 일정하므로 일정 시간 동안 증발하는 A의 입자 수는 (가)와 (나)가 같다.

08 꼼꼼 문제 분석

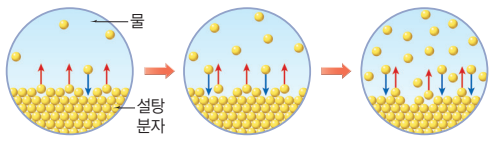


$Br_2(l)$을 넣은 초기 상태 ➡ 증발 속도 > 응축 속도
동적 평형에 도달한 상태 ➡ 증발 속도 = 응축 속도

ㄴ. (나)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 $Br_2(l)$과 $Br_2(g)$이 함께 존재한다.

바로알기 ㄱ. (가)는 $Br_2(l)$을 넣은 초기 상태이므로 (가)에서 Br_2의 증발 속도는 응축 속도보다 빠르다.
ㄷ. 플라스크 속 $Br_2(g)$ 분자는 동적 평형에 도달한 (나)가 (가)보다 많다.

09 꼼꼼 문제 분석



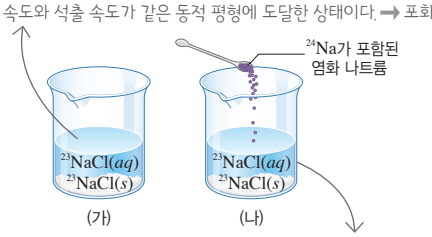
용해 속도 ≫ 석출 속도 | 용해 속도 > 석출 속도 | 용해 속도 = 석출 속도 ➡ 동적 평형

ㄱ. (다)에서 용해되는 설탕 분자 수와 석출되는 설탕 분자 수가 같은 것으로 보아 (다)는 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이다. 동적 평형에서는 물에 녹아 있는 설탕의 양이 일정하므로 (다)에서 설탕물의 농도는 일정하게 유지된다.

바로알기 ㄴ. 물에 용해된 설탕 분자는 동적 평형에 도달한 (다)가 (나)보다 많다.
ㄷ. 처음에는 설탕의 용해 속도가 석출 속도보다 빠르지만 시간이 지날수록 용액 속 설탕 분자가 많아지므로 점점 석출 속도가 빨라져 용해 속도와 같아진다. 따라서 설탕의 석출 속도는 (다) > (나) > (가)이다.

10 꼼꼼 문제 분석

녹지 않은 염화 나트륨이 비커 바닥에 가라앉았다.
➡ 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이다. ➡ 포화 수용액



(나) 이후 충분한 시간이 지나면 ^{24}Na는 가라앉아 있는 고체와 수용액에 모두 존재한다.

ㄴ. 동적 평형에서는 수용액에 녹아 있는 염화 나트륨의 양이 일정하므로 (가)에서 염화 나트륨 수용액의 농도는 일정하게 유지된다.
ㄷ. 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 포화 수용액에서도 염화 나트륨의 용해와 석출은 같은 속도로 끊임없이 일어나고 있다. 따라서 (나) 이후 충분한 시간이 지나면 ^{24}Na는 가라앉아 있는 염화 나트륨 고체와 수용액에 모두 존재한다.

바로알기 ㄱ. (가)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 염화 나트륨의 용해 속도와 석출 속도가 같다.

11 ②~⑤ 화학 평형에서는 정반응과 역반응이 모두 일어나므로 반응물과 생성물이 함께 존재하고, 정반응과 역반응의 속도가 같으므로 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

바로알기 ① 화학 평형에서는 화학 반응의 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있다.

12 가역 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어나므로 용기에 반응물 또는 생성물을 넣고 반응시킨 후 충분한 시간이 지나면 동적 평형에 도달하여 용기 속에는 반응물과 생성물이 함께 존재한다.

모범답안 수소(H_2), 아이오딘(I_2), 아이오딘화 수소(HI), 주어진 반응은 가역 반응이므로 정반응과 역반응이 모두 일어난다. 따라서 충분한 시간이 지나면 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나는 동적 평형에 도달하여 용기 속에는 H_2, I_2, HI가 함께 존재한다.

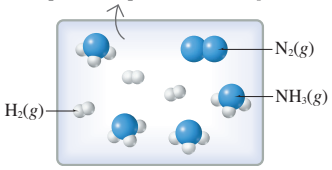
채점 기준	배점
용기 속에 들어 있는 물질을 모두 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
용기 속에 들어 있는 물질만 모두 옳게 쓴 경우	40 %

13 ㄱ, ㄷ. 동적 평형에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나므로 N_2O_4의 생성 속도와 분해 속도가 같고, 용기 속 NO_2와 N_2O_4의 농도가 일정하게 유지된다.

바로알기 ㄴ. 동적 평형에서는 적갈색의 NO_2와 무색의 N_2O_4가 함께 존재한다.

14 꼼꼼 문제 분석

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



ㄱ. 동적 평형에 도달할 수 있는 반응은 가역 반응이다. 따라서 NH_3의 생성과 분해는 가역적으로 일어난다.

ㄴ, ㄷ. 동적 평형에 도달한 상태이므로 NH_3의 생성 속도와 분해 속도가 같다. 따라서 용기 속 H_2, N_2, NH_3의 분자 수는 각각 일정하게 유지되고, 이에 따라 기체의 압력도 일정하게 유지된다.

02 물의 자동 이온화

개념 확인 문제

239쪽

❶ 수소(H_2) ❷ 붉은 ❸ 단백질 ❹ 푸른 ❺ 이온 ❻ 수소 이온(H^+) ❼ 수산화 이온(OH^-) ❽ 산 ❾ 염기 ❿ 양쪽성 물질 ⓫ 수소 이온(H^+)

1 (1) ○ (2) × (3) × **2** ㉠ 수소 이온(H^+), ㉡ 산, ㉢ 수산화 이온(OH^-), ㉣ 염기 **3** ㉠ 산, ㉡ 염기 **4** (1) 브뢴스테드·로리 산: HCN, 브뢴스테드·로리 염기: H_2O (2) 브뢴스테드·로리 산: CH_3COOH, 브뢴스테드·로리 염기: H_2O (3) 브뢴스테드·로리 산: NH_4^+, 브뢴스테드·로리 염기: CO_3^{2-} **5** H_2O **6** HCO_3^- – CO_3^{2-}, H_3O^+ – H_2O

1 (2) 다른 물질에게 H^+을 내놓는 물질은 브뢴스테드·로리 산이고, 다른 물질로부터 H^+을 받는 물질은 브뢴스테드·로리 염기이다.

(3) 브뢴스테드·로리 산 염기 정의는 수용액이 아닌 조건에서도 산과 염기를 설명할 수 있다.

2 물에 녹아 H^+을 내놓는 물질은 아레니우스 산이고, OH^-을 내놓는 물질은 아레니우스 염기이므로 HCl는 아레니우스 산이고, NaOH은 아레니우스 염기이다.

3 HCl와 NH_3의 반응에서 HCl는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, NH_3는 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

4 (1) HCN는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, H_2O은 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

(2) CH_3COOH은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, H_2O은 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

(3) NH_4^+은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, CO_3^{2-}은 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

5 양쪽성 물질은 조건에 따라 산으로 작용할 수도 있고 염기로 작용할 수도 있는 물질이다. HCl와 H_2O의 반응에서 H_2O은 H^+을 받으므로 염기로 작용하고, NH_3와 H_2O의 반응에서 H_2O은 H^+을 내놓으므로 산으로 작용한다. 따라서 양쪽성 물질은 H_2O이다.

6 짝산–짝염기는 H^+의 이동으로 산과 염기가 되는 한 쌍의 산과 염기로 정반응에서 산과 역반응에서의 염기, 정반응에서 염기와 역반응에서의 산의 관계이다.

짝산–짝염기

$HCO_3^-(aq)+H_2O(l) \rightleftarrows CO_3^{2-}(aq)+H_3O^+(aq)$

산$_1$ 염기$_2$ 염기$_1$ 산$_2$

짝산–짝염기

정반응에서는 HCO_3^-이 산이고 H_2O이 염기이지만, 역반응에서는 H_3O^+이 산이고 CO_3^{2-}이 염기이다. 따라서 HCO_3^-과 CO_3^{2-}은 짝산–짝염기 관계이고, H_3O^+과 H_2O도 짝산–짝염기 관계이다.

개념 확인 문제

242쪽

❶ 물의 자동 이온화 ❷ 물의 이온화 상수(K_w) ❸ 수소 이온 농도 지수(pH) ❹ 작아진다 ❺ 산성 ❻ 염기성 ❼ 지시약 ❽ pH 시험지 ❾ pH 측정기

1 (1) ○ (2) × (3) ○ **2** 1×10^{-9} M **3** (1) 작다 (2) 커진다 (3) 작아진다 **4** 7 **5** 1×10^{-11} M **6** (1) pH=1, pOH=13 (2) pH=11, pOH=3 **7** (다)>(나)>(가) **8** 100배

1 (1) 물은 H^+을 내놓을 수도 있고 받을 수도 있는 양쪽성 물질이므로 물 분자끼리 H^+을 주고받아 H_3O^+과 OH^-으로 자동 이온화한다.

(2) 순수한 물은 자동 이온화하여 H_3O^+과 OH^-을 1 : 1로 내놓으므로 순수한 물의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 같다.

(3) 25 ℃의 순수한 물에서 $[H_3O^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}$ M이다.

2 수용액 1 L에 OH^- 1×10^{-5}몰이 녹아 있으므로 수용액의 $[OH^-]$는 1×10^{-5} M이다. 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 수용액의 $[H_3O^+]$는 1×10^{-9} M이다.

3 (1) 산성 용액의 pH는 7보다 작다.
(2) 순수한 물에 염기를 넣으면 수용액의 $[OH^-]$가 $[H_3O^+]$보다 커지므로 pH가 커진다.
(3) $pH=-\log[H_3O^+]$이므로 수용액의 $[H_3O^+]$가 커질수록 pH는 작아진다.

4 25 ℃에서 순수한 물의 $[H_3O^+]=1\times10^{-7}$ M이므로 pH는 7이다.

5 $pH=-\log[H_3O^+]$이므로 pH가 3인 산성 용액의 $[H_3O^+]$는 1×10^{-3} M이다. 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[OH^-]$는 1×10^{-11} M이다.

6 (1) $pH=-\log[H_3O^+]=-\log0.1=1$이고, 25 ℃에서 pH+pOH=14이므로 pOH=13이다.
(2) $pOH=-\log[OH^-]=-\log(1\times10^{-3})=3$이고, 25 ℃에서 pH+pOH=14이므로 pH=11이다.

7 (가)는 HA가 녹아 있는 용액으로, H^+이 OH^-보다 많은 산성 용액이므로 pH<7이다. (나)는 BA가 녹아 있는 용액으로, H^+과 OH^-의 양이 같은 중성 용액이므로 pH=7이다. (다)는 BOH가 녹아 있는 용액으로, OH^-이 H^+보다 많은 염기성 용액이므로 pH>7이다. 따라서 pH는 (다)>(나)>(가)이다.

8 수용액의 pH가 1씩 작아질수록 수용액의 $[H_3O^+]$는 10배씩 커진다. 탄산음료의 pH는 3이고 커피의 pH는 5이므로 탄산음료의 $[H_3O^+]$는 커피의 $[H_3O^+]$보다 100배 크다.

대표 자료 분석 243 쪽

자료 ① **1** 브뢴스테드·로리 산: HF, 브뢴스테드·로리 염기: $(CH_3)_3N$ **2** HCO_3^- **3** NH_3 **4** (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ○

자료 ② **1** $[H_3O^+]=1\times10^{-7}$ M, $[OH^-]=1\times10^{-7}$ M **2** $K_w=[H_3O^+][OH^-]$ **3** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ×

①-1 꼼꼼 문제 분석

(가) $(CH_3)_3N(aq)+HF(aq)\longrightarrow(CH_3)_3NH^+(aq)+F^-(aq)$
염기 산
(나) $HCO_3^-(aq)+NH_3(aq)\longrightarrow CO_3^{2-}(aq)+NH_4^+(aq)$
산 염기
(다) $HCO_3^-(aq)+H_3O^+(aq)\longrightarrow H_2CO_3(aq)+H_2O(l)$
염기 산
(라) $NH_3(g)+HCl(g)\longrightarrow NH_4Cl(s)$
염기 산

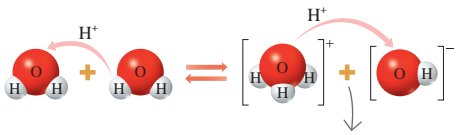
(가)에서 HF는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, $(CH_3)_3N$은 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

①-2 HCO_3^-은 (나)에서는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용하고, (다)에서는 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다. 따라서 양쪽성 물질은 HCO_3^-이다.

①-3 (라)에서 NH_3는 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

①-4 (1) (가)에서 $(CH_3)_3N$은 분자 자체에서 OH^-을 내놓지 못하므로 아레니우스 염기가 아니다.
(2), (3) (나)에서 HCO_3^-은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, NH_3는 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
(4) (다)에서 H_3O^+은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다.
(5) HCO_3^-은 (나)에서는 산으로 작용하고, (다)에서는 염기로 작용하는 양쪽성 물질이다.
(6) (라)에서 HCl는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

②-1 꼼꼼 문제 분석



25 ℃에서 $[H_3O^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}$ M이다.

②-2 물의 이온화 상수(K_w)는 물이 자동 이온화하여 동적 평형을 이루었을 때 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱이므로 $K_w=[H_3O^+][OH^-]$로 나타낸다.

②-3 (1) 양쪽성 물질인 물은 산이나 염기로 모두 작용할 수 있으므로 물 분자끼리 H^+을 주고받아 이온화한다.

(2) 물은 자동 이온화하여 동적 평형을 이루므로 물의 자동 이온화는 가역 반응이다.
(3) 순수한 물은 자동 이온화하여 H_3O^+과 OH^-을 1 : 1로 내놓으므로 순수한 물의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 같다.
(4) 순수한 물에서 매우 적은 양의 물 분자만 이온화하므로 H_3O^+의 양(mol)은 H_2O의 양(mol)보다 적다.
(5) 25 ℃에서 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$의 곱이 1×10^{-14}이다.
(6) 물의 이온화 상수는 온도에 따라 값이 달라지므로 온도의 영향을 받는다.

내신 만점 문제

244쪽~247쪽

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

01 꼼꼼 문제 분석

산성 용액 ←

수용액	A	B	C	D
리트머스 종이의 색 변화	붉은색 → 푸른색	푸른색 → 붉은색	푸른색 → 붉은색	붉은색 → 푸른색
마그네슘 조각과의 반응	변화 없음	기체 발생	기체 발생	변화 없음

→ 염기성 용액

ㄴ. 염산과 B 수용액은 모두 산성 용액이므로 공통된 성질을 나타낸다.

바로알기 ㄱ. A 수용액은 염기성 용액이므로 OH^-이 들어 있다.
ㄷ. C 수용액은 산성 용액이므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨려도 색 변화가 없지만, D 수용액은 염기성 용액이므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉은색으로 변한다.

02 ㄴ. 브뢴스테드·로리 산 염기 정의는 H^+의 이동으로 산과 염기를 정의하여 아레니우스 정의로 설명할 수 없는 산과 염기를 설명할 수 있으므로 더 넓은 개념의 정의이다.
ㄷ. 브뢴스테드·로리 산은 H^+을 내놓는 물질이고, 브뢴스테드·로리 염기는 H^+을 받는 물질이다.

바로알기 ㄱ. 아레니우스 산 염기 정의는 수용액인 조건에서만 적용할 수 있다.

03 ㄷ. NH_4OH에는 OH^-이 존재하므로 BTB 용액을 파란색으로 변화시킨다.

바로알기 ㄱ. NH_3는 H^+을 내놓지 못하므로 아레니우스 산이 아니다.
ㄴ. H_2O은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

04 ㄱ. (가)에서 NaOH은 물에 녹아 OH^-을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.
ㄴ. (나)에서 HCl는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

바로알기 ㄷ. (다)에서 H_2O은 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

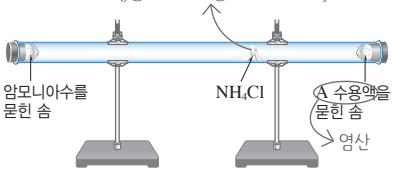
05 ④ H_2O은 CH_3NH_2에게 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

바로알기 ① H_2O은 HCN로부터 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
② H_2O은 H_2CO_3으로부터 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
③ H_2O은 NH_4^+으로부터 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
⑤ H_2O은 HCOOH으로부터 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

06 (가)에서는 H_2O이 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다. (나)에서는 HCO_3^-이 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다. (다)에서는 H_2O이 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

07 꼼꼼 문제 분석

$NH_3(g)+HCl(g)\longrightarrow NH_4Cl(s)$



ㄱ. NH_3 기체와 A 기체가 반응하여 NH_4Cl이 생성되었으므로 A는 염화 수소(HCl)이다.

바로알기 ㄴ, ㄷ. 흰색 연기가 생성될 때 HCl는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용하고, NH_3는 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.

08 짝산-짝염기는 H^+의 이동으로 산과 염기가 되는 한 쌍의 산과 염기이므로 CH_3COOH과 CH_3COO^-, H_3O^+과 H_2O은 짝산-짝염기 관계이다.

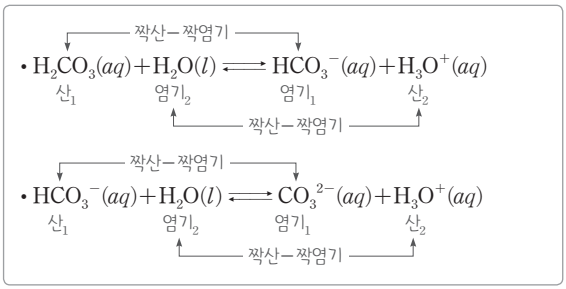
짝산-짝염기

$CH_3COOH(l)+H_2O(l)\rightleftharpoons CH_3COO^-(aq)+H_3O^+(aq)$

산$_1$ 염기$_2$ 염기$_1$ 산$_2$

짝산-짝염기

09 꼼꼼 문제 분석



① 첫 번째 반응의 정반응에서 H_2CO_3은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

② 두 번째 반응의 역반응에서 CO_3^{2-}은 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

③ 첫 번째 반응에서 $H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$이므로 HCO_3^-의 짝산은 H_2CO_3이다.

④ 두 번째 반응에서 $HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+$이므로 HCO_3^-의 짝염기는 CO_3^{2-}이다.

바로알기 ⑤ 첫 번째 반응의 역반응에서 HCO_3^-은 염기로 작용하고, 두 번째 반응의 정반응에서 HCO_3^-은 산으로 작용하므로 주어진 반응에서 HCO_3^-은 양쪽성 물질로 작용한다. 하지만 H_2O은 두 반응에서 모두 염기로만 작용하므로 양쪽성 물질로 작용하지 않는다.

10 모범답안 $H_2PO_4^-$과 H_2O, 첫 번째 반응에서 $H_2PO_4^-$은 브뢴스테드·로리 산이고, H_2O은 브뢴스테드·로리 염기이다. 두 번째 반응에서 $H_2PO_4^-$은 브뢴스테드·로리 염기이고, H_2O은 브뢴스테드·로리 산이다. 따라서 $H_2PO_4^-$과 H_2O은 양쪽성 물질이다.

채점 기준	배점
2가지 양쪽성 물질을 모두 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
1가지 양쪽성 물질만 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
2가지 양쪽성 물질만 모두 옳게 쓴 경우	30 %

11 ① 순수한 물은 자동 이온화하여 H_3O^+과 OH^-을 1 : 1로 내놓으므로 순수한 물의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 같다.

② 물의 이온화 상수(K_w)는 일정한 온도에서 그 값이 일정하므로 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 반비례 관계이다($[H_3O^+]=\frac{K_w}{[OH^-]}$). 따라서 순수한 물에 황산을 넣으면 $[H_3O^+]$는 커지고 $[OH^-]$는 작아진다.

④ 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 pH와 pOH의 합은 14이다.

⑤ 25 ℃에서 pH가 7인 수용액의 액성은 중성이다.

바로알기 ③ $pH=-\log[H_3O^+]$이므로 $[H_3O^+]$가 커질수록 pH는 작아진다.

12 ㄱ. 25 ℃의 순수한 물에서 $[OH^-]$는 1×10^{-7} M이다.

ㄷ. 산성 용액에서 $[H_3O^+]>1\times10^{-7}\,M>[OH^-]$이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-7} M보다 크다.

바로알기 ㄴ. 물의 자동 이온화 반응에서 K_w가 1×10^{-14}로, 매우 작은 것으로 보아 물은 매우 일부분만 이온화한다는 것을 알 수 있다. 따라서 생성물의 양(mol)은 반응물의 양(mol)보다 매우 적다.

13 0.01 M 염산에서 $[H_3O^+]$는 염산의 농도와 같은 0.01 M(1×10^{-2} M)이다. 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[OH^-]$는 1×10^{-12} M이다.

14 ㄱ. (가)는 산 수용액이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-7} M보다 크다.

ㄴ. (나)는 염기 수용액이므로 $[OH^-]>[H_3O^+]$이다.

ㄷ. 산 수용액인 (가)의 pH는 7보다 작고, 염기 수용액인 (나)의 pH는 7보다 크다. 따라서 pH는 (나)>(가)이다.

15 꼼꼼 문제 분석

A의 $[H_3O^+]$가 1×10^{-8} M이고, 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[OH^-]$는 1×10^{-6} M이다.

수용액	A	B	C
$[H_3O^+]$(M)	1×10^{-8}	1×10^{-3}	1×10^{-6}
$[OH^-]$(M)	1×10^{-6}	1×10^{-11}	1×10^{-8}
pH	8	3	6

C의 $[OH^-]$가 1×10^{-8} M이고, 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-6} M이다.

ㄱ. A의 $[H_3O^+]$가 1×10^{-8} M이므로 $[OH^-]$는 1×10^{-6} M이다.

ㄴ. B의 pH가 3이므로 B는 산성 용액이다.

바로알기 ㄷ. A의 $[H_3O^+]$는 1×10^{-8} M이므로 $pH=-\log(1\times10^{-8})=8$이다. C의 $[H_3O^+]$는 1×10^{-6} M이므로 $pH=-\log(1\times10^{-6})=6$이다. 따라서 A와 C의 pH는 서로 다르다.

16 NaOH 20 g, 즉 0.5몰을 물에 녹여 5 L의 NaOH 수용액을 만들었으므로 $[OH^-]=\frac{0.5\text{ mol}}{5\text{ L}}=0.1$ M이다.

25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-13} M이다. 따라서 NaOH 수용액의 pH는 13이다.

17 꼼꼼 문제 분석

구분	수용액	부피(L)	pH	$[H_3O^+]$
(가)	HCl(*aq*)	1	2	1×10^{-2} M
(나)	NaOH(*aq*)	2	12	1×10^{-12} M

ㄷ. (가)의 pH는 2이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-2} M이다. (나)의 pH는 12이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-12} M이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[OH^-]$는 1×10^{-2} M이다. 따라서 (가)의 $[H_3O^+]$와 (나)의 $[OH^-]$는 같다.

바로알기 ㄱ. (가)의 pH는 2이므로 (가)의 액성은 산성이다.

ㄴ. (나)의 $[OH^-]$는 1×10^{-2} M(0.01 M)이고, 용액의 부피는 2 L이므로 (나)에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 2 L×0.01 mol/L=0.02 mol이다.

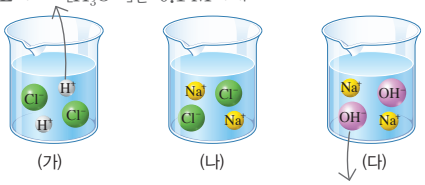
18 ㄱ. A 수용액의 pH가 13이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-13} M이다. 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[OH^-]$는 0.1 M이다. 따라서 $[OH^-]>[H_3O^+]$이다.

ㄷ. C 수용액의 pH가 7이므로 $[H_3O^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}$ M이다.

바로알기 ㄴ. B 수용액의 pH는 3이므로 산성 용액이다.

19 꼼꼼 **문제 분석**

(가)에서 H^+의 양(mol)은 0.2몰이고 용액의 부피는 2 L이므로 $[H_3O^+]$는 0.1 M이다.



(가) (나) (다)

(다)에서 OH^-의 양(mol)은 0.2몰이고 용액의 부피는 2 L이므로 $[OH^-]$는 0.1 M이다.

(가)의 $[H_3O^+]$는 0.1 M이므로 pH는 1이다. (나)는 중성 용액이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-7} M이고 pH는 7이다. (다)의 $[OH^-]$는 0.1 M이므로 pOH는 1이다. 25 °C에서 pH+pOH=14이므로 (다)의 pH는 13이다.

20 ② 우유의 pH는 6이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-6} M로, 1×10^{-7} M보다 크다.

바로알기 ① pH가 작을수록 산성이 강하므로 산성이 가장 강한 물질은 레몬 즙이다.

③ 비눗물의 pH는 10이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-10} M이다. 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[OH^-]$는 1×10^{-4} M이다.

④ $pH=-\log[H_3O^+]$이므로 pH가 클수록 $[H_3O^+]$가 작다. 하수구 세정제의 pH는 베이킹 소다 수용액의 pH보다 크므로 $[H_3O^+]$는 하수구 세정제가 베이킹 소다 수용액보다 작다.

⑤ 수용액의 pH가 1씩 작아질수록 수용액의 $[H_3O^+]$는 10배씩 커진다. 커피의 pH는 5이고, 증류수의 pH는 7이므로 커피의 $[H_3O^+]$는 증류수의 $[H_3O^+]$보다 100배 크다.

03 산 염기 중화 반응

개념 확인 문제 252쪽

❶ 중화 반응 ❷ 알짜 이온 반응식 ❸ 구경꾼 이온 ❹ 염 ❺ 수소 이온(H^+) ❻ 수산화 이온(OH^-) ❼ 중화 적정 ❽ 표준 용액 ❾ 중화점

1 (1) × (2) ○ (3) ○ **2** H_2O **3** (1) $H^+(aq)+OH^-(aq)\longrightarrow H_2O(l)$ (2) Na^+, SO_4^{2-} **4** 25 mL **5** 파란색 **6** 0.05 M

1 (1) 산의 종류에 따라 음이온이 다르고, 염기의 종류에 따라 양이온이 다르므로 중화 반응으로 생성되는 염의 종류는 반응하는 산과 염기의 종류에 따라 달라진다.

(2) 중화 반응에서 산의 H^+과 염기의 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응한다.

(3) 지시약은 용액의 pH에 따라 색이 변하므로 지시약을 사용하면 중화점을 찾을 수 있다.

2 산 염기 중화 반응에서 반응하는 산과 염기의 종류에 관계없이 항상 물이 생성되므로 두 반응에서 공통된 생성물은 H_2O이다.

3 (1) 알짜 이온 반응식은 실제 반응에 참여한 이온만으로 나타낸 화학 반응식이므로 주어진 반응 모형에서 알짜 이온 반응식은 $H^+(aq)+OH^-(aq)\longrightarrow H_2O(l)$이다.

(2) 구경꾼 이온은 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온으로, 주어진 반응 모형에서 구경꾼 이온은 Na^+과 SO_4^{2-}이다.

4 0.1 M HCl 100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.2 M $Ca(OH)_2$ 수용액의 최소 부피를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1\times0.1\text{ M}\times100\text{ mL}=2\times0.2\text{ M}\times x$, $x=25$ mL

5 0.1 M $Ba(OH)_2$ 수용액 300 mL에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 $2\times0.1\text{ mol/L}\times\frac{300\text{ mL}}{1000\text{ mL/L}}=0.06$ mol이고, 0.5 M HNO_3 100 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 $1\times0.5\text{ mol/L}\times\frac{100\text{ mL}}{1000\text{ mL/L}}=0.05$ mol이다. H^+과 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성하므로 물 0.05몰이 생성되고, OH^- 0.01몰이 남는다. 따라서 혼합 용액의 액성은 염기성이고, BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 띤다.

6 HCl 20 mL를 적정하는 데 사용한 0.1 M NaOH 수용액의 부피가 10 mL이므로 HCl의 몰 농도를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times x \times 20\ \text{mL} = 1 \times 0.1\ \text{M} \times 10\ \text{mL}$, $x = 0.05\ \text{M}$

대표 자료 분석 253쪽

자료 ① **1** $2N$ **2** N **3** $3N$ **4** (가) 염기성 (나) 산성 (다) 산성 **5** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

자료 ② **1** $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$ **2** (다) **3** (가) 파란색 (나) 파란색 (다) 초록색 (라) 노란색 **4** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ○

1-1 꼼꼼 **문제 분석**

중화 반응에서 생성된 물 분자 수는 반응한 H^+이나 OH^- 수와 같다. 따라서 혼합 전 HCl과 NaOH 수용액에 들어 있는 이온 수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)				생성된 물 분자 수(상댓값)
	HCl(aq)		NaOH(aq)		
(가)	10		40		$2N$
	H^+ $2N$	Cl^- $2N$	Na^+ $4N$	OH^- $4N$	
(나)	20		30		$3N$
	H^+ $4N$	Cl^- $4N$	Na^+ $3N$	OH^- $3N$	
(다)	30		20		$2N$
	H^+ $6N$	Cl^- $6N$	Na^+ $2N$	OH^- $2N$	

(가)는 (나)보다 반응한 NaOH 수용액의 부피가 크지만 생성된 물 분자 수가 적은 것으로 보아 (가)에서 NaOH 수용액 40 mL에 들어 있는 OH^-은 모두 반응하지 않았고, HCl 10 mL에 들어 있는 H^+만 모두 반응하였음을 알 수 있다. 중화 반응에서 생성된 물 분자 수는 반응한 H^+이나 OH^- 수와 같으므로 HCl 10 mL에 들어 있는 H^+ 수는 생성된 물 분자 수와 같은 $2N$이다.

1-2 (다)에서 HCl 30 mL에 들어 있는 H^+ 수는 $6N$인데 생성된 물 분자 수는 $2N$이므로 NaOH 수용액 20 mL에 들어 있는 OH^- 수는 생성된 물 분자 수와 같은 $2N$이다. 따라서 NaOH 수용액 10 mL에 들어 있는 OH^- 수는 N이다.

1-3 Na^+은 구경꾼 이온이므로 혼합 용액에 들어 있는 Na^+ 수는 혼합 전 NaOH 수용액에 들어 있는 Na^+ 수와 같다. NaOH 수용액 30 mL에 들어 있는 Na^+ 수가 $3N$이므로 (나)에 들어 있는 Na^+ 수는 $3N$이다.

1-4 (가)에는 OH^-이 남아 있고, (나)에는 H^+이 남아 있으며, (다)에는 H^+이 남아 있다. 따라서 (가)의 액성은 염기성, (나)의 액성은 산성, (다)의 액성은 산성이다.

1-5 (1) HCl 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 $4N$(H^+ $2N$, Cl^- $2N$)이고, NaOH 수용액 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 $2N$(Na^+ N, OH^- N)이므로 단위 부피당 전체 이온 수는 HCl이 NaOH 수용액의 2배이다.

(2) HCl 10 mL(H^+ $2N$, Cl^- $2N$)와 NaOH 수용액 40 mL(Na^+ $4N$, OH^- $4N$)를 혼합한 용액 (가)에 들어 있는 Cl^- 수는 $2N$, Na^+ 수는 $4N$, OH^- 수는 $2N$이다. 따라서 (가)에 들어 있는 전체 이온 수는 $8N$이다.

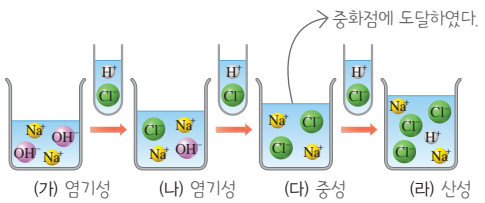
(3) HCl 20 mL(H^+ $4N$, Cl^- $4N$)와 NaOH 수용액 30 mL(Na^+ $3N$, OH^- $3N$)를 혼합한 용액 (나)에 들어 있는 H^+ 수는 N, Cl^- 수는 $4N$, Na^+ 수는 $3N$이므로 (나)에 가장 많이 들어 있는 이온은 Cl^-이다.

(4) (가)에는 반응하지 않은 OH^-이 남아 있고, (나)에는 반응하지 않은 H^+이 남아 있으므로 (가)와 (나)를 혼합하면 중화 반응이 일어난다.

(5) (가)에 들어 있는 OH^- 수는 $2N$이고, HCl 30 mL(H^+ $6N$, Cl^- $6N$)와 NaOH 수용액 20 mL(Na^+ $2N$, OH^- $2N$)를 혼합한 용액 (다)에 들어 있는 H^+ 수는 $4N$이다. 따라서 (가)와 (다)를 혼합하면 H^+이 남으므로 혼합 용액의 액성은 산성이다.

(6) (나)에 존재하는 전체 이온 수는 $8N$(H^+ N, Cl^- $4N$, Na^+ $3N$)이고, (다)에 존재하는 전체 이온 수는 $12N$(H^+ $4N$, Cl^- $6N$, Na^+ $2N$)이다. 따라서 (나) : (다) = $8N$: $12N$ = 2 : 3이다.

2-1 꼼꼼 **문제 분석**



NaOH 수용액에 HCl을 넣을 때 일어나는 반응은 중화 반응이다. 따라서 알짜 이온 반응식은 $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$이다.

②-2 중화 반응이 완결된 용액은 H^+과 OH^-이 모두 반응한 용액으로 (다)이다.

②-3 (가)와 (나)는 OH^-이 존재하므로 염기성 용액이고, (다)는 H^+과 OH^-이 모두 반응하였으므로 중성 용액이다. (라)는 H^+이 존재하므로 산성 용액이다. 따라서 각각의 용액에 BTB 용액을 떨어뜨리면 (가)와 (나)는 파란색, (다)는 초록색, (라)는 노란색을 띤다.

②-4 (1) (나)의 액성은 염기성이므로 pH는 7보다 크다.
(2) BTB 용액을 떨어뜨리면 (다)는 중성 용액이므로 초록색을 띠고, (라)는 산성 용액이므로 노란색을 띤다.
(3) 0.1 M NaOH 수용액 40 mL에 HCl 20 mL를 넣을 때 완전히 중화되므로 HCl의 몰 농도를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.
$1 \times 0.1\ M \times 40\ mL = 1 \times x \times 20\ mL$, $x = 0.2\ M$
(4) Na^+과 Cl^-은 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.
(5) (가)~(다)에서 전체 이온 수의 변화는 없지만 (가)에서 (다)로 진행될수록 용액의 부피가 증가하므로 단위 부피당 전체 이온 수가 가장 많은 것은 (가)이고, 가장 적은 것은 (다)이다.
(6) (다) 이후에는 중화 반응이 일어나지 않으므로 생성된 물 분자 수는 (다)와 (라)가 같다.
(7) Na^+은 구경꾼 이온이므로 이온 수의 변화는 없지만 (가)에서 (라)로 진행될수록 용액의 부피가 증가하므로 단위 부피당 Na^+ 수는 (라)가 가장 적다.

내신 만점 문제

254쪽~257쪽

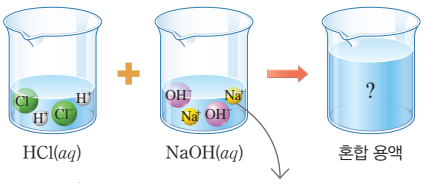
01 ㄱ, ㄷ **02** ① **03** ④ **04** ③ **05** ② **06** 해설 참조 **07** ④ **08** ⑤ **09** ③ **10** ⑤ **11** ㄱ, ㄴ **12** (가) → (다) → (나) **13** ③ **14** ⑤ **15** ④ **16** ② **17** ③ **18** ④ **19** ③

01 ㄱ. 중화 반응은 산의 H^+과 염기의 OH^-이 1 : 1의 몰비로 반응하여 물과 염을 생성하는 반응이다.
ㄷ. 염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응에서 Na^+과 Cl^-은 반응에 참여하지 않으므로 구경꾼 이온이다.
바로알기 ㄴ. 중화 반응에서 염은 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합한 물질이다.

02 ㄴ. 중화 반응에 참여하는 이온은 H^+과 OH^-이므로 알짜 이온 반응식은 $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$이다.
바로알기 ㄱ. 중화 반응에서 산의 H^+과 염기의 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성한다.
ㄷ. 반응 후 혼합 용액에는 구경꾼 이온인 Ca^{2+}과 Cl^-이 존재한다. 따라서 혼합 용액은 전기 전도성이 있다.

03 ㄴ, ㄷ. 생선 비린내(염기)를 없애기 위해 레몬 즙(산)을 뿌리거나, 위액(산)이 지나치게 분비되어 속이 쓰릴 때 제산제(염기)를 먹는 것은 중화 반응을 이용한 예이다.
바로알기 ㄱ. 바다에 녹조가 생겼을 때 황토를 뿌리면 황토가 녹조의 성분인 플랑크톤이나 조류와 흡착하여 바닥으로 가라앉으므로 녹조를 제거할 수 있는데, 이는 중화 반응을 이용한 예가 아니다.

04 꼼꼼 문제 분석



Na^+은 구경꾼 이온이므로 혼합 전후의 개수가 같다.

ㄱ. 중화 반응에서 산의 H^+과 염기의 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성하므로 혼합 용액의 액성은 중성이다.
ㄴ. HCl 100 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.2몰이고, NaOH 수용액 100 mL에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 0.2몰이므로 혼합 후 생성된 물의 양(mol)은 0.2몰이다.
바로알기 ㄷ. Na^+은 구경꾼 이온이므로 혼합 용액에 들어 있는 Na^+의 양(mol)은 NaOH 수용액에 들어 있는 Na^+의 양(mol)과 같은 0.2몰이다. 혼합 용액의 부피는 200 mL이므로 Na^+의 몰 농도는 $\frac{0.2\ mol}{200\ mL} \times \frac{1000\ mL}{1\ L} = 1\ M$이다.

05 0.1 M H_2SO_4 100 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 $2 \times 0.1\ mol/L \times \frac{100\ mL}{1000\ mL/L} = 0.02\ mol$이고, 0.2 M HCl 400 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 $1 \times 0.2\ mol/L \times \frac{400\ mL}{1000\ mL/L} = 0.08\ mol$이므로 H_2SO_4과 HCl을 혼합한 용액에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.1몰이다. 따라서 완전히 중화하는 데 필요한 OH^-의 최소 양(mol)은 0.1몰이다. 그러므로 혼합 용액을 완전히 중화하는 데 필요한 0.5 M NaOH 수용액의 최소 부피는 $\frac{0.1\ mol}{0.5\ mol/L} \times \frac{1000\ mL}{1\ L} = 200\ mL$이다.

06 모범답안

0.1 M KOH 수용액 30 mL에 들어 있는 이온은 K^+ 3개, OH^- 3개이고, KOH 수용액과 HCl의 몰 농도가 같으며, KOH 수용액의 부피가 HCl의 3배이므로 0.1 M HCl 10 mL에 들어 있는 이온은 H^+ 1개, Cl^- 1개이다. 따라서 혼합 용액에는 K^+, OH^-, Cl^-이 들어 있고, 이온 수비는 $K^+ : OH^- : Cl^- = 3 : 2 : 1$이다.

채점 기준	배점
이온의 종류와 이온 수비를 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
이온의 종류와 이온 수비만 옳게 쓴 경우	40 %

07 꼼꼼 문제 분석

HCl 5 mL에 들어 있는 H^+ 수를 N이라고 하면 혼합 전후 용액에 들어 있는 이온 수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

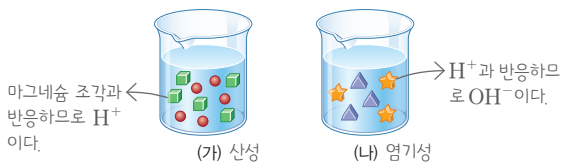
혼합 용액		(가)	(나)	(다)	(라)
혼합 전	HCl(aq)(mL)	5	10	15	20
	H^+ 수	N	$2N$	$3N$	$4N$
	Cl^- 수	N	$2N$	$3N$	$4N$
	NaOH(aq)(mL)	25	20	15	10
	Na^+ 수	$5N$	$4N$	$3N$	$2N$
	OH^- 수	$5N$	$4N$	$3N$	$2N$
혼합 후	H^+ 수	0	0	0	$2N$
	Cl^- 수	N	$2N$	$3N$	$4N$
	Na^+ 수	$5N$	$4N$	$3N$	$2N$
	OH^- 수	$4N$	$2N$	0	0
	전체 이온 수	$10N$	$8N$	$6N$	$8N$
	액성	염기성	염기성	중성	산성

ㄴ. (나)에서 혼합 전 수용액에 들어 있는 H^+ 수는 $2N$이고, OH^- 수는 $4N$이다. (라)에서 혼합 전 수용액에 들어 있는 H^+ 수는 $4N$이고, OH^- 수는 $2N$이다. 따라서 혼합 후 생성되는 물 분자 수는 $2N$으로 같다.

ㄷ. (가)~(라)에 들어 있는 전체 이온 수는 각각 $10N$, $8N$, $6N$, $8N$이므로 전체 이온 수가 가장 적은 용액은 (다)이다.

바로알기 ㄱ. pH가 가장 작은 용액은 산성 용액인 (라)이다.

08 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 실험 Ⅰ에서 (가)에 마그네슘 조각을 넣었더니 기체가 발생하였으므로 (가)는 산성 용액이다. 실험 Ⅱ에서 (가)와 (나)를 혼합하였더니 물이 생성되었으므로 (나)는 염기성 용액이다. 따라서 (나)의 pH는 7보다 크다.

ㄴ. 실험 Ⅰ에서 마그네슘 조각을 넣었을 때 수가 감소한 것으로 보아 은 마그네슘 조각과 반응하는 H^+이고, 실험 Ⅱ에서 (가)와 (나)를 혼합하였을 때 과 의 수가 감소한 것으로 보아 은 중화 반응에 참여하는 OH^-이다. 따라서 (가)의 은 산의 음이온이고, (나)의 은 염기의 양이온으로 모두 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다.

ㄷ. 산의 H^+과 염기의 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성하므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액에는 반응하지 않은 이 남아 있다. 따라서 혼합 용액의 액성은 산성이다.

09 꼼꼼 문제 분석

HNO_3 20 mL와 NaOH 수용액 40 mL를 혼합한 (나)의 pH가 7인 것으로 보아 HNO_3과 NaOH 수용액은 1 : 2의 부피비로 반응하여 완전히 중화된다. 따라서 HNO_3 20 mL에 들어 있는 H^+ 수를 N이라고 하면 NaOH 40 mL에 들어 있는 OH^- 수는 N이고, 혼합 전 용액에 들어 있는 이온 수를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)				pH
	HNO_3(aq)		NaOH(aq)		
(가)	10	H^+ $\frac{1}{2}N$	50	OH^- $\frac{5}{4}N$	㉠
(나)	20	H^+ N	40	OH^- N	7
(다)	30	H^+ $\frac{3}{2}N$	30	OH^- $\frac{3}{4}N$	㉡

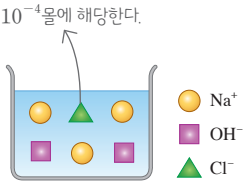
ㄱ. (가)에서 혼합 전 수용액에 들어 있는 H^+ 수는 $\frac{1}{2}N$이고, OH^- 수는 $\frac{5}{4}N$이므로 혼합 후 남아 있는 OH^- 수는 $\frac{3}{4}N$이다. 따라서 (가)의 액성은 염기성이고, pH는 7보다 크다. (다)에서 혼합 전 수용액에 들어 있는 H^+ 수는 $\frac{3}{2}N$이고, OH^- 수는 $\frac{3}{4}N$이므로 혼합 후 남아 있는 H^+ 수는 $\frac{3}{4}N$이다. 따라서 (다)의 액성은 산성이고, pH는 7보다 작다. 그러므로 ㉠ > ㉡이다.

ㄴ. HNO_3과 NaOH 수용액은 1 : 2의 부피비로 반응하므로 HNO_3과 NaOH 수용액의 농도비는 2 : 1이다. 따라서 단위 부피당 음이온 수비는 HNO_3 : NaOH 수용액 = 2 : 1이다.

바로알기 ㄷ. Na^+과 NO_3^-은 구경꾼 이온이고, (다)는 산성 용액이므로 용액 속 이온은 NO_3^-이 Na^+보다 많다.

10 꼼꼼 문제 분석

0.1 M HCl 5 mL에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)이 5×10^{-4}몰이므로 혼합 용액에 들어 있는 Cl^- 1개는 Cl^- 5×10^{-4}몰이다. → 입자 1개는 5×10^{-4}몰에 해당한다.



ㄱ. 0.1 M HCl 5 mL에 들어 있는 H^+과 Cl^-의 양(mol)은 각각 $0.1\ mol/L \times \frac{5\ mL}{1000\ mL/L} = 5 \times 10^{-4}$ mol이다. 구경꾼 이온은 반응 전후 그 수가 변하지 않으므로 혼합 용액에 들어 있는 Cl^- 1개는 Cl^- 5×10^{-4}몰이다. 즉, 혼합 용액에서 입자 1개는 5×10^{-4}몰에 해당한다. 혼합 용액에 들어 있는 Na^+이 3개이므로 Na^+의 양(mol)은 1.5×10^{-3}몰이고, 0.1 M NaOH 수용액 x mL에 들어 있는 Na^+의 양(mol)은 1.5×10^{-3}몰이다. NaOH의 양(mol)은 Na^+의 양(mol)과 같으므로 NaOH 수용액의 부피는 $\frac{1.5 \times 10^{-3}\ mol}{0.1\ mol/L} \times \frac{1000\ mL}{1\ L} = 15$ mL이다. 따라서 x는 15이다.

ㄴ. 혼합 용액은 OH^-이 존재하는 염기성 용액이므로 페놀프탈레인 용액을 넣으면 붉게 변한다.

ㄷ. 혼합 용액에는 OH^- 2개가 들어 있고, 혼합 용액에서 입자 1개는 5×10^{-4}몰이므로 혼합 용액에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 1×10^{-3}몰이다. 또, 0.1 M HCl 10 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 1×10^{-3}몰이다. 따라서 혼합 용액에 0.1 M HCl 10 mL를 넣으면 완전히 중화된다.

11 ㄱ. 중화 적정에서 농도를 알고 있는 산 수용액이나 염기 수용액을 표준 용액이라고 한다.

ㄴ. 중화 적정 실험에서 중화점에 도달하였다고 판단하여 표준 용액의 첨가를 중지하는 지점을 종말점이라고 한다. 즉, 종말점은 지시약의 색 변화로 찾아낸 중화점이다.

바로알기 ㄷ. 중화 적정에서 산의 H^+의 양(mol)과 염기의 OH^-의 양(mol)이 같아야 산과 염기가 완전히 중화된다.

12 일반적인 중화 적정 방법은 다음과 같다.

농도를 모르는 산 수용액이나 염기 수용액을 삼각 플라스크에 넣고 지시약을 1방울~2방울 떨어뜨린다. 뷰렛에 표준 용액을 넣고 삼각 플라스크에 천천히 떨어뜨린다. 지시약에 의해 삼각 플라스크 속 용액 전체의 색이 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 잠그고 적정에 사용한 표준 용액의 부피를 구한다. 따라서 (가) → (다) → (나) 순이다.

13 H_2SO_4 10 mL를 적정하는 데 사용한 0.1 M NaOH 수용액의 부피가 20 mL이므로 H_2SO_4의 몰 농도를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$2 \times x \times 10\ mL = 1 \times 0.1\ M \times 20\ mL$, $x = 0.1$ M

14 ㄱ. 식초 5 mL를 적정하는 데 사용한 0.1 M NaOH 수용액의 부피가 50 mL이므로 식초 속 CH_3COOH의 몰 농도를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times x \times 5\ mL = 1 \times 0.1\ M \times 50\ mL$, $x = 1$ M

ㄴ. 식초 속 CH_3COOH의 몰 농도가 1 M이므로 식초 5 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 양(mol)은 다음과 같다.

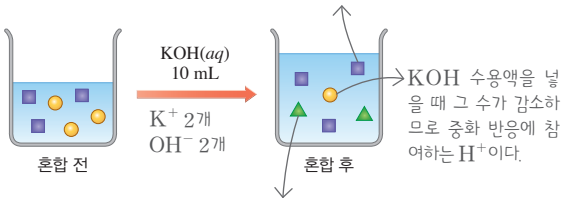
$1\ mol/L \times \frac{5\ mL}{1000\ mL/L} = 5 \times 10^{-3}\ mol$

ㄷ. 식초 5 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 양(mol)이 0.005몰이므로 식초 5 mL에 들어 있는 CH_3COOH의 질량은 $0.005\ mol \times 60\ g/mol = 0.3$ g이다. 식초의 밀도는 1 g/mL이므로 식초 5 mL의 질량은 5 mL × 1 g/mL = 5 g이다. 따라서 식초 속 CH_3COOH의 함량은 다음과 같다.

$\frac{0.3\ g}{5\ g} \times 100 = 6\ \%$

15 꼼꼼 **문제 분석**

KOH 수용액을 넣어도 그 수가 일정하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 Cl^-이다.



ㄴ. HCl 15 mL에 들어 있는 전체 이온은 6개이고, 혼합 용액에 ▲(K^+)이 2개 있으므로 KOH 수용액 10 mL에 들어 있는 이온은 K^+ 2개, OH^- 2개로 전체 4개이다. 즉, 같은 부피에 들어 있는 이온 수가 같으므로 HCl과 KOH 수용액의 몰 농도는 같다.

ㄷ. 혼합 용액은 H^+이 존재하는 산성 용액이다. 따라서 pH는 7보다 작다.

바로알기 ㄱ. 혼합 용액은 H^+이 존재하는 산성 용액이므로 OH^-은 존재하지 않는다. 따라서 KOH 수용액을 넣은 뒤 존재하는 ▲은 구경꾼 이온인 K^+이다.

16 ㄴ. 중화 반응이 완결된 용액은 H^+과 OH^-이 모두 반응한 용액이므로 (다)에서 중화 반응이 완결되었다. 따라서 0.1 M HCl 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용한 NaOH 수용액의 부피는 10 mL이다. NaOH 수용액의 몰 농도를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times 0.1\ M \times 20\ mL = 1 \times x \times 10\ mL$, $x = 0.2$ M

즉, HCl의 몰 농도는 0.1 M이고, NaOH 수용액의 몰 농도는 0.2 M이므로 단위 부피당 전체 이온 수는 NaOH 수용액이 HCl보다 많다.

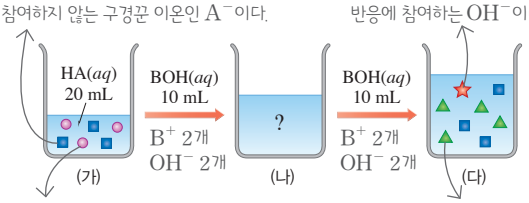
바로알기 ㄱ. (나)에는 반응하지 않은 H^+이 남아 있으므로 용액의 액성은 산성이고 pH는 7보다 작다.

ㄷ. (가)에서 (다)로 진행될수록 중화 반응이 계속 일어나므로 생성된 물 분자 수가 증가한다. (다) 이후에는 중화 반응이 일어나지 않으므로 (다) → (라)에서는 물 분자가 생성되지 않는다.

17 꼼꼼 문제 분석

(가)와 (다)에서 개수가 같다. ➡ 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 A^-이다.

(다)에 적게 존재한다. ➡ 중화 반응에 참여하는 OH^-이다.



(다)에 존재하지 않는다. ➡ 중화 반응에 참여하는 H^+이다.

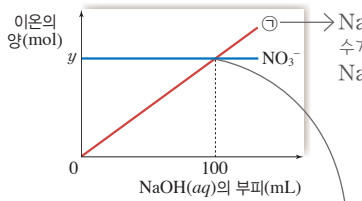
(다)에 가장 많이 존재한다. ➡ 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 B^+이다.

ㄱ. ●은 (다)에 존재하지 않으므로 중화 반응에 참여하는 H^+이다.

ㄴ. (다)에는 (가)에 있는 H^+ 3개가 없고, OH^- 1개가 있으므로 BOH 수용액 20 mL에는 OH^- 4개가 존재한다. 따라서 BOH 수용액 10 mL에는 B^+ 2개와 OH^- 2개가 존재한다. (나)는 (가)(H^+ 3개, A^- 3개)에 BOH 수용액 10 mL(B^+ 2개, OH^- 2개)를 넣어 준 것이므로 H^+ 1개, A^- 3개, B^+ 2개가 들어 있다. 즉, (나)에 들어 있는 ▲은 2개이다.

바로알기 ㄷ. (다)에는 OH^- 1개가 들어 있으므로 (다)의 액성은 염기성이다. 따라서 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 띤다.

18 꼼꼼 문제 분석



㉠ NaOH 수용액을 넣는 대로 그 수가 증가하므로 구경꾼 이온인 Na^+이다.

HNO_3에 들어 있는 H^+과 NO_3^-의 양(mol)이 같고, NaOH 수용액에 들어 있는 Na^+과 OH^-의 양(mol)이 같다. ➡ 중화 반응에서 H^+과 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 Na^+의 양(mol)과 NO_3^-의 양(mol)이 같은 지점에서 중화 반응이 완전히 일어난다.

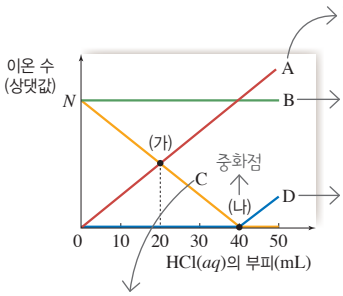
ㄴ. Na^+과 NO_3^-의 양(mol)이 같은 지점이 중화점이다. x M HNO_3 50 mL를 완전히 중화하는 데 0.1 M NaOH 수용액 100 mL가 사용되었으므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times x\,\text{M} \times 50\,\text{mL} = 1 \times 0.1\,\text{M} \times 100\,\text{mL}$, $x = 0.2$

ㄷ. y는 0.2 M HNO_3 50 mL에 들어 있는 NO_3^-의 양(mol)이다. 즉, $0.2\,\text{mol/L} \times \dfrac{50\,\text{mL}}{1000\,\text{mL/L}} = 0.01\,\text{mol}$이므로 y는 0.01이다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 NaOH 수용액을 넣는 대로 그 수가 증가하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 Na^+이다.

19 꼼꼼 문제 분석



HCl을 넣는 대로 그 수가 증가하므로 구경꾼 이온인 Cl^-이다.

이온 수가 일정하므로 구경꾼 이온인 Na^+이다.

중화점 이전에는 존재하지 않다가 중화점 이후부터 증가하므로 H^+이다.

HCl을 넣는 대로 감소하다가 중화점 이후부터 존재하지 않으므로 OH^-이다.

① A는 HCl을 넣는 대로 그 수가 증가하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 Cl^-이다. B는 HCl을 넣어도 그 수가 일정하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 Na^+이다.

② (나)는 H^+과 OH^-이 모두 반응하여 중화 반응이 완결되는 중화점이다. 0.1 M NaOH 수용액 20 mL를 완전히 중화하는 데 x M HCl 40 mL가 사용되었으므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times 0.1\,\text{M} \times 20\,\text{mL} = 1 \times x\,\text{M} \times 40\,\text{mL}$, $x = 0.05$

④ (나)(중화점)에서 생성된 물의 양(mol)은 0.1 M NaOH 수용액 20 mL에 들어 있는 OH^-의 양(mol)과 같으므로 $0.1\,\text{mol/L} \times \dfrac{20\,\text{mL}}{1000\,\text{mL/L}} = 2 \times 10^{-3}\,\text{mol}$이다.

⑤ 중화점인 (나)까지 전체 이온 수는 일정하므로 (가)와 (나)에서 용액의 전체 이온 수는 서로 같다.

바로알기 ③ (가)는 중화점에 도달하기 이전이므로 (가)에서 용액의 액성은 염기성이다. 따라서 pH는 7보다 크다.

중단원 핵심 정리

258쪽~259쪽

❶ 정반응 ❷ 역반응 ❸ 가역 반응 ❹ 비가역 반응 ❺ 증발 ❻ 응축 ❼ 용해(석출) ❽ 석출(용해) ❾ 화학 평형 ❿ 수소(H_2) ⓫ 붉은 ⓬ 산 ⓭ 염기 ⓮ 산 ⓯ 염기 ⓰ 양쪽성 물질 ⓱ 1×10^{-14} ⓲ 수소 이온 농도 지수(pH) ⓳ 작아진다 ⓴ 산성 ㉑ 염기성 ㉒ 중화 반응 ㉓ 구경꾼 이온 ㉔ 염 ㉕ 1 : 1 ㉖ 표준 용액 ㉗ 중화점 ㉘ H^+ ㉙ Na^+

중단원 마무리 문제 260쪽~264쪽

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

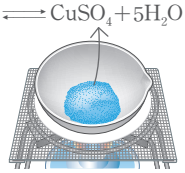
01 ㄱ. (가) 메테인의 연소, (나) 산과 염기의 중화 반응, (다) 산과 금속의 기체 발생 반응은 모두 비가역 반응이다. 따라서 역반응이 일어나기 어렵다.

바로알기 ㄴ, ㄷ. 충분한 시간이 지난 후 정반응 속도와 역반응 속도가 같은 동적 평형에 도달하는 것은 가역 반응이다.

02 꼼꼼 문제 분석

$CuSO_4 \cdot 5H_2O \rightleftarrows CuSO_4 + 5H_2O$

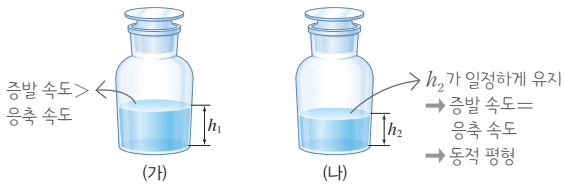
그림과 같이 증발 접시에 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$을 넣고 천천히 가열하였더니 결정이 푸른색에서 흰색으로 변했다. → $CuSO_4$가 되었다.



ㄱ. 푸른색의 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$을 가열하면 물이 떨어져 나가면서 흰색의 $CuSO_4$가 된다.

ㄴ, ㄷ. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$의 분해와 생성은 가역 반응이므로 흰색의 $CuSO_4$에 물을 넣으면 다시 푸른색의 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$이 된다.

03 꼼꼼 문제 분석



④ 용기 속에 수증기 분자가 많을수록 수증기의 응축 속도가 빠르다. 용기 속 수증기 분자는 (가)에서보다 동적 평형에 도달한 (나)에서 더 많으므로 수증기의 응축 속도는 (나)>(가)이다.

바로알기 ① (가)는 동적 평형에 도달하기 이전이므로 수증기의 응축 속도가 물의 증발 속도보다 느리다.

② (나)에서는 물의 증발과 수증기의 응축이 같은 속도로 계속 일어나고 있다.

③ 용기 속 수증기 분자 수는 (나)>(가)이다.

⑤ 일정한 온도에서 물의 증발 속도는 일정하므로 물의 증발 속도는 (가)와 (나)가 같다.

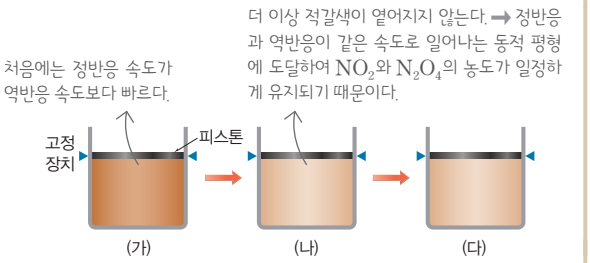
04 I_2의 상태 변화는 가역적으로 일어나므로 용기 (가)에 $I_2(s)$을 넣고 충분한 시간이 지나면 동적 평형에 도달한다.

ㄴ. 동적 평형에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다. 따라서 용기 (가)에서 $I_2(g)$의 농도는 일정하게 유지된다.

ㄷ. 꼭지를 열어 두었으므로 $I_2(g)$은 용기 (가)와 (나)에 모두 존재한다.

바로알기 ㄱ. 동적 평형에 도달한 상태이므로 용기 (가)에는 $I_2(s)$과 $I_2(g)$이 함께 존재한다.

05 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. (가)는 동적 평형에 도달하지 않은 상태이므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.

ㄴ. (나)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 반응물인 NO_2와 생성물인 N_2O_4가 함께 존재한다.

바로알기 ㄷ. (나)에서 동적 평형에 도달하였으므로 (다)에서도 동적 평형을 유지한다. 따라서 N_2O_4의 농도는 (나)와 (다)가 같다.

06 꼼꼼 문제 분석

(가) $\underset{\text{산}}{H_3PO_4}(s) + \underset{\text{염기}}{H_2O}(l) \longrightarrow H_2PO_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$

(나) $\underset{\text{산}}{H_2PO_4^-}(aq) + \underset{\text{염기}}{H_2O}(l) \longrightarrow HPO_4^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$

(다) $\underset{\text{산}}{HPO_4^{2-}}(aq) + \underset{\text{염기}}{H_2O}(l) \longrightarrow PO_4^{3-}(aq) + H_3O^+(aq)$

ㄱ. (가)에서 H_3PO_4은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄷ. (가)와 (다)에서 H_2O은 모두 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 $H_2PO_4^-$은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

07 ㄱ. (가)에서 HCl는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄴ. (나)에서 NH_3는 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

ㄷ. H_2O은 (가)에서는 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용하고, (나)에서는 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다.

08 꼼꼼 문제 분석

(가) 0.001 M 염산(HCl) ⟶ $[H_3O^+]=1\times10^{-3}$ M

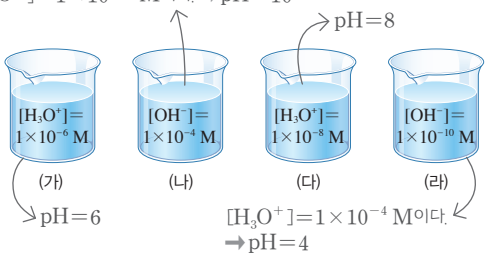
(나) pH가 4인 식초 ⟶ $-\log[H_3O^+]=4$이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-4}$ M이다.

(다) 0.01 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 ⟶ $[OH^-]=1\times10^{-2}$ M이고, 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-12}$ M이다.

(가)의 $[H_3O^+]$는 1×10^{-3} M, (나)의 $[H_3O^+]$는 1×10^{-4} M, (다)의 $[H_3O^+]$는 1×10^{-12} M이다. 따라서 수용액의 $[H_3O^+]$가 큰 순서대로 나열하면 (가)－(나)－(다) 순이다.

09 꼼꼼 문제 분석

25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]=1\times10^{-10}$ M이다. ➡ pH=10



ㄱ. (가)의 pH는 6이고, (다)의 pH는 8이므로 pH는 (다)가 (가)보다 2 크다.

바로알기 ㄴ. (나)의 pH는 10으로 7보다 크다. 따라서 (나)는 염기성 용액이다.

ㄷ. (라)의 pH는 4이다.

10

ㄱ. 0.01 M HCl의 $[H_3O^+]$는 0.01 M이다. 따라서 pH는 2이다.

ㄴ. 25 ℃에서 $[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이고, $[H_3O^+]$는 1×10^{-2} M이므로 $[OH^-]$는 1×10^{-12} M이다. 따라서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$는 1×10^{10}이다.

ㄷ. HCl에 마그네슘을 넣으면 수용액의 H^+과 마그네슘이 반응하여 H_2 기체가 발생하므로 $[H_3O^+]$가 작아진다. 따라서 pH가 커진다.

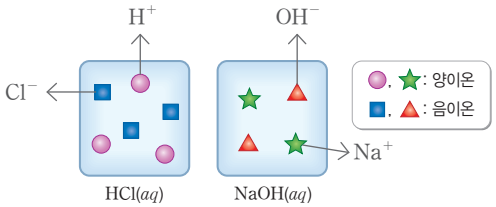
11

ㄱ. HCl, CH_3COOH, HCN는 모두 물에 녹아 H^+을 내놓으므로 아레니우스 산이다.

바로알기 ㄴ. HCl, CH_3COOH, HCN는 모두 H_2O과 반응할 때 H_2O에게 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용한다.

ㄷ. HCl, CH_3COOH, HCN는 모두 물에 녹아 H^+을 내놓으므로 수용액의 $[H_3O^+]$가 커진다. 따라서 pH가 작아진다.

12 꼼꼼 문제 분석



같은 부피에 들어 있는 이온 수비가 HCl : NaOH 수용액=3 : 2이다. ➡ HCl과 NaOH 수용액은 2 : 3의 부피비로 중화 반응한다.

HCl과 NaOH 수용액은 2 : 3의 부피비로 중화 반응하므로 HCl 20 mL와 NaOH 수용액 30 mL를 혼합하면 중화 반응이 완전히 일어난다. 따라서 혼합 용액의 액성은 중성이다.

ㄷ. ■은 HCl의 음이온인 Cl^-이고, ★은 NaOH의 양이온인 Na^+이다. 혼합 용액의 액성은 중성이므로 혼합 용액에는 구경꾼 이온인 ■과 ★만 남아 있다. 용액은 전기적으로 중성이므로 혼합 용액에 들어 있는 ■ 수와 ★ 수는 같다.

바로알기 ㄱ. 혼합 용액의 액성은 중성이므로 pH는 7이다.

ㄴ. ●은 HCl의 양이온인 H^+이다. 혼합 용액은 중성 용액이므로 용액에는 ●이 존재하지 않는다.

13 꼼꼼 문제 분석

0.1 M HCl 5 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수를 각각 N이라고 하면 0.2 M KOH 수용액 5 mL에 들어 있는 K^+ 수와 OH^- 수는 각각 $2N$이다.

혼합 용액		(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
혼합 전	HCl(*aq*)(mL)	10	15	20	25	30
	H^+ 수	$2N$	$3N$	$4N$	$5N$	$6N$
	Cl^- 수	$2N$	$3N$	$4N$	$5N$	$6N$
	KOH(*aq*)(mL)	30	25	20	15	10
	K^+ 수	$12N$	$10N$	$8N$	$6N$	$4N$
	OH^- 수	$12N$	$10N$	$8N$	$6N$	$4N$
혼합 후	H^+ 수	0	0	0	0	$2N$
	Cl^- 수	$2N$	$3N$	$4N$	$5N$	$6N$
	K^+ 수	$12N$	$10N$	$8N$	$6N$	$4N$
	OH^- 수	$10N$	$7N$	$4N$	N	0
	전체 이온 수	$24N$	$20N$	$16N$	$12N$	$12N$
	생성된 물 분자 수	$2N$	$3N$	$4N$	$5N$	$4N$
	액성	염기성	염기성	염기성	염기성	산성

ㄷ. (가)에 들어 있는 전체 이온 수는 $24N$이고, (마)에 들어 있는 전체 이온 수는 $12N$이므로 용액 속 전체 이온 수는 (가)>(마)이다.

바로알기 ㄱ. H^+과 OH^-은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성하므로 (나)에서 생성된 물 분자 수는 $3N$이고, (라)에서 생성된 물 분자 수는 $5N$이다.

ㄴ. (다)에는 반응하지 않은 OH^-이 남아 있다. 따라서 (다)의 액성은 염기성이다.

14 1가 산과 1가 염기를 혼합하면 중화 반응으로 감소하는 H^+이나 OH^-의 수만큼 같은 수의 염기의 양이온이나 산의 음이온이 증가한다. 따라서 혼합 용액에 들어 있는 전체 이온 수는 혼합 용액의 액성이 산성이라면 혼합 전 산 수용액에 들어 있는 전체 이온 수와 같고, 염기성이라면 혼합 전 염기 수용액에 들어 있는 전체 이온 수와 같으며, 중성이라면 혼합 전 산 수용액 또는 염기 수용액에 들어 있는 전체 이온 수와 같다.

- (가)의 액성이 산성인 경우: (가)의 전체 이온 수가 $2N$이므로 혼합 전 HNO_3에 들어 있는 전체 이온 수는 $2N$이다. 따라서 (나)의 혼합 전 HNO_3에 들어 있는 전체 이온 수는 $4N$이다. 이때 NaOH 수용액의 부피가 같고, HNO_3의 부피는 (나)가 (가)보다 크므로 (나)의 액성은 산성이고, (나)의 전체 이온 수는 $4N$이어야 한다. 그러나 그렇지 않으므로 (가)의 액성은 산성이 될 수 없다.
- (가)의 액성이 중성인 경우: (가)의 전체 이온 수가 $2N$이므로 혼합 전 HNO_3과 NaOH 수용액에 들어 있는 전체 이온 수는 각각 $2N$이다. 따라서 (나)의 혼합 전 HNO_3에 들어 있는 전체 이온 수는 $4N$이고, NaOH 수용액에 들어 있는 전체 이온 수는 $2N$이며, (나)에 들어 있는 전체 이온 수는 $4N$이어야 한다. 그러나 그렇지 않으므로 (가)의 액성은 중성이 될 수 없다.
- (가)의 액성이 염기성인 경우: (가)의 전체 이온 수가 $2N$이므로 혼합 전 NaOH 수용액에 들어 있는 전체 이온 수는 $2N$이다. 따라서 (나)의 혼합 전 NaOH 수용액에 들어 있는 전체 이온 수는 $2N$이다. (나)의 전체 이온 수는 $3N$이므로 (나)의 혼합 전 HNO_3에 들어 있는 전체 이온 수는 $3N$이고, (가)의 혼합 전 HNO_3에 들어 있는 전체 이온 수는 $1.5N$이다. 모든 조건을 만족하므로 (가)의 액성은 염기성이다.

혼합 용액		(가) 염기성	(나) 산성
혼합 전 용액의 부피(mL)	$HNO_3(aq)$	10	20
	$HNO_3(aq)$의 전체 이온 수	$1.5N$	$3N$
	$NaOH(aq)$	20	20
	$NaOH(aq)$의 전체 이온 수	$2N$	$2N$
전체 이온 수		$2N$	$3N$

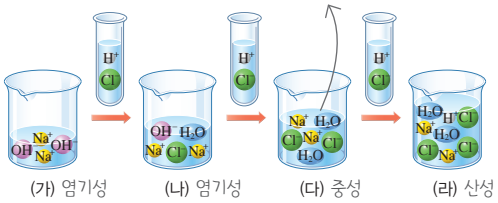
ㄷ. HNO_3 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 $1.5N$이고, NaOH 수용액 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 N이므로 단위 부피당 전체 이온 수는 HNO_3이 NaOH 수용액의 1.5배이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 액성은 염기성이다.

ㄴ. (나)에 들어 있는 전체 이온 수와 혼합 전 HNO_3에 들어 있는 전체 이온 수는 $3N$으로 같다. 따라서 (나)의 액성은 산성이다.

15 꼼꼼 문제 분석

HCl 20 mL를 넣은 (다)에서 중화 반응이 완결된다.



ㄱ. (가)와 (나)에는 OH^-이 존재하므로 염기성 용액이다. 따라서 (가)와 (나)의 pH는 7보다 크다.

바로알기 ㄴ. (다)는 중화 반응이 완결된 지점이고 이후에는 중화 반응이 더 이상 일어나지 않는다. 따라서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 (다)와 (라)가 같다.

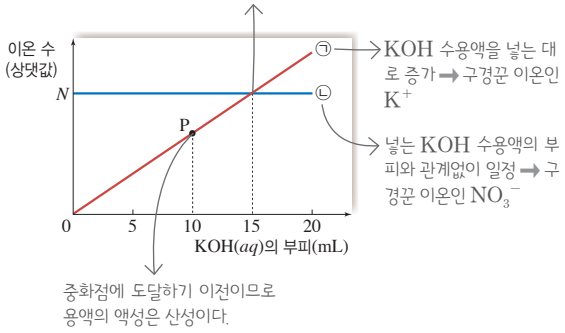
ㄷ. (다)에서 중화 반응이 완결되므로 0.1 M NaOH 수용액 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용한 HCl의 부피는 20 mL이다. HCl의 몰 농도를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times 0.1\ M \times 20\ mL = 1 \times x \times 20\ mL$, $x = 0.1\ M$

따라서 단위 부피당 전체 이온 수는 HCl과 NaOH 수용액이 같다.

16 꼼꼼 문제 분석

HNO_3에서 H^+ 수$=NO_3^-$ 수이고, KOH 수용액에서 K^+ 수$=OH^-$ 수이다. ➡ NO_3^- 수와 K^+ 수가 같은 지점이 중화점이므로 KOH 수용액 15 mL를 넣은 지점이 중화점이다.



① ㉠은 KOH 수용액을 넣는 대로 증가하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 K^+이다.

② ㉡은 넣는 KOH 수용액의 부피와 관계없이 일정하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 NO_3^-이다.

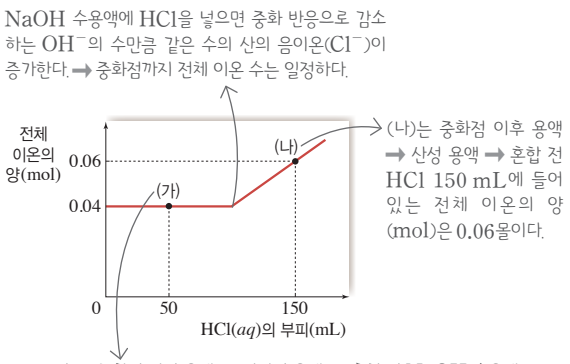
④ P는 중화점에 도달하기 이전이므로 P 용액의 액성은 산성이다. 따라서 ㉡(NO_3^-)이 가장 많이 존재한다.

⑤ HNO_3 30 mL에 KOH 수용액 15 mL를 넣을 때 완전히 중화되므로 HNO_3과 KOH 수용액의 농도비는 1 : 2이다. 따라서 단위 부피당 양이온 수비는 HNO_3 : KOH 수용액$=1$: 2이다.

바로알기 ③ P 용액은 산성 용액이므로 페놀프탈레인 용액의 색 변화가 없다. 따라서 P 용액은 무색이다.

17 꼼꼼 문제 분석

혼합 용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)은 혼합 용액의 액성이 산성이라면 혼합 전 산 수용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)과 같고, 염기성이라면 혼합 전 염기 수용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)과 같다.



ㄱ. (가)는 중화점 이전 용액이므로 염기성 용액이다.

ㄴ. 혼합 전 NaOH 수용액 100 mL에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)이 0.04몰이므로 Na^+의 양(mol)은 0.02몰이다. 혼합 전 HCl 150 mL에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)이 0.06몰이므로 Cl^-의 양(mol)은 0.03몰이다. 그러므로 50 mL에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)은 0.01몰이다. 따라서 (가)에서 $\frac{\text{Na}^+\text{의 양(mol)}}{\text{Cl}^-\text{의 양(mol)}}$은 2이다.

바로알기 ㄷ. 혼합 전 NaOH 수용액 100 mL에는 Na^+과 OH^-이 각각 0.02몰씩 들어 있고, 혼합 전 HCl 150 mL에는 H^+과 Cl^-이 각각 0.03몰씩 들어 있다. Cl^-은 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 (나)에서 Cl^-의 양(mol)은 0.03몰이고, H^+은 중화 반응에 참여하는 이온이므로 (나)에서 H^+의 양(mol)은 0.01몰이다. 따라서 (나)에서 $\frac{\text{Cl}^-\text{의 양(mol)}}{\text{H}^+\text{의 양(mol)}}$은 3이다.

18

설탕이 더 이상 녹지 않고 가라앉은 상태는 동적 평형에 도달한 상태로 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 없는 것처럼 보인다.

모범답안 일정량의 물에 설탕을 계속 넣었을 때 더 이상 녹지 않고 가라앉은 상태는 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이다. 이때 설탕을 더 넣어 주어도 설탕의 용해 속도와 석출 속도는 같으므로 수용액에 용해된 설탕의 양은 증가하지 않는다. 따라서 설탕물의 농도는 일정하게 유지된다.

채점 기준	배점
동적 평형과 관련하여 설탕물의 농도가 일정하게 유지된다고 서술한 경우	100 %
설탕물의 농도가 일정하게 유지된다고만 서술한 경우	40 %

19

모범답안 밀폐 용기에 물을 넣고 충분한 시간이 지나면 동적 평형에 도달한다. 동적 평형은 물의 증발과 수증기의 응축이 계속 같은 속도로 일어나고 있는 상태이므로 동적 평형에 도달한 이후에 ^{18}O이 포함된 수증기를 넣어도 물의 증발과 수증기의 응축이 계속 일어난다. 따라서 용기 속 수증기와 물에서 모두 ^{18}O이 포함된 물이 발견된다.

채점 기준	배점
동적 평형과 관련하여 증발과 응축이 계속 일어나고 있기 때문이라고 서술한 경우	100 %
증발과 응축이 일어나고 있기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

20

양쪽성 물질은 산으로도 작용할 수 있고 염기로도 작용할 수 있는 물질이다.

모범답안 HCO_3^-, 첫 번째 반응에서 HCO_3^-은 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용하고, 두 번째 반응에서 HCO_3^-은 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다. 즉, 주어진 반응에서 HCO_3^-은 산으로도 작용하고 염기로도 작용하므로 양쪽성 물질이다.

채점 기준	배점
양쪽성 물질로 작용하는 물질과 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
양쪽성 물질로 작용하는 물질만 옳게 쓴 경우	40 %

21

모범답안 순수한 물이 자동 이온화하면 H_3O^+과 OH^-을 1 : 1로 내놓으므로 순수한 물의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$가 같다. 따라서 순수한 물의 액성은 중성이다.

채점 기준	배점
물의 자동 이온화와 관련하여 순수한 물의 액성이 중성인 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
순수한 물의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$가 같기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

22

0.2 M HCl 40 mL와 $A(OH)_2$ 수용액 20 mL를 혼합하였을 때 H^+과 OH^-이 모두 반응한 것으로 보아 혼합 용액은 중화 반응이 완전히 일어난 용액이다.

모범답안 (1) $H^+(aq)+OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$

(2) 0.2 M, 0.2 M HCl 40 mL와 $A(OH)_2$ 수용액 20 mL를 혼합하였더니 완전히 중화되었다. $A(OH)_2$ 수용액의 몰 농도를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times 0.2\ \text{M} \times 40\ \text{mL} = 2 \times x \times 20\ \text{mL}$, $x = 0.2\ \text{M}$

채점 기준		배점
(1)	알짜 이온 반응식을 옳게 쓴 경우	40 %
	알짜 이온 반응식을 쓰지 못한 경우	0 %
(2)	중화 반응의 양적 관계를 이용하여 풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	60 %
	중화 반응의 양적 관계를 이용하여 풀이 과정을 옳게 서술하였지만 답이 틀린 경우	40 %
	답만 옳게 쓴 경우	20 %

23 모범답안 1 M, $\frac{1}{10}$로 묽힌 식초 20 mL를 적정하는 데 사용한 0.1 M NaOH 수용액의 부피가 20 mL이므로 $\frac{1}{10}$로 묽힌 식초 속 CH_3COOH의 몰 농도를 x라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times x \times 20\ mL = 1 \times 0.1\ M \times 20\ mL,\ x = 0.1\ M$

따라서 묽히기 전 식초 속 CH_3COOH의 몰 농도는 1 M이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	50 %
답만 옳게 쓴 경우	30 %

수능 실전 문제 266쪽~269쪽

1 ⑤ 2 ③ 3 ⑤ 4 ⑤ 5 ④ 6 ② 7 ⑤ 8 ②
9 ① 10 ③ 11 ② 12 ③ 13 ② 14 ① 15 ③
16 ①

1 꼼꼼 문제 분석

(가) $CaCO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2(aq)$ (가역 반응; ㉠ → 석회 동굴의 생성, ㉡ → 종유석, 석순의 생성)

(나) $HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow H_2O(l) + NaCl(aq)$ (비가역 반응)

(다) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2HI(g)$ (가역 반응)

선택지 분석

ㄱ. 석회 동굴이 생성될 때 ㉠ 반응이 일어난다.

ㄴ. (나)는 비가역적으로 일어난다.

ㄷ. 밀폐 용기에 $HI(g)$를 넣고 충분한 시간이 지나면 용기 속에 $H_2(g)$, $I_2(g)$, $HI(g)$가 함께 존재한다.

전략적 풀이 ❶ 석회 동굴의 생성 반응을 이해한다.

ㄱ. ㉠은 석회암의 주성분인 $CaCO_3$이 CO_2를 포함한 H_2O과 반응하여 $Ca(HCO_3)_2$을 생성하는 과정으로 석회 동굴의 생성 반응이다.

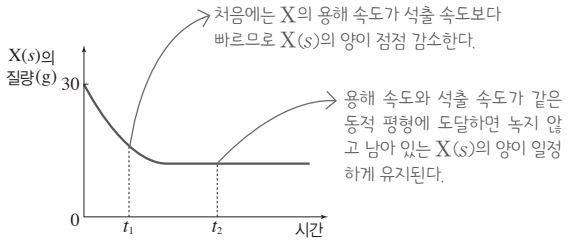
❷ 비가역 반응의 예를 안다.

ㄴ. (나)는 산과 염기의 중화 반응으로 비가역 반응이다.

❸ 동적 평형에 도달했을 때 존재하는 물질을 파악한다.

ㄷ. (다)는 가역 반응이므로 밀폐 용기에 $HI(g)$를 넣고 충분한 시간이 지나면 동적 평형에 도달하여 용기 속에 $H_2(g)$, $I_2(g)$, $HI(g)$가 함께 존재한다.

2 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. t_1에서 X의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.

ㄴ. X 수용액의 농도는 t_2에서보다 t_1에서 크다. 작다

ㄷ. X의 석출 속도는 t_1에서보다 t_2에서 빠르다.

전략적 풀이 ❶ 동적 평형에 도달하기 전 용해 속도와 석출 속도를 비교한다.

ㄱ. t_1일 때는 동적 평형에 도달하기 이전이므로 X의 용해 속도가 석출 속도보다 빠르다.

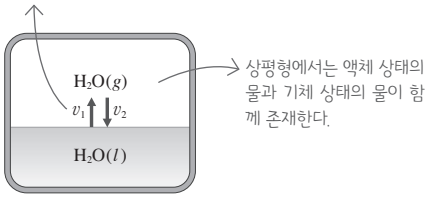
❷ 동적 평형에 도달하기 전과 도달했을 때의 수용액에 용해된 X의 양을 파악한다.

ㄴ. 수용액에 용해된 X의 양은 t_1에서보다 동적 평형에 도달한 t_2에서 많다. 물은 100 g으로 일정하므로 X 수용액의 농도는 t_2에서보다 t_1에서 작다.

ㄷ. 수용액에 용해된 X의 양이 많을수록 석출 속도가 빠르므로 X의 석출 속도는 t_1에서보다 t_2에서 빠르다.

3 꼼꼼 문제 분석

상평형은 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태이다. ➡ $v_1 = v_2$



선택지 분석

ㄱ. $v_1 = v_2$이다.

ㄴ. 용기 속 물은 2가지 상태가 함께 존재한다.

ㄷ. 용기 속 수증기의 밀도는 일정하게 유지된다.

전략적 풀이 ❶ 상평형에서 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도를 비교한다.

ㄱ. 상평형은 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같아서 겉보기에는 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태이다. 따라서 $v_1 = v_2$이다.

❷ 상평형에서 용기 속에 존재하는 물질의 종류와 밀도 변화를 이해한다.

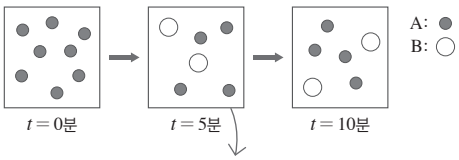
ㄴ. 상평형에서는 물의 증발과 수증기의 응축이 같은 속도로 일어나고 있으므로 용기 속에는 액체 상태의 물과 기체 상태의 물이 함께 존재한다.

ㄷ. 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같으므로 용기 속 물의 양과 수증기의 양은 일정하고, 용기의 부피 변화가 없으므로 용기 속 수증기의 밀도는 일정하게 유지된다.

4 꼼꼼 문제 분석

$aA(g) \rightleftarrows bB(g)$

0분~5분 사이에 A 4개가 반응하여 B 2개가 생성된다. ➡ 분자 수비는 A : B=2 : 1이다. ➡ 화학 반응식의 계수비는 $a : b=2 : 1$이다.



5분 이후 용기 속 A와 B의 수가 일정하게 유지된다. ➡ 동적 평형에 도달하였다.

선택지 분석

ㄱ. $\frac{a}{b}$는 2이다.

ㄴ. 반응 시간이 5분일 때 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

ㄷ. 반응 시간이 20분일 때 용기 속 $\frac{[A]}{[B]}$는 2이다.

전략적 풀이 ❶ 화학 반응에서 분자 수비와 계수비 사이의 관계를 이해한다.

ㄱ. 0분~5분 사이에 A 4개가 반응하여 B 2개가 생성되므로 A와 B의 분자 수비는 2 : 1이다. 화학 반응식에서 분자 수비는 화학 반응식의 계수비와 같으므로 화학 반응식의 계수비는 $a : b=2 : 1$이다. 따라서 $aA(g) \rightleftarrows bB(g)$에서 a는 2이고, b는 1이며, $\frac{a}{b}$는 2이다.

❷ 동적 평형에 도달했을 때의 특징을 이해한다.

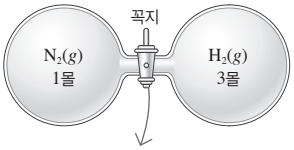
ㄴ. 5분 이후 A와 B의 수가 일정하게 유지되는 것으로 보아 동적 평형에 도달하였음을 알 수 있다. 동적 평형에서 정반응 속도와 역반응 속도는 같으므로 반응 시간이 5분일 때 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

ㄷ. 반응 시간이 20분일 때에도 동적 평형 상태이므로 용기 속 A 입자와 B 입자 수비는 2 : 1이다. 용기의 부피는 일정하므로 $\frac{[A]}{[B]}$는 2이다.

5 꼼꼼 문제 분석

N_2와 H_2는 1 : 3의 몰비로 반응한다.

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



반응 전 용기에 들어 있는 N_2와 H_2의 몰비는 1 : 3이다.

선택지 분석

ㄱ. 용기에 들어 있는 NH_3의 양(mol)은 2몰이다. 2몰보다 적다

ㄴ. N_2의 농도가 일정하게 유지된다.

ㄷ. 용기 속 $\frac{[H_2]}{[N_2]}$는 3이다.

전략적 풀이 ❶ 가역적으로 일어나는 화학 반응이 동적 평형에 도달했을 때 생성물의 양(mol)을 파악한다.

ㄱ. $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftarrows 2NH_3(g)$에서 N_2, H_2, NH_3의 계수비가 1 : 3 : 2이므로 N_2와 H_2가 1 : 3의 몰비로 반응하여 NH_3를 2몰비로 생성한다. 그러나 주어진 반응은 가역 반응이므로 충분한 시간이 지나면 동적 평형에 도달하여 NH_3가 N_2와 H_2로 되는 역반응도 같은 속도로 일어난다. 반응 전 용기에 들어 있는 N_2는 1몰이고, H_2는 3몰이므로 동적 평형에서 용기에 들어 있는 NH_3의 양(mol)은 2몰보다 적다.

❷ 동적 평형에 도달했을 때의 특징을 이해한다.

ㄴ. 동적 평형에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나므로 반응물인 N_2의 농도가 일정하게 유지된다.

ㄷ. 반응 전 용기에 들어 있는 N_2와 H_2의 몰비가 1 : 3이고, 화학 반응이 일어날 때 N_2와 H_2가 1 : 3의 몰비로 반응하므로 동적 평형에 도달했을 때 용기 속 $[N_2]$와 $[H_2]$의 비는 1 : 3이다. 따라서 동적 평형에서 $\frac{[H_2]}{[N_2]}$는 3이다.

6 꼼꼼 문제 분석

온도(℃)	10	25	40
K_w	0.3×10^{-14}	1×10^{-14}	2.9×10^{-14}

$K_w=[H_3O^+][OH^-]$가 25 ℃에서보다 40 ℃에서 크므로 $[H_3O^+]$는 25 ℃에서보다 40 ℃에서 크다.

선택지 분석

ㄱ. 10 ℃에서 순수한 물의 액성은 산성이다. 중성

ㄴ. 40 ℃에서 순수한 물의 액성은 염기성이다. 중성

ㄷ. 순수한 물의 pH는 40 ℃에서보다 25 ℃에서 크다.

전략적 풀이 ❶ 물의 자동 이온화 반응을 이해한다.

ㄱ, ㄴ. 온도와 관계없이 순수한 물이 자동 이온화하면 H_3O^+과 OH^-을 1 : 1로 내놓는다. 따라서 10 ℃나 40 ℃에서도 순수한 물의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 같으므로 용액의 액성은 중성이다.

❷ $K_w=[H_3O^+][OH^-]$와 $pH=-\log[H_3O^+]$를 이용하여 40 ℃에서 순수한 물의 pH를 추론한다.

ㄷ. 25 ℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=1\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-7} M이고, $pH=-\log[H_3O^+]$이므로 25 ℃에서 순수한 물의 pH는 7이다. 40 ℃에서 $K_w=[H_3O^+][OH^-]=2.9\times10^{-14}$이므로 $[H_3O^+]$는 1×10^{-7} M보다 크고, $pH=-\log[H_3O^+]$이므로 40 ℃에서 순수한 물의 pH는 7보다 작다. 따라서 순수한 물의 pH는 40 ℃에서보다 25 ℃에서 크다.

7 꼼꼼 문제 분석

(가) $HCN(l)+H_2O(l)\longrightarrow CN^-(aq)+H_3O^+(aq)$
산 염기

(나) $(CH_3)_3N(aq)+HCl(aq)\longrightarrow (CH_3)_3NH^+(aq)+Cl^-(aq)$
염기 산

(다) $HF(aq)+HCO_3^-(aq)\longrightarrow F^-(aq)+H_2CO_3(aq)$
산 염기

전략적 풀이 브뢴스테드·로리 산 염기 정의를 알고, 주어진 반응에서 브뢴스테드·로리 염기로 작용한 물질을 찾는다.

브뢴스테드·로리 산 염기 정의에서 산은 다른 물질에게 H^+을 내놓는 물질이고, 염기는 다른 물질로부터 H^+을 받는 물질이다. (가)에서는 H_2O이 HCN로부터 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다. (나)에서는 $(CH_3)_3N$이 HCl로부터 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다. (다)에서는 HCO_3^-이 HF로부터 H^+을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

8 꼼꼼 문제 분석

- (가) $+H_2O(l)\longrightarrow NH_4OH(aq)$
  (가) → $NH_3(g)$
- $NH_3(g)+$ (나) $\longrightarrow NH_4Cl(s)$
  (나) → $HCl(g)$
- $(CH_3)_2NH(g)+$ (다) $\longrightarrow (CH_3)_2NH_2^+(aq)+OH^-(aq)$
  (다) → $H_2O(l)$

선택지 분석

✗ ㄱ. (가)는 아레니우스 염기이다.
○ ㄴ. (나)는 브뢴스테드·로리 산이다.
✗ ㄷ. (다)는 브뢴스테드·로리 염기이다. 산

전략적 풀이 ❶ (가)~(다)가 어떤 물질인지 파악한다.

(가)는 $NH_3(g)$, (나)는 $HCl(g)$, (다)는 $H_2O(l)$이다.

❷ 아레니우스 산 염기 정의를 알고, 주어진 반응에서 해당 물질이 아레니우스 염기로 작용하는지 확인한다.

ㄱ. (가)는 NH_3로 분자 자체에서 OH^-을 내놓지 못하므로 아레니우스 염기가 아니다.

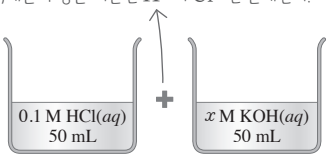
❸ 브뢴스테드·로리 산 염기 정의를 알고, 주어진 반응에서 해당 물질이 브뢴스테드·로리 산이나 염기로 작용하는지 확인한다.

ㄴ. (나)는 HCl로 NH_3에게 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄷ. (다)는 H_2O로 $(CH_3)_2NH$에게 H^+을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

9 꼼꼼 문제 분석

0.1 M HCl 50 mL와 x M KOH 수용액 50 mL를 혼합하였더니 완전히 중화되었다. ➡ 혼합 용액에는 구경꾼 이온인 K^+과 Cl^-만 존재한다.



선택지 분석

○ ㄱ. x는 0.1이다.
✗ ㄴ. 혼합 용액 속 Cl^-의 몰 농도는 0.1 M이다. 0.05
✗ ㄷ. 혼합 용액에 BTB 용액을 떨어뜨리면 노란색을 띤다. 초록색

전략적 풀이 ❶ 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 KOH 수용액의 몰 농도를 구한다.

ㄱ. 0.1 M HCl 50 mL와 x M KOH 수용액 50 mL를 혼합하였을 때 완전히 중화되었으므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1\times0.1\text{ M}\times50\text{ mL}=1\times x\text{ M}\times50\text{ mL}$, $x=0.1$

❷ 혼합 용액에 들어 있는 구경꾼 이온 수를 파악한다.

ㄴ. Cl^-은 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 혼합 전과 후의 양(mol)이 같다. 0.1 M HCl 50 mL에 들어 있는 Cl^- 양(mol)이 $0.1\text{ mol/L}\times\frac{50\text{ mL}}{1000\text{ mL/L}}=0.005\text{ mol}$이므로 혼합 용액에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)은 0.005몰이다. 혼합 용액의 부피는 100 mL이므로 혼합 용액 속 Cl^-의 몰 농도는 $\frac{0.005\text{ mol}}{100\text{ mL}}\times\frac{1000\text{ mL}}{1\text{ L}}=0.05\text{ M}$이다.

❸ 용액의 액성에 따른 BTB 용액의 색 변화를 안다.

ㄷ. 혼합 용액은 중화 반응이 완전히 일어난 중성 용액이다. 따라서 혼합 용액에 BTB 용액을 떨어뜨리면 초록색을 띤다.

10 꼼꼼 문제 분석

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HCl(*aq*)	10	10
		H^+ $2N$ / Cl^- $2N$	H^+ $2N$ / Cl^- $2N$
	NaOH(*aq*)	5	0
		Na^+ N / OH^- N	
	KOH(*aq*)	0	30
			K^+ $6N$ / OH^- $6N$
혼합 용액의 이온 수비		H^+, Na^+, ㉠ Cl^-	K^+, OH^-, ㉠ Cl^-
생성된 물 분자 수		N	$2N$

선택지 분석

ㄱ. ㉠은 Cl^-이다.

ㄴ. (나)의 액성은 산성이다. 염기성

ㄷ. $\frac{\text{(나)에서 생성된 물 분자 수}}{\text{(가)에서 생성된 물 분자 수}}$는 2이다.

전략적 풀이 ❶ (가)의 액성과 혼합 용액의 이온 수비로부터 각 이온을 파악한다.

ㄱ. (가)는 산성 용액이므로 H^+, Cl^-, Na^+이 존재하고, (가)에 가장 많이 존재하는 이온은 구경꾼 이온인 Cl^-이다. 따라서 ㉠은 Cl^-이다.

❷ 혼합 용액의 이온 수비로부터 (나)의 액성을 파악한다.

ㄴ. (가)에서 Cl^- 수를 $2N$이라고 하면 H^+과 Na^+ 수는 각각 N이다. (가)와 (나)에서 HCl의 부피가 같으므로 용액 속 Cl^-(㉠) 수는 $2N$으로 같다. (나)에서 Cl^- 수가 $2N$이므로 나머지 이온 수는 $6N$ 또는 $4N$이다. 이온 수가 $6N$ 또는 $4N$인 이온은 Cl^- 수($2N$)보다 많으므로 H^+이 될 수 없고 K^+ 또는 OH^-이다. 따라서 이온 수가 $6N$인 이온은 구경꾼 이온인 K^+이고, 이온 수가 $4N$인 이온은 OH^-이다. 즉, (나)에 OH^-이 존재하므로 (나)의 액성은 염기성이다.

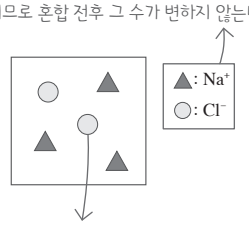
❸ 혼합 전 용액에 존재하는 이온 수를 확인한다.

ㄷ. (가)에 존재하는 Cl^- 수는 $2N$, H^+ 수는 N, Na^+ 수는 N이므로 HCl 10 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 $2N$이고, NaOH 수용액 5 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 N이다. 따라서 (가)에서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 N이다. (나)에 존재하는 Cl^- 수는 $2N$, K^+ 수는 $6N$, OH^- 수는 $4N$이므로 HCl 10 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 $2N$이고, KOH 수용액 30 mL에 들어 있는 K^+ 수와 OH^- 수는 각각 $6N$이다. 따라서 (나)에서 중화 반응으로 생성된 물 분자 수는 $2N$이다.

그러므로 $\frac{\text{(나)에서 생성된 물 분자 수}}{\text{(가)에서 생성된 물 분자 수}} = \frac{2N}{N} = 2$이다.

11 꼼꼼 문제 분석

Na^+과 Cl^-은 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 혼합 전후 그 수가 변하지 않는다.



0.1 M HCl 20 mL에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)이 2×10^{-3}몰이므로 혼합 용액에 들어 있는 Cl^- 2개는 2×10^{-3}몰이다. ➡ 입자 1개는 1×10^{-3}몰에 해당한다.

선택지 분석

ㄱ. 혼합 용액의 액성은 중성이다. 염기성

ㄴ. x는 0.2이다. 0.1

ㄷ. 생성된 물의 양(mol)은 2×10^{-3}몰이다.

전략적 풀이 ❶ 혼합 용액에 들어 있는 구경꾼 이온 수로부터 혼합 전 각 용액에 들어 있는 이온 수를 파악하고, 혼합 용액의 액성을 확인한다.

ㄱ. 구경꾼 이온은 중화 반응에 참여하지 않으므로 혼합 전후 그 수가 변하지 않는다. 혼합 용액에 Na^+ 3개와 Cl^- 2개가 들어 있으므로 혼합 전 0.1 M HCl 20 mL에는 Cl^- 2개와 H^+ 2개가 들어 있음을 알 수 있다. 마찬가지로 혼합 전 x M NaOH 수용액 30 mL에는 Na^+ 3개와 OH^- 3개가 들어 있음을 알 수 있다. 따라서 혼합 용액에는 반응하지 않은 OH^- 1개가 들어 있고, 혼합 용액의 액성은 염기성이다.

❷ 0.1 M HCl 20 mL에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)으로부터 이온 모형에서 입자 1개가 의미하는 양(mol)을 파악한다.

ㄴ. 0.1 M HCl 20 mL에 들어 있는 Cl^-의 양(mol)은 $0.1\ \text{mol/L}\times\frac{20\ \text{mL}}{1000\ \text{mL/L}} = 2\times10^{-3}$ mol이다. 구경꾼 이온은 반응 전후 그 수가 변하지 않으므로 혼합 용액에 들어 있는 Cl^- 2개는 2×10^{-3}몰이다. 즉, 입자 1개는 1×10^{-3}몰에 해당한다. 혼합 용액에 Na^+ 3개가 들어 있으므로 x M NaOH 수용액 30 mL에 들어 있는 Na^+의 양(mol)은 3×10^{-3}몰이고, NaOH의 양(mol)은 3×10^{-3}몰이다. 따라서 NaOH 수용액의 몰 농도는 $\frac{3\times10^{-3}\ \text{mol}}{30\ \text{mL}}\times\frac{1000\ \text{mL}}{1\ \text{L}} = 0.1$ M이다. 즉, $x=0.1$이다.

❸ 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 반응한 H^+이나 OH^-의 양(mol)과 같다는 것을 이용한다.

ㄷ. 혼합 용액이 염기성 용액이므로 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 반응한 H^+의 양(mol)과 같다. 즉, 0.1 M HCl 20 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)과 같으므로 중화 반응으로 생성된 물의 양은 2×10^{-3}몰이다.

12 꼼꼼 문제 분석

(가)는 염기성 용액이므로 혼합 용액에 존재하는 양이온은 Na^+뿐이다. ➡ NaOH 수용액 100 mL에 들어 있는 Na^+의 양(mol)은 0.05몰이다.

혼합 용액		(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HCl(*aq*)	20	80
	H^+의 양(mol)	0.03	0.12
	Cl^-의 양(mol)	0.03	0.12
	NaOH(*aq*)	100	40
	Na^+의 양(mol)	0.05	0.02
	OH^-의 양(mol)	0.05	0.02
혼합 용액 속 양이온의 양(mol)		0.05	0.12
혼합 용액의 액성		염기성	산성

(나)는 산성 용액이므로 혼합 용액에 존재하는 양이온은 Na^+과 H^+이다. ➡ NaOH 수용액 40 mL에 들어 있는 Na^+의 양(mol)이 0.02몰이므로 (나)에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.1몰이다. ➡ HCl 80 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.12몰이다.

선택지 분석

ㄱ. $\frac{x}{y}$는 3이다.

ㄴ. (나)를 완전히 중화하려면 y M NaOH 수용액 200 mL가 필요하다.

ㄷ. (가)와 (나)를 혼합한 용액의 액성은 염기성이다. 산성

전략적 풀이 ❶ 혼합 용액의 액성과 혼합 용액 속 양이온의 양(mol)으로부터 혼합 전 용액에 들어 있는 이온의 양(mol)을 파악한다.

ㄱ. (가)는 염기성 용액이므로 혼합 용액에 존재하는 양이온은 구경꾼 이온인 Na^+뿐이고, 혼합 용액 속 양이온의 양(mol)이 0.05몰이므로 NaOH 수용액 100 mL에 들어 있는 Na^+의 양(mol)은 0.05몰이다. 따라서 (나)에서 NaOH 수용액 40 mL에 들어 있는 Na^+의 양(mol)은 0.02몰이다. (나)는 산성 용액이므로 혼합 용액에 존재하는 양이온은 Na^+과 H^+이고, 혼합 용액 속 양이온의 양(mol)이 0.12몰이므로 (나)에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.1몰이다. 이로부터 HCl 80 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)이 0.12몰임을 알 수 있다. 따라서 HCl 80 mL에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 0.12몰이고, HCl의 몰 농도는 $\frac{0.12\text{ mol}}{80\text{ mL}} \times \frac{1000\text{ mL}}{1\text{ L}} = 1.5\text{ M}$이다.

NaOH 수용액 40 mL에 들어 있는 Na^+의 양(mol)이 0.02몰이므로 NaOH 수용액 40 mL에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 0.02몰이다. 따라서 NaOH 수용액의 몰 농도는 $\frac{0.02\text{ mol}}{40\text{ mL}} \times \frac{1000\text{ mL}}{1\text{ L}} = 0.5\text{ M}$이다.

그러므로 $\frac{x}{y} = \frac{1.5}{0.5} = 3$이다.

❷ 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 중화 반응에 필요한 용액의 부피를 구한다.

ㄴ. (나)에 들어 있는 H^+의 양(mol)이 0.1몰이므로 완전히 중화하려면 OH^- 0.1몰이 필요하다. 따라서 (나)를 완전히 중화하기 위해 필요한 0.5 M NaOH 수용액의 부피는 다음과 같다.

$\frac{0.1\text{ mol}}{0.5\text{ mol/L}} \times \frac{1000\text{ mL}}{1\text{ L}} = 200\text{ mL}$

❸ 혼합 전 각 용액에 들어 있는 이온의 양(mol)으로부터 (가)와 (나)에 존재하는 OH^-이나 H^+의 양(mol)을 파악한 후 (가)와 (나)를 혼합한 용액의 액성을 생각해 본다.

ㄷ. HCl 20 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.03몰이고, NaOH 수용액 100 mL에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 0.05몰이므로 (가)에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 0.02몰이다. HCl 80 mL에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.12몰이고, NaOH 수용액 40 mL에 들어 있는 OH^-의 양(mol)은 0.02몰이므로 (나)에 들어 있는 H^+의 양(mol)은 0.1몰이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합하면 H^+ 0.08몰이 남으므로 혼합 용액의 액성은 산성이다.

13 꼼꼼 문제 분석

(가)에서 0.1 M HCl 100 mL를 완전히 중화하는 데 사용한 x M NaOH 수용액의 부피는 50 mL이다.
➡ $1 \times 0.1\text{ M} \times 100\text{ mL} = 1 \times x\text{ M} \times 50\text{ mL}$, $x = 0.2$

혼합 용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HCl(*aq*)	100	100	100
	NaOH(*aq*)	50	0	$V = 25$
	KOH(*aq*)	0	20	10

(나)에서 0.1 M HCl 100 mL를 완전히 중화하는 데 사용한 y M KOH 수용액의 부피는 20 mL이다.
➡ $1 \times 0.1\text{ M} \times 100\text{ mL} = 1 \times y\text{ M} \times 20\text{ mL}$, $y = 0.5$

전략적 풀이 ❶ 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 각 수용액의 몰 농도를 구한다.

(가)에서 0.1 M HCl 100 mL를 완전히 중화하는 데 x M NaOH 수용액 50 mL가 사용되었으므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1 \times 0.1\text{ M} \times 100\text{ mL} = 1 \times x\text{ M} \times 50\text{ mL}$, $x = 0.2$

(나)에서 0.1 M HCl 100 mL를 완전히 중화하는 데 y M KOH 수용액 20 mL가 사용되었으므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

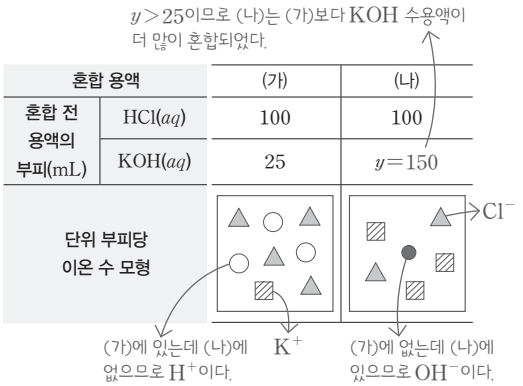
$1 \times 0.1\text{ M} \times 100\text{ mL} = 1 \times y\text{ M} \times 20\text{ mL}$, $y = 0.5$

❷ (다)가 완전히 중화되기 위해 필요한 NaOH 수용액의 부피를 구한다.

(다)에서 0.1 M HCl 100 mL를 완전히 중화하는 데 0.2 M NaOH 수용액 V mL와 0.5 M KOH 수용액 10 mL가 사용되었으므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$1\times0.1\,\mathrm{M}\times100\,\mathrm{mL}$
$=1\times0.2\,\mathrm{M}\times V\,\mathrm{mL}+1\times0.5\,\mathrm{M}\times10\,\mathrm{mL}$, $V=25$
따라서 $\frac{x}{y}\times V=\frac{0.2}{0.5}\times25=10$이다.

14 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. △은 Cl^-이다.
ㄴ. x는 0.2이다. 0.1
ㄷ. y는 75이다. 150

전략적 풀이 ❶ 혼합 전 용액의 부피로부터 혼합 용액에 존재하는 이온을 파악한다.

ㄱ. (가)와 (나)에서 사용한 HCl의 부피가 같고 $y>25$이므로 (가)에 없는데 (나)에 있는 ●은 OH^-이고, (가)에 있는데 (나)에 없는 ○은 H^+이다. 수용액은 전기적으로 중성이므로 수용액에서 이온 전하의 전체 양은 0이 되어야 한다. 따라서 △은 Cl^-이고, ▨은 K^+이다.

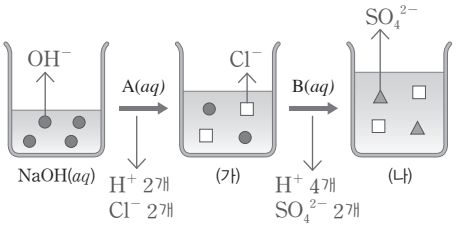
❷ (가)에 존재하는 구경꾼 이온 수비와 혼합 전 용액의 부피비로부터 실험에 사용한 KOH 수용액의 몰 농도를 구한다.

ㄴ. (가)에 들어 있는 Cl^-과 K^+의 이온 수비가 4 : 1이므로 혼합 전 HCl과 KOH 수용액에 들어 있는 Cl^-과 K^+의 이온 수비는 4 : 1이고, HCl와 KOH의 몰비는 4 : 1이다. 또, 혼합 전 HCl과 KOH 수용액의 부피비가 4 : 1이므로 HCl과 KOH 수용액의 몰 농도는 0.1 M로 같다. 따라서 $x=0.1$이다.

❸ (가)와 (나)에서 사용한 HCl의 부피가 같으면 (가)와 (나)에 들어 있는 구경꾼 이온인 Cl^- 수도 같다는 사실로부터 (나)의 혼합 전 NaOH 수용액의 부피를 계산한다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 사용한 HCl의 부피가 같으므로 (가)와 (나)에 들어 있는 Cl^- 수도 같다. 단위 부피당 들어 있는 Cl^- 수는 (가)에서 4개, (나)에서 2개이므로 (나)의 부피는 (가)의 2배이다. (가)의 부피가 125 mL이므로 (나)의 부피는 250 mL이고, y는 150이다.

15 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. ▲은 SO_4^{2-}이다.
ㄴ. (나)의 액성은 염기성이다. 산성
ㄷ. 용액 속 전체 이온 수는 (나)>(가)이다.

전략적 풀이 ❶ 구경꾼 이온은 반응 전후 이온 수 변화가 없다는 사실을 바탕으로 각 용액 속 모형이 어떤 이온인지 파악한다.

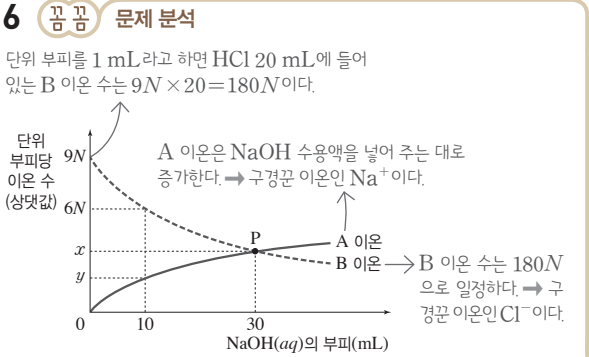
ㄱ. NaOH 수용액에 들어 있는 ●은 OH^-이고, NaOH 수용액에 A 수용액을 넣을 때 새롭게 생성된 □은 Cl^- 또는 SO_4^{2-}이다. OH^- 2개가 줄어들 때 □ 2개가 생성되었으므로 A 수용액에 들어 있는 이온은 H^+ 2개, □ 2개이다. 따라서 □은 Cl^-이고, A 수용액은 HCl이다. 그러므로 B 수용액은 H_2SO_4이고, B 수용액을 넣었을 때 새롭게 생성된 ▲은 SO_4^{2-}이다.

❷ 혼합 전 수용액에 들어 있는 이온 수를 파악하고, 혼합 용액에 들어 있는 이온 수를 생각해 본다.

ㄴ. NaOH 수용액에는 Na^+과 OH^-이 각각 4개씩 들어 있고, A 수용액에는 H^+과 Cl^-이 각각 2개씩 들어 있으며, B 수용액에는 H^+ 4개와 SO_4^{2-} 2개가 들어 있다. 따라서 (가)에는 Na^+ 4개, OH^- 2개, Cl^- 2개가 들어 있고, (나)에는 Na^+ 4개, Cl^- 2개, H^+ 2개, SO_4^{2-} 2개가 들어 있다. (나)에는 H^+이 존재하므로 (나)의 액성은 산성이다.

ㄷ. (가)에는 Na^+ 4개, OH^- 2개, Cl^- 2개가 들어 있으므로 전체 8개의 이온이 존재하고, (나)에는 Na^+ 4개, Cl^- 2개, H^+ 2개, SO_4^{2-} 2개가 들어 있으므로 전체 10개의 이온이 존재한다. 따라서 용액 속 전체 이온 수는 (나)>(가)이다.

16 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

㉠ B 이온은 Cl^-이다.

ㄴ. $\frac{x}{y}$는 1.5이다. $\frac{9}{5}$

ㄷ. P에서 단위 부피당 양이온 수는 $3N$이다. $\frac{180N}{50}=\frac{18}{5}N$

전략적 풀이 ❶ 단위 부피당 이온 수를 바탕으로 혼합 용액의 전체 부피에서 이온 수 변화를 파악하여 B 이온이 어떤 이온인지 생각해 본다.

ㄱ. 단위 부피를 1 mL라고 하면 HCl 1 mL에 들어 있는 B 이온 수는 $9N$이고, HCl 20 mL에 들어 있는 B 이온 수는 $9N\times20=180N$이다. NaOH 수용액 10 mL를 넣었을 때 혼합 용액의 부피는 30 mL이고, 단위 부피당 B 이온 수는 $6N$이므로 혼합 용액에 들어 있는 B 이온 수는 $6N\times30=180N$이다. 즉, 넣어 주는 NaOH 수용액의 부피와 관계없이 그 수가 일정하므로 B 이온은 구경꾼 이온인 Cl^-이다.

❷ 혼합 용액에 들어 있는 이온 수와 혼합 용액의 부피를 이용하여 단위 부피당 이온 수를 계산한다.

ㄴ. B 이온 수는 $180N$으로 일정하므로 P에서 B 이온 수는 $180N$이고 혼합 용액의 부피가 50 mL이므로 단위 부피당 B 이온 수 x는 $\frac{180N}{50}=\frac{18}{5}N$이다.

A 이온은 NaOH 수용액을 넣어 주는 대로 증가하므로 구경꾼 이온인 Na^+이다. A 이온(Na^+) 수와 B 이온(Cl^-) 수가 같은 지점에서 중화 반응이 완결되므로 P(HCl 20 mL, NaOH 수용액 30 mL)가 중화점이다. P에서 B 이온(Cl^-) 수가 $180N$이므로 HCl 20 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수는 각각 $180N$이다. NaOH 수용액 30 mL를 넣었을 때 중화 반응이 완결되므로 NaOH 수용액 30 mL에 들어 있는 Na^+ 수와 OH^- 수는 각각 $180N$이다. 따라서 NaOH 수용액 10 mL에 들어 있는 Na^+ 수는 $60N$이다. NaOH 수용액 10 mL를 넣었을 때 혼합 용액의 부피는 30 mL이고, Na^+ 수는 $60N$이므로 단위 부피당 A 이온 수 y는 $\frac{60N}{30}=2N$이다.

그러므로 $\frac{x}{y}=\frac{\frac{18}{5}N}{2N}=\frac{9}{5}$이다.

❸ 중화 반응이 완결되었을 때 혼합 용액에는 구경꾼 이온만 존재한다는 것을 바탕으로 중화 반응이 완결된 지점에서 단위 부피당 양이온 수를 계산한다.

ㄷ. P는 중화 반응이 완결된 지점으로 P 용액의 액성은 중성이다. 따라서 용액 속에 존재하는 양이온은 Na^+뿐이다. P에서 Na^+ 수는 $180N$이고, 혼합 용액의 부피는 50 mL이므로 단위 부피당 양이온 수는 $\frac{180N}{50}=\frac{18}{5}N$이다.

2 화학 반응과 열의 출입

01 산화 환원 반응

개념 확인 문제 274 쪽

❶ 산화 ❷ 환원 ❸ 동시성

1 (1) ○ (2) × (3) ○ **2** ㉠ 환원, ㉡ 산화 **3** 산화되는 물질: Mg, 환원되는 물질: O_2 **4** (1) ㉠ 산화, ㉡ 환원 (2) ㉠ 환원, ㉡ 산화 (3) ㉠ 산화, ㉡ 환원 (4) ㉠ 산화, ㉡ 환원 **5** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○

1 (1), (2) 어떤 물질이 산소를 얻거나 전자를 잃는 반응은 산화이고, 산소를 잃거나 전자를 얻는 반응은 환원이다.

(3) 산화 환원 반응이 일어날 때 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 전자를 얻는 물질도 있으므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

2 철의 제련 과정에서 Fe_2O_3은 산소를 잃고 Fe로 환원되고, C는 산소를 얻어 CO_2로 산화된다.

3 Mg은 전자를 잃고 Mg^{2+}으로 산화되고, O는 전자를 얻어 O^{2-}으로 환원된다. 따라서 산화되는 물질은 Mg이고, 환원되는 물질은 O_2이다.

4 (1) $2Na(s)+Cl_2(g)\longrightarrow 2NaCl(2Na^++2Cl^-)(s)$ (Na: 전자를 잃음: 산화, Cl_2: 전자를 얻음: 환원)

(2) $Mg(s)+2HCl(aq)\longrightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g)$ (Mg: 전자를 잃음: 산화, HCl: 전자를 얻음: 환원)

(3) $2AgNO_3(aq)+Cu(s)\longrightarrow 2Ag(s)+Cu(NO_3)_2(aq)$ (Cu: 전자를 잃음: 산화, $AgNO_3$: 전자를 얻음: 환원)

(4) $Fe(s)+CuSO_4(aq)\longrightarrow FeSO_4(aq)+Cu(s)$ (Fe: 전자를 잃음: 산화, $CuSO_4$: 전자를 얻음: 환원)

5 Zn과 $CuSO_4$ 수용액의 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.

$Zn(s)+CuSO_4(aq)\longrightarrow ZnSO_4(aq)+Cu(s)$ (Zn: 전자를 잃음: 산화, $CuSO_4$: 전자를 얻음: 환원)

(1) 수용액에 녹아 있는 Cu^{2+}이 Cu로 석출되면서 수용액의 푸른색이 엷어지는 것으로 보아 수용액은 Cu^{2+} 때문에 푸른색을 띰을 알 수 있다.
(2), (3), (4) Zn은 전자를 잃고 Zn^{2+}으로 산화되고, Cu^{2+}은 그 전자를 얻어 Cu로 환원되므로 전자는 Zn에서 Cu^{2+}으로 이동한다.

개념 확인 문제

278쪽

❶ 산화수 ❷ 전하 ❸ 큰 ❹ 증가 ❺ 감소 ❻ 동시성 ❼ 산화제 ❽ 환원제

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **2** (1) +5 (2) −1 (3) −1 (4) −4 (5) +2 (6) +1 **3** (1) 0, 0, +1, −2, ㉠ 산화, ㉡ 환원 (2) −1, 0, 0, −1, ㉠ 환원, ㉡ 산화 (3) +3, +2, 0, +4, ㉠ 산화, ㉡ 환원 **4** (1) ○ (2) ○ (3) × **5** (1) 산화제: HCl, 환원제: Zn (2) 산화제: H_2, 환원제: Na (3) 산화제: SO_2, 환원제: H_2S **6** $a=1$, $b=5$, $c=5$, $d=1$

1 (1) 이온 결합 물질에서 산화수는 물질을 구성하고 있는 각 이온의 전하와 같다. 따라서 NaCl에서 Na의 산화수는 +1이다.
(2) 공유 결합 물질에서 산화수는 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정할 때, 각 원자가 가지는 전하이다. CO_2에서 C는 2개의 O에게 전자 4개를 잃은 것이므로 C의 산화수는 +4이다.
(3) 화합물에서 H의 산화수는 대체로 +1이지만, 금속의 수소 화합물에서는 −1이다.
(4) 화합물은 전기적으로 중성이므로 구성 원자들의 산화수의 합은 0이다.

2 (1) HNO_3: H의 산화수는 +1이고, O의 산화수는 −2이며, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. N의 산화수를 x라고 하면 $(+1)+x+(-2)\times3=0$이므로 $x=+5$이다.
(2) NaH: 금속의 수소 화합물에서 H의 산화수는 −1이다.
(3) H_2O_2: 과산화물에서 O의 산화수는 −1이다.
(4) CH_4: H의 산화수는 +1이고, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. C의 산화수를 x라고 하면 $x+(+1)\times4=0$이므로 $x=-4$이다.
(5) OF_2: 플루오린 화합물에서 O의 산화수는 +2이다.
(6) HClO: H의 산화수는 +1이고, O의 산화수는 −2이며, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. Cl의 산화수를 x라고 하면 $(+1)+x+(-2)=0$이므로 $x=+1$이다.

3 (1) $\overset{0}{2H_2}(g)+\overset{0}{O_2}(g)\longrightarrow\overset{+1-2}{2H_2O}(g)$ (산화수 증가: 산화, 산화수 감소: 환원)

(2) $\overset{+1-1}{2KI}(aq)+\overset{0}{Cl_2}(g)\longrightarrow\overset{0}{I_2}(s)+\overset{+1-1}{2KCl}(aq)$ (산화수 증가: 산화, 산화수 감소: 환원)

(3) $\overset{+3-2}{Fe_2O_3}(s)+\overset{+2-2}{3CO}(g)\longrightarrow\overset{0}{2Fe}(s)+\overset{+4-2}{3CO_2}(g)$ (산화수 증가: 산화, 산화수 감소: 환원)

4 (1) 환원제는 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질이다.
(2) 화학 반응에서 산화수가 감소하는 원자를 포함한 물질은 자신이 환원되는 것이므로 다른 물질을 산화시키는 산화제이다.
(3) F_2은 다른 물질로부터 전자를 얻어 환원되기 쉬우므로 다른 물질을 산화시키는 산화제로 사용된다.

5 산화제는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질이고, 환원제는 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질이다.

(1) $\overset{0}{Zn}(s)+\overset{+1-1}{2HCl}(aq)\longrightarrow\overset{+2-1}{ZnCl_2}(aq)+\overset{0}{H_2}(g)$ (환원제: Zn, 산화제: HCl, 산화수 증가: 산화, 산화수 감소: 환원)

(2) $\overset{0}{2Na}(s)+\overset{0}{H_2}(g)\longrightarrow\overset{+1-1}{2NaH}(s)$ (환원제: Na, 산화제: H_2, 산화수 증가: 산화, 산화수 감소: 환원)

(3) $\overset{+4-2}{SO_2}(g)+\overset{+1-2}{2H_2S}(g)\longrightarrow\overset{+1-2}{2H_2O}(l)+\overset{0}{3S}(s)$ (산화제: SO_2, 환원제: H_2S, 산화수 증가: 산화, 산화수 감소: 환원)

6 $\overset{+2}{Fe^{2+}}+\overset{+7-2}{MnO_4^-}+\overset{+1}{8H^+}\longrightarrow\overset{+3}{Fe^{3+}}+\overset{+2}{Mn^{2+}}+\overset{+1-2}{4H_2O}$ (1 증가, 5 감소)

Fe의 산화수는 +2에서 +3으로 1 증가하고, Mn의 산화수는 +7에서 +2로 5 감소한다. 따라서 a는 1이고, b는 5이다. 이를 바탕으로 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$5Fe^{2+}+MnO_4^-+8H^+\longrightarrow5Fe^{3+}+Mn^{2+}+4H_2O$ ($1\times5=5$, $5\times1=5$)

따라서 c는 5이고, d는 1이다.

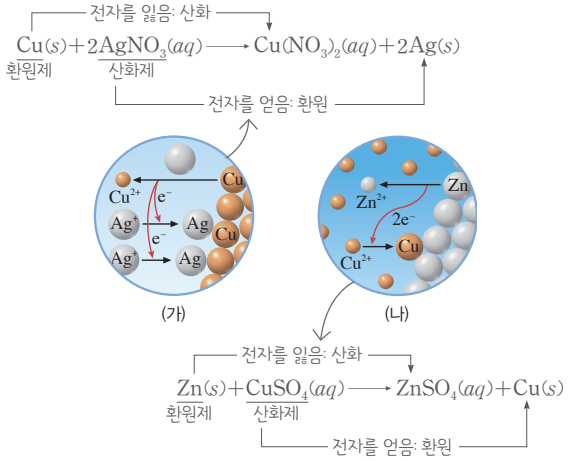
대표 자료 분석

279쪽

자료 ① **1** 산화되는 물질: Cu, 환원되는 물질: $AgNO_3$ **2** 산화제: $CuSO_4$, 환원제: Zn **3** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

자료 ② **1** 2 증가 **2** 변화 없음 **3** $a=5$, $b=16$, $c=2$, $d=5$, $e=2$ **4** (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ○

①-1 꼼꼼 문제 분석



(가)에서 Cu는 전자를 잃고 Cu^{2+}으로 산화되고, Ag^+은 전자를 얻어 Ag으로 환원된다. 따라서 산화되는 물질은 Cu이고, 환원되는 물질은 $AgNO_3$이다.

①-2 (나)에서 Zn은 전자를 잃고 Zn^{2+}으로 산화되고, Cu^{2+}은 전자를 얻어 Cu로 환원된다. 따라서 Zn은 자신은 산화되면서 $CuSO_4$를 환원시키는 환원제이고, $CuSO_4$는 자신은 환원되면서 Zn을 산화시키는 산화제이다.

①-3 (1) (가)에서 Ag^+이 Ag으로 환원되어 Cu줄 표면에 석출된다.
(2) (가)에서 Cu는 자신은 산화되면서 $AgNO_3$을 환원시키는 환원제이고, $AgNO_3$은 자신은 환원되면서 Cu를 산화시키는 산화제이다.
(3) (가)에서 Cu가 Cu^{2+}으로 산화되어 수용액에 녹아 들어가므로 수용액은 점점 푸른색으로 변한다.
(4) (나)에서 Cu^{2+}은 전자를 얻어 Cu로 환원된다.
(5) (나)에서 Cu^{2+} 1개가 감소할 때 Zn^{2+} 1개가 생성되고, SO_4^{2-} 수는 반응 전후에 변화가 없으므로 수용액의 전체 이온 수는 반응 전과 후가 같다.
(6) (가)에서 Ag^+ 2개가 감소할 때 Cu^{2+} 1개가 생성되므로 수용액의 양이온 수는 점점 감소한다. (나)에서 Cu^{2+} 1개가 감소할 때 Zn^{2+} 1개가 생성되므로 수용액의 양이온 수는 변화가 없다.
(7) (가)에서 Ag 1몰이 석출될 때 이동하는 전자의 양(mol)은 1몰이고, (나)에서 Cu 1몰이 석출될 때 이동하는 전자의 양(mol)은 2몰이다.

②-1 꼼꼼 문제 분석

1단계) 각 원자의 산화수를 구한다.

$$\overset{+2}{a}Sn^{2+}(aq)+\overset{+1}{b}H^+(aq)+\overset{+7\ -2}{c}MnO_4^-(aq) \longrightarrow \overset{+4}{d}Sn^{4+}(aq)+\overset{+1-2}{8}H_2O(l)+\overset{+2}{e}Mn^{2+}(aq)$$

2단계) 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.

$$\overset{+2}{a}Sn^{2+}(aq)+\overset{+1}{b}H^+(aq)+\overset{+7\ -2}{c}MnO_4^-(aq) \longrightarrow \overset{+4}{d}Sn^{4+}(aq)+\overset{+1-2}{8}H_2O(l)+\overset{+2}{e}Mn^{2+}(aq)$$

(5 감소, 2 증가)

3단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$5Sn^{2+}(aq)+bH^+(aq)+2MnO_4^-(aq) \longrightarrow 5Sn^{4+}(aq)+8H_2O(l)+2Mn^{2+}(aq)$$

($5\times2=10$, $2\times5=10$)

4단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$5Sn^{2+}(aq)+16H^+(aq)+2MnO_4^-(aq) \longrightarrow 5Sn^{4+}(aq)+8H_2O(l)+2Mn^{2+}(aq)$$

Sn의 산화수는 Sn^{2+}에서 +2이고, Sn^{4+}에서 +4이다. 따라서 Sn은 산화수가 2 증가한다.

②-2 주어진 반응에 관여하는 화합물을 구성하는 원자 중 전기 음성도는 O가 가장 크므로 화합물에서 O의 산화수는 모두 −2이다. 따라서 O는 산화수가 변하지 않는다.

②-3 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞추면 $a=d=5$, $c=e=2$이고, 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞추면 $b=16$이다.

②-4 (1), (2) Sn의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 Sn^{2+}은 자신은 산화되면서 MnO_4^-을 환원시키는 환원제이다.
(3), (4) Mn의 산화수는 +7에서 +2로 감소하므로 MnO_4^-은 자신은 환원되면서 Sn^{2+}을 산화시키는 산화제이다.
(5) 완성된 산화 환원 반응식에서 Sn^{2+}과 MnO_4^-의 계수비는 5 : 2이므로 Sn^{2+}과 MnO_4^-은 5 : 2의 몰비로 반응한다.
(6) Sn^{2+}과 MnO_4^-이 5 : 2의 몰비로 반응하므로 Sn^{2+} 1몰을 모두 산화하는 데 필요한 MnO_4^-의 최소 양(mol)은 0.4몰이다.
(7) MnO_4^- 1몰이 반응할 때 Mn의 산화수는 5 감소하므로 이동하는 전자는 5몰이다.

내신 만점 문제

280쪽~283쪽

01 ㄴ, ㄷ　02 ③　03 ③　04 ①　05 ③　06 ②
07 ④　08 ③　09 ①　10 ①　11 해설 참조
12 (가) Cl_2 (나) HCl (다) $AgNO_3$　13 ㄴ　14 ①
15 ⑤　16 ②　17 ②　18 ③　19 ①　20 ④

01 ㄴ. 어떤 물질이 전자를 얻는 반응은 환원이다.
ㄷ. 산화 환원 반응에서 산소를 얻거나 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 산소를 잃거나 전자를 얻는 물질이 있으므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.
바로알기 ㄱ. 어떤 물질이 산소를 잃는 반응은 환원이다.

02 꼼꼼 문제 분석

- 메테인이 공기 중에서 연소될 때 메테인은 (가) 된다.
  산소를 얻음: 산화
  $CH_4(g)+2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)$
- 산화 철(Ⅲ)을 (나) 시켜 철을 얻는다.
  산소를 얻음: 산화
  $2Fe_2O_3(s)+3C(s) \longrightarrow 4Fe(s)+3CO_2(g)$
  산소를 잃음: 환원
- 산화 구리(Ⅱ)와 탄소 가루를 함께 넣고 가열하면 산화 구리(Ⅱ)는 (다) 되어 구리가 된다.
  산소를 얻음: 산화
  $2CuO(s)+C(s) \longrightarrow 2Cu(s)+CO_2(g)$
  산소를 잃음: 환원

CH_4이 연소될 때 CH_4은 산소를 얻어 CO_2로 산화된다. 철의 제련 과정에서 철광석의 주성분인 Fe_2O_3은 산소를 잃고 Fe로 환원된다. CuO와 C 가루를 함께 넣고 가열하면 CuO는 산소를 잃고 Cu로 환원된다.

03 꼼꼼 문제 분석

전자를 얻음: 환원
$2Mg(s)+O_2(g) \longrightarrow 2MgO(2Mg^{2+}+2O^{2-})(s)$
전자를 잃음: 산화
흰색 가루 X는 산화 마그네슘(MgO)이다.

ㄱ. Mg이 O_2와 반응하면 MgO이 생성된다.
ㄴ. MgO이 생성될 때 Mg은 전자를 잃고 Mg^{2+}으로 산화된다.
바로알기 ㄷ. MgO 1몰이 생성될 때 Mg 1몰이 전자 2몰을 잃고 Mg^{2+}이 된다. 따라서 MgO 1몰이 생성될 때 이동하는 전자는 2몰이다.

04 꼼꼼 문제 분석

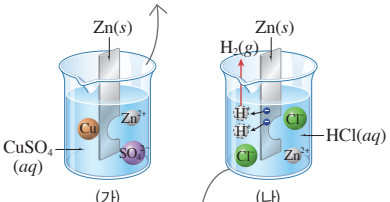
전자를 잃음: 산화
(가) $2Na(s)+Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(2Na^+ + 2Cl^-)(s)$
전자를 얻음: 환원

전자를 잃음: 산화
(나) $2AgNO_3(aq)+Fe(s) \longrightarrow 2Ag(s)+Fe(NO_3)_2(aq)$
전자를 얻음: 환원

ㄱ. (가)에서 Na은 전자를 잃고 Na^+으로 산화된다.
바로알기 ㄴ. (나)에서 Ag^+은 전자를 얻어 Ag이 되므로 $AgNO_3$은 환원된다.
ㄷ. (나)에서 Ag^+ 2개가 감소할 때 Fe^{2+} 1개가 생성되므로 용액 속 양이온 수는 감소한다.

05 꼼꼼 문제 분석

전자를 잃음: 산화
$Zn(s)+CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq)+Cu(s)$
전자를 얻음: 환원



전자를 잃음: 산화
$Zn(s)+2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq)+H_2(g)$
전자를 얻음: 환원

ㄱ. (가)와 (나)에서 Zn은 전자를 잃고 Zn^{2+}으로 산화된다.
ㄴ. (나)에서 Zn이 Zn^{2+}으로 산화되어 수용액에 녹아 들어가므로 Zn판의 크기는 점점 작아진다.
바로알기 ㄷ. (가)에서 Cu^{2+} 1개가 감소할 때 Zn^{2+} 1개가 생성되므로 용액 속 전체 이온 수는 변화가 없다. (나)에서 H^+ 2개가 감소할 때 Zn^{2+} 1개가 생성되므로 용액 속 전체 이온 수는 감소한다.

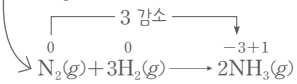
06 ④ 같은 원자라도 결합하는 원자의 종류에 따라 전기 음성도 차이가 달라져 전자를 잃거나 얻을 수 있으므로 여러 가지 산화수를 가질 수 있다.
⑤ 공유 결합 물질에서 산화수는 구성 원자 중 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정할 때, 각 원자가 가지는 전하이므로 전기 음성도가 큰 원자의 산화수는 음수이고, 전기 음성도가 작은 원자의 산화수는 양수이다. 따라서 전기 음성도가 큰 원자는 전기 음성도가 작은 원자보다 산화수가 작다.

바로알기 ② 화합물에서 O의 산화수는 대체로 −2이지만, 과산화물에서는 −1이고, 플루오린 화합물에서는 +2이다.

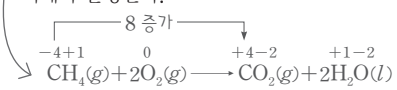
07 (가)에서 H_2는 원소이므로 H의 산화수는 0이다. (나)의 Fe_2O_3에서 O의 산화수는 −2이고, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이므로 Fe의 산화수를 x라고 하면 $x\times2+(-2)\times3=0$이므로 $x=+3$이다. 화합물에서 2족 금속 원자의 산화수는 +2이므로 (다)에서 Mg의 산화수는 +2이다. 따라서 밑줄 친 원자들의 산화수의 합은 0+3+2=5이다.

08 꼼꼼 문제 분석

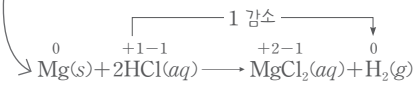
- 질소(N_2) 기체와 수소(H_2) 기체를 반응시키면 암모니아(NH_3) 기체가 생성된다.



- 메테인(CH_4)을 공기 중에서 연소시키면 이산화 탄소(CO_2) 기체가 발생한다.



- 염산(HCl)에 마그네슘(Mg) 조각을 넣으면 수소(H_2) 기체가 발생한다.



N의 산화수는 N_2에서는 0이고, NH_3에서는 −3이므로 3 감소한다. C의 산화수는 CH_4에서는 −4이고, CO_2에서는 +4이므로 8 증가한다. H의 산화수는 HCl에서는 +1이고, H_2에서는 0이므로 1 감소한다.

09 CCl_4에서 전기 음성도는 Cl>C이므로 공유 전자쌍이 모두 Cl 쪽으로 이동한다고 가정한다. 따라서 4개의 Cl는 C로부터 각각 전자를 1개씩 얻은 것이므로 Cl의 산화수는 −1이다. NH_4Cl은 NH_4^+과 Cl^-이 결합한 물질이므로 Cl의 산화수는 Cl^-의 전하와 같은 −1이다. $HClO_4$에서 H의 산화수는 +1, O의 산화수는 −2이며, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. Cl의 산화수를 x라고 하면 $(+1)+x+(-2)\times4=0$이므로 $x=+7$이다. ClF에서 F의 산화수는 −1이므로 Cl의 산화수는 +1이다. 따라서 주어진 화합물에서 Cl의 산화수가 서로 같은 것은 (가)와 (나)이다.

10 산화 환원 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있다.

ㄱ. $\overset{0}{2Al}(s)+\overset{0}{3Cl_2}(g)\longrightarrow\overset{+3-1}{2AlCl_3}(s)$

산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화 환원 반응이다.

바로알기 ㄴ. $\overset{+2\ -2+1}{Mg(OH)_2}(aq)+\overset{+1-1}{2HCl}(aq)\longrightarrow\overset{+2\ -1}{MgCl_2}(aq)+\overset{+1-2}{2H_2O}(l)$

산 염기 중화 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

ㄷ. $\overset{+1\ -1}{NaCl}(aq)+\overset{+1+5-2}{AgNO_3}(aq)\longrightarrow\overset{+1+5-2}{NaNO_3}(aq)+\overset{+1-1}{AgCl}(s)$

앙금 생성 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

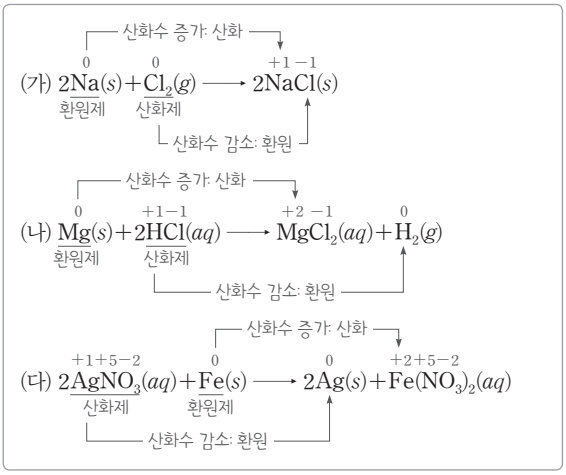
11 공유 결합 물질에서 산화수는 구성 원자 중 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정할 때, 각 원자가 가지는 전하이다.

모범답안 (가)에서 전기 음성도는 B>A이므로 공유 전자쌍이 모두 B 쪽으로 이동한다고 가정한다. 따라서 B는 4개의 A로부터 각각 전자를 1개씩 얻은 것이므로 B의 산화수는 −4이다.

(나)에서 전기 음성도는 C>B이므로 공유 전자쌍이 모두 C 쪽으로 이동한다고 가정한다. 따라서 B는 2개의 C에게 전자 4개를 잃은 것이므로 B의 산화수는 +4이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)에서 B의 산화수를 전기 음성도와 관련하여 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)에서 B의 산화수만 옳게 쓴 경우	40 %

12 꼼꼼 문제 분석



(가)에서 Cl의 산화수는 0에서 −1로 감소하므로 Cl_2는 자신은 환원되면서 Na을 산화시키는 산화제이다.

(나)에서 H의 산화수는 +1에서 0으로 감소하므로 HCl은 자신이 환원되면서 Mg을 산화시키는 산화제이다.

(다)에서 Ag의 산화수는 +1에서 0으로 감소하므로 $AgNO_3$은 자신이 환원되면서 Fe을 산화시키는 산화제이다.

13 꼼꼼 문제 분석

(가) $\overset{+2-2}{2NO(g)}+\overset{0}{O_2(g)}\longrightarrow\overset{+4-2}{2NO_2(g)}$

(나) $\overset{+4-2}{2NO_2(g)}+\overset{+1-2}{H_2O(l)}\longrightarrow\overset{+1+5-2}{HNO_3(aq)}+\overset{+1+3-2}{HNO_2(aq)}$

(다) $\overset{+1+5-2}{HNO_3(aq)}+\overset{+1-2}{H_2O(l)}\longrightarrow\overset{+1-2}{H_3O^+(aq)}+\overset{+5-2}{NO_3^-(aq)}$

ㄴ. (나)의 질소 화합물 중 N의 산화수는 NO_2에서 +4, HNO_3에서 +5, HNO_2에서 +3이다. 따라서 산화수가 가장 작은 N를 포함한 화합물은 HNO_2이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 N의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 NO는 자신은 산화되면서 O_2를 환원시키는 환원제이다.

ㄷ. (다)에는 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 (다)는 산화 환원 반응이 아니다.

14 꼼꼼 문제 분석

(가) $\overset{0}{2C(s)}+\overset{0}{O_2(g)}\longrightarrow\overset{+2-2}{2CO(g)}$

(나) $\overset{+3\ -2}{Fe_2O_3(s)}+\overset{+2-2}{3CO(g)}\longrightarrow\overset{0}{2Fe(s)}+\overset{+4-2}{3CO_2(g)}$

(다) $\overset{+2+4-2}{CaCO_3(s)}+\overset{+4-2}{SiO_2(s)}\longrightarrow\overset{+2+4-2}{CaSiO_3(s)}+\overset{+4-2}{CO_2(g)}$

ㄱ. (가)에서 C의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 C는 산화된다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 C의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 CO는 자신은 산화되면서 Fe_2O_3을 환원시키는 환원제이다.

ㄷ. (가)와 (나)에는 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있으므로 (가)와 (나)는 산화 환원 반응이지만, (다)에는 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 (다)는 산화 환원 반응이 아니다.

15 꼼꼼 문제 분석

(가) 공기 중에서 붉은색의 구리줄을 가열하였더니 검게 변하였다.

산화수 증가: 산화

$\overset{0}{2Cu(s)}+\overset{0}{O_2(g)}\longrightarrow\overset{+2-2}{2CuO(s)}$

산화수 감소: 환원

(나) 검게 변한 구리줄에 수소(H_2) 기체를 공급하면서 가열하였더니 다시 붉은색의 구리줄이 되었다. → 검게 변한 구리줄은 산화 구리(Ⅱ)(CuO)이다.

산화수 증가: 산화

$\overset{+2-2}{CuO(s)}+\overset{0}{H_2(g)}\longrightarrow\overset{0}{Cu(s)}+\overset{+1-2}{H_2O(l)}$

산화수 감소: 환원

ㄱ. (가)에서 Cu의 산화수는 Cu에서 0이고, CuO에서 +2이므로 2 증가한다.

ㄴ. (나)에서 Cu의 산화수는 +2에서 0으로 감소하므로 검게 변한 구리줄(CuO)은 환원된다.

ㄷ. (나)에서 H의 산화수는 0에서 +1로 증가하므로 H_2는 자신은 산화되면서 CuO를 환원시키는 환원제이다.

16 꼼꼼 문제 분석

산화수 증가: 산화

(가) $\overset{+1-2}{\underset{\text{환원제}}{2H_2S(g)}}+\overset{+4-2}{\underset{\text{산화제}}{SO_2(g)}}\longrightarrow\overset{+1-2}{2H_2O(l)}+\overset{0}{3S(s)}$

산화수 감소: 환원

산화수 증가: 산화

(나) $\overset{+4-2}{\underset{\text{환원제}}{SO_2(g)}}+\overset{+1-2}{2H_2O(l)}+\overset{0}{\underset{\text{산화제}}{Cl_2(g)}}\longrightarrow\overset{+1+6-2}{H_2SO_4(aq)}+\overset{+1-1}{2HCl(aq)}$

산화수 감소: 환원

ㄷ. (가)에서 산화제로 작용한 물질은 SO_2이므로 SO_2은 H_2S보다 다른 물질을 산화시키는 능력이 더 크다. (나)에서 산화제로 작용한 물질은 Cl_2이므로 Cl_2는 SO_2보다 다른 물질을 산화시키는 능력이 더 크다. 따라서 Cl_2는 H_2S보다 상대적으로 더 강한 산화제이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 S의 산화수는 H_2S에서 −2이고, S에서 0으로 증가하므로 H_2S는 자신은 산화되면서 SO_2을 환원시키는 환원제이다.

ㄴ. (가)에서 S의 산화수는 SO_2에서 +4이고, S에서 0으로 감소하므로 (가)에서 SO_2은 자신은 환원되면서 H_2S를 산화시키는 산화제이다. (나)에서 S의 산화수는 SO_2에서 +4이고, H_2SO_4에서 +6으로 증가하므로 (나)에서 SO_2은 자신은 산화되면서 Cl_2를 환원시키는 환원제이다.

17 꼼꼼 문제 분석

(가) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.

1 증가

$\overset{+4\ -2}{MnO_2(s)}+\overset{+1-1}{HCl(aq)}\longrightarrow\overset{+2\ -1}{MnCl_2(s)}+\overset{0}{Cl_2(g)}+\overset{+1-2}{H_2O(l)}$

2 감소

(나) 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수를 맞추고, 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$2\times1=2$

$MnO_2(s)+2HCl(aq)\longrightarrow MnCl_2(s)+Cl_2(g)+H_2O(l)$

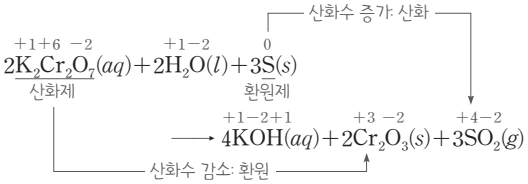
$2\times1=2$

(다) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.

$MnO_2(s)+4HCl(aq)\longrightarrow MnCl_2(s)+Cl_2(g)+2H_2O(l)$

(가)에서 Cl의 산화수는 −1에서 0으로 증가하므로 a는 1이고, Mn의 산화수는 +4에서 +2로 감소하므로 b는 2이다. (다)에서 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞추면 c는 4이고, d는 2이다. 따라서 $a+b+c+d=1+2+4+2=9$이다.

18 꼼꼼 문제 분석

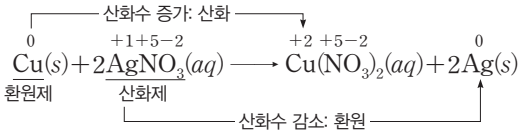


ㄱ. Cr의 산화수는 +6에서 +3으로 3 감소한다.

ㄴ. Cr의 산화수가 감소하므로 $K_2Cr_2O_7$은 자신은 환원되면서 S을 산화시키는 산화제이다. S의 산화수는 0에서 +4로 증가하므로 S은 자신은 산화되면서 $K_2Cr_2O_7$을 환원시키는 환원제이다.

바로알기 ㄷ. $K_2Cr_2O_7$ 1몰이 반응할 때 Cr의 산화수가 3 감소하고, 환원되는 Cr 원자의 양(mol)이 2몰이므로 이동하는 전자는 6몰이다.

19



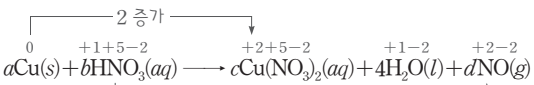
ㄱ. Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가한다.

바로알기 ㄴ. Ag의 산화수는 +1에서 0으로 감소하므로 $AgNO_3$은 자신은 환원되면서 Cu를 산화시키는 산화제이다.

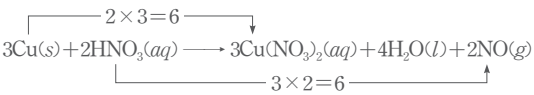
ㄷ. 0.1 M $AgNO_3$ 수용액 100 mL에 들어 있는 $AgNO_3$의 양(mol)은 0.1 mol/L × 0.1 L = 0.01 mol이다. Cu와 $AgNO_3$은 1 : 2의 몰비로 반응하므로 0.1 M $AgNO_3$ 수용액 100 mL를 모두 환원하는 데 필요한 Cu의 최소 양(mol)은 0.005몰이다.

20 꼼꼼 문제 분석

1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.

$3Cu(s)+8HNO_3(aq) \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq)+4H_2O(l)+2NO(g)$

ㄴ. Cu와 HNO_3은 3 : 8의 몰비로 반응하므로 Cu 0.03몰을 모두 산화하는 데 필요한 HNO_3의 최소 양(mol)은 0.08몰이다.

ㄷ. 완성된 산화 환원 반응식으로부터 Cu 3몰이 산화될 때 NO 기체 2몰이 생성됨을 알 수 있다. 0 ℃, 1기압에서 기체 1몰의 부피가 22.4 L이므로 NO 기체 2몰의 부피는 44.8 L이다.

바로알기 ㄱ. $a=3$, $b=8$, $c=3$, $d=2$이므로 $a+b+c+d$는 16이다.

02 화학 반응에서 열의 출입

개념 확인 문제 288쪽

❶ 발열 ❷ 흡열 ❸ 높아진다 ❹ 낮아진다 ❺ 열량계 ❻ 간이 열량계 ❼ 통열량계 ❽ 비열 ❾ 열용량

1 (1) × (2) ○ (3) ○ **2** (1) 발 (2) 발 (3) 흡 (4) 흡 **3** ㉠ 흡수, ㉡ 낮 **4** ㉠ 방출, ㉡ 높아진다, ㉢ 흡수, ㉣ 낮아진다 **5** (1) ○ (2) × (3) × **6** (가) 간이 열량계 (나) 통열량계

1 (1) 발열 반응은 열을 방출하는 반응이다.
(2) 발열 반응이 일어날 때에는 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.
(3) 흡열 반응에서 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 크므로 반응하면서 열을 흡수한다.

2 (1) 메테인의 연소는 열을 방출하는 발열 반응이다.
(2) 산과 염기의 중화 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.
(3) 탄산수소 나트륨의 열분해는 열을 흡수하는 흡열 반응이다.
(4) 식물의 광합성은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이다.

3 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응은 흡열 반응이다. 따라서 반응이 일어나면 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다.

4 휴대용 손난로는 철 가루가 산화될 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 것을 이용한 것이다. 냉각 팩은 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아지는 것을 이용한 것이다.

5 (2) 열 손실이 많은 열량계는 간이 열량계이다.
(3) 열 손실이 거의 없어 열량을 비교적 정확하게 측정할 수 있는 열량계는 통열량계이다.

6 (가)와 같이 구조가 간단하여 쉽게 사용할 수 있는 열량계는 간이 열량계이고, (나)와 같이 단열이 잘되도록 만들어져 있고 매우 단단한 강철 용기로 되어 있는 열량계는 통열량계이다.

대표 자료 분석

289쪽

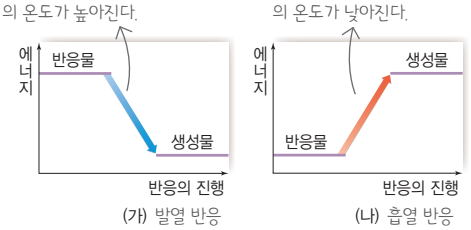
자료 ① **1** (가) 발열 반응 (나) 흡열 반응 **2** (가) 온도가 높아짐 (나) 온도가 낮아짐 **3** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ×

자료 ② **1** 열 방출 **2** 4200 J **3** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×

①-1 꼼꼼 문제 분석

생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작다. → 에너지 차이만큼 열을 방출한다. → 주위의 온도가 높아진다.

생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크다. → 에너지 차이만큼 열을 흡수한다. → 주위의 온도가 낮아진다.



(가)에서는 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 반응하면서 열을 방출한다. (나)에서는 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크므로 반응하면서 열을 흡수한다. 따라서 (가)는 발열 반응이고, (나)는 흡열 반응이다.

①-2 (가) 반응이 일어날 때에는 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아지고, (나) 반응이 일어날 때에는 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다.

①-3 (1), (2) (가) 반응은 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 큰 발열 반응이다. 따라서 (가) 반응이 일어날 때 주위의 온도가 높아진다.

(3) (가) 반응은 발열 반응이므로 냉각 팩에 이용할 수 없다.

(4) (나)는 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 큰 흡열 반응이다.

(5) (나)는 흡열 반응으로 (나)와 같은 반응에는 탄산수소 나트륨의 열분해, 질산 암모늄의 용해 등이 있다.

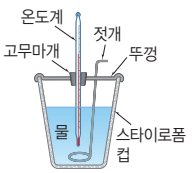
(6) (나) 반응은 흡열 반응이고, 산 염기 중화 반응은 발열 반응이므로 열의 출입 방향이 반대이다.

②-1 꼼꼼 문제 분석

[과정] (용액의 질량 = 96 g + 4 g = 100 g)

(가) 간이 열량계에 물 96 g을 넣고 물의 온도(t_1)를 측정한다.

(나) 간이 열량계에 NaOH 4 g을 넣고 물에 완전히 녹인 뒤 용액의 온도(t_2)를 측정한다.



[결과]

구분	t_1	t_2
측정 온도(℃)	20	30

(용액의 온도가 높아진 것으로 보아 NaOH의 용해는 발열 반응이다.)

용액의 온도가 높아진 것으로 보아 NaOH이 물에 용해될 때 열을 방출한다.

②-2 NaOH이 물에 용해될 때 출입(방출)한 열량은 용액이 얻은 열량과 같다. 용액의 질량은 100 g(=96 g+4 g)이고, 온도 변화는 10 ℃이므로 비열이 4.2 J/(g·℃)인 용액이 얻은 열량은 다음과 같다.

$Q = cm\Delta t = 4.2\ \text{J/(g·℃)} \times 100\ \text{g} \times 10\ ℃ = 4200\ \text{J}$

②-3 (1), (2) 용액의 온도가 높아진 것으로 보아 NaOH의 용해는 발열 반응이다. 따라서 주위의 온도가 높아진다.

(3) 물에 용해된 NaOH은 4 g이므로 NaOH 1 g이 물에 용해될 때 출입하는 열량은 $\frac{4200\ \text{J}}{4\ \text{g}} = 1050\ \text{J/g}$이다.

(4) NaOH 1몰이 물에 용해될 때 출입하는 열량(J/mol)은 NaOH 1 g이 물에 용해될 때 출입하는 열량에 NaOH의 화학식량을 곱하여 구한다. 따라서 NaOH의 화학식량을 추가로 알아야 한다.

(5) NaOH이 물에 완전히 용해되지 않으면 방출하는 열량이 작아지므로 t_2는 30 ℃보다 낮게 측정된다.

내신 만점 문제

290쪽~292쪽

01 ④ **02** ③ **03** ㄱ, ㄷ **04** ② **05** ① **06** ③ **07** ㄱ, ㄴ **08** ③ **09** ⑤ **10** ③ **11** ① **12** ④ **13** ⑤ **14** ㄷ **15** 해설 참조

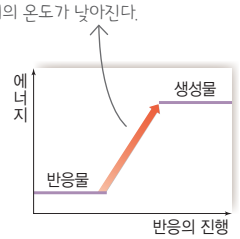
01 ①, ②, ⑤ 발열 반응은 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작아 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다. 따라서 발열 반응이 일어나면 주위의 온도가 높아진다.

③ 흡열 반응은 열을 흡수하는 반응이다.

바로알기 ④ 중화 반응과 산과 금속의 반응은 발열 반응의 예이다.

02 꼼꼼 문제 분석

생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크다.
➡ 에너지 차이만큼 열을 흡수한다.
➡ 주위의 온도가 낮아진다.



ㄱ. 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크므로 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

ㄴ. 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다.

바로알기 ㄷ. 철이 녹스는 반응은 발열 반응이므로 주어진 반응과 열의 출입 방향이 반대이다.

03 꼼꼼 문제 분석

(가) $Zn(s)+2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq)+H_2(g)$
↳ 금속과 산의 반응 ➡ 발열 반응

(나) $2NaHCO_3(s) \longrightarrow Na_2CO_3(s)+H_2O(l)+CO_2(g)$
↳ 탄산수소 나트륨의 열분해 ➡ 흡열 반응

ㄱ. Zn과 HCl의 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄷ. $NaHCO_3$의 열분해는 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

바로알기 ㄴ. (가)는 발열 반응이므로 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 작다.

04 꼼꼼 문제 분석

$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O(s)+2NH_4NO_3(s)+$열 $\longrightarrow Ba(NO_3)_2(aq)+10H_2O(l)+2NH_3(g)$
➡ 흡열 반응

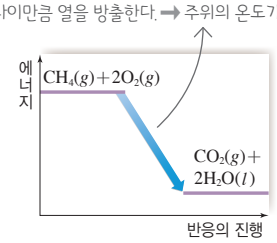
ㄷ. 질산 암모늄의 용해는 흡열 반응이므로 주어진 반응과 열의 출입 방향이 같다.

바로알기 ㄱ. 비커와 나무판 사이의 물이 언 것으로 보아 반응이 일어날 때 주위의 온도가 낮아짐을 알 수 있다.

ㄴ. 주어진 반응은 흡열 반응이므로 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 작다.

05 꼼꼼 문제 분석

생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작다. ➡
에너지 차이만큼 열을 방출한다. ➡ 주위의 온도가 높아진다.



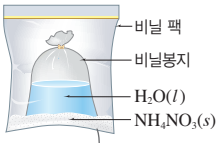
ㄱ. 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 반응이 일어날 때 열을 방출한다. 따라서 CH_4의 연소는 발열 반응이다.

바로알기 ㄴ. CH_4의 연소는 발열 반응이므로 주위의 온도가 높아진다.

ㄷ. CH_4의 연소는 발열 반응이므로 냉각 팩에 이용할 수 없고 난방 등에 이용할 수 있다.

06 꼼꼼 문제 분석

질산 암모늄(NH_4NO_3)과 물(H_2O)이 분리되어 있는 비닐 팩에서 물이 들어 있는 비닐봉지를 손으로 눌러 터뜨리면 NH_4NO_3이 용해되면서 비닐 팩이 차가워진다. ⟶ 흡열 반응



$NH_4NO_3(s)+$열 $\longrightarrow NH_4^+(aq)+NO_3^-(aq)$

ㄱ, ㄴ. NH_4NO_3이 용해될 때 차가워지는 것으로 보아 NH_4NO_3의 용해는 흡열 반응이다. 따라서 NH_4NO_3이 용해될 때 주위의 온도는 낮아진다.

바로알기 ㄷ. 흡열 반응에서 반응물의 에너지 합은 생성물의 에너지 합보다 작다.

07 ㄱ. 손난로는 철 가루가 산소와 반응할 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 발열 반응을 이용한 것이다.

ㄴ. 눈이 내린 도로에 염화 칼슘을 뿌려 눈을 녹이는 것은 염화 칼슘이 용해될 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 발열 반응을 이용한 것이다.

바로알기 ㄷ. 에어컨은 액체 냉매가 기화할 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아지는 흡열 반응을 이용한 것이다.

08 ㄱ. CaO과 H_2O이 반응할 때 출입하는 열을 이용하여 조리용 발열 팩에 이용하는 것으로 보아 CaO과 H_2O의 반응은 발열 반응이다.

ㄷ. CaO과 H_2O이 반응할 때 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.

바로알기 ㄴ. CaO과 H_2O의 반응은 발열 반응이므로 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 작다.

[09~10] 꼼꼼 문제 분석

[과정]
(가) 간이 열량계에 물 150 g을 넣고 물의 온도(t_1)를 측정한다.
(나) 간이 열량계에 $CaCl_2$ 10 g을 넣고 완전히 녹인 뒤 용액의 온도(t_2)를 측정한다.

[결과] $CaCl_2(s) \longrightarrow Ca^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)+$열

구분	t_1	t_2
측정 온도(℃)	25	35

용액의 온도가 높아진 것으로 보아 $CaCl_2$의 용해는 발열 반응이다.

09 ㄱ. 용액의 온도가 높아진 것으로 보아 $CaCl_2$이 물에 용해될 때 열을 방출한다.
ㄴ. $CaCl_2$이 물에 용해될 때 출입(방출)한 열량은 용액이 얻은 열량과 같다. 용액의 질량은 160 g(=150 g+10 g)이고, 온도 변화는 10 ℃이므로 비열이 4.2 J/(g·℃)인 용액이 얻은 열량은 다음과 같다.
$Q=cm\Delta t=4.2\,J/(g\cdot℃)\times160\,g\times10\,℃=6720\,J$
용해된 $CaCl_2$의 질량은 10 g이므로 $CaCl_2$ 1 g이 물에 용해될 때 출입하는 열량은 $\frac{6720\,J}{10\,g}=672\,J/g$이다.
ㄷ. $CaCl_2$ 1몰이 물에 용해될 때 출입하는 열량(J/mol)은 $CaCl_2$ 1 g이 물에 용해될 때 출입하는 열량에 $CaCl_2$의 화학식량을 곱하여 구한다. 따라서 $CaCl_2$의 화학식량을 추가로 알아야 한다.

10 ㄱ, ㄴ. $CaCl_2$이 용해될 때 출입하는 열량을 구할 때 출입하는 열은 모두 용액의 온도 변화에 이용된다고 가정한다. 그런데 반응에서 방출한 열의 일부가 용액 이외에 실험 기구 등의 온도를 변화시키는 데 쓰이거나, 열량계 밖으로 빠져나가는 경우 실험값은 이론값보다 작게 된다.
바로알기 ㄷ. 용해 전 물의 온도가 실제보다 낮게 측정되면 온도 변화가 크게 계산되므로 실험값은 이론값보다 커진다.

11 NH_4NO_3이 물에 용해될 때 흡수한 열량은 용액이 잃은 열량과 같다. 용액의 질량은 100 g(=92 g+8 g)이고, 온도 변화는 6 ℃이므로 비열이 4.2 J/(g·℃)인 용액이 잃은 열량은 다음과 같다.
$Q=cm\Delta t=4.2\,J/(g\cdot℃)\times100\,g\times6\,℃=2520\,J$
용해된 NH_4NO_3의 질량은 8 g이므로 NH_4NO_3 1 g이 물에 녹을 때 흡수하는 열량은 $\frac{2520\,J}{8\,g}=315\,J/g$이다.

12 과자 1 g이 연소할 때 방출하는 열량은 물이 얻은 열량($Q=cm\Delta t$)을 연소한 과자의 질량으로 나누어 구한다. 따라서 물의 비열, 물의 질량, 물의 온도 변화, 연소한 과자의 질량을 알아야 한다.
바로알기 ④ 물의 분자량은 과자 1 g이 연소할 때 방출하는 열량을 구할 때 필요하지 않다.

13 ㄱ. HCl과 NaOH 수용액을 혼합하였을 때 용액의 온도가 높아진 것으로 보아 HCl과 NaOH 수용액의 중화 반응은 발열 반응이다.
ㄴ. HCl과 NaOH 수용액의 중화 반응에서 출입(방출)한 열량은 용액이 얻은 열량과 같다. 용액의 밀도가 1 g/mL이므로 혼합 용액의 질량은 200 g이다. 온도 변화는 0.6 ℃(=25.6 ℃−25 ℃)이고, 용액의 비열은 4.2 J/(g·℃)이므로 용액이 얻은 열량은 다음과 같다.
$Q=cm\Delta t=4.2\,J/(g\cdot℃)\times200\,g\times0.6\,℃=504\,J$
ㄷ. 0.1 M HCl 100 mL와 0.1 M NaOH 수용액 100 mL에 들어 있는 H^+과 OH^-의 양(mol)이 각각 0.1 mol/L×0.1 L=0.01 mol이므로 실험에서 생성된 물의 양(mol)은 0.01몰이다. 0.01몰의 물이 생성될 때 출입한 열량이 504 J이므로 1몰의 물이 생성될 때 출입하는 열량은 $\frac{504\,J}{0.01\,mol}=50400\,J/mol=50.4\,kJ/mol$이다.

14 꼼꼼 문제 분석

온도가 낮아짐 → 흡열 반응

물질	t_1(℃)	t_2(℃)
X(s)	20	16
Y(s)	20	23

온도가 높아짐 → 발열 반응

ㄷ. 물에 녹인 고체 X와 Y의 질량이 1 g으로 같고, 두 수용액의 비열이 같으므로 온도 변화가 클수록 출입하는 열량이 크다. 온도 변화는 X>Y이므로 출입하는 열량은 X>Y이다.
바로알기 ㄱ. 고체 X가 물에 용해될 때 용액의 온도가 낮아진 것으로 보아 고체 X의 용해는 흡열 반응이다.
ㄴ. 고체 Y가 물에 용해될 때 용액의 온도가 높아진 것으로 보아 고체 Y가 용해될 때 열을 방출한다.

15 C가 연소할 때 방출한 열량은 통열량계 속 물과 통열량계가 얻은 열량과 같다.

모범답안 25.5 kJ/g, C가 연소할 때 방출한 열량(Q)은 다음과 같다.

$Q = c_{물} m_{물} \Delta t + C_{통열량계} \Delta t$

$= 4.2\ \text{kJ/(kg·℃)} \times 2\ \text{kg} \times 10\ ℃ + 1.8\ \text{kJ/℃} \times 10\ ℃$

$= 102\ \text{kJ}$

연소한 C의 질량은 4 g이므로 C 1 g이 연소할 때 방출하는 열량은 25.5 kJ/g이다.

채점 기준	배점
방출하는 열량을 옳게 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	50 %
방출하는 열량만 옳게 구한 경우	30 %

중단원 핵심 정리

293 쪽~294 쪽

❶ 산화 ❷ 환원 ❸ 산화 ❹ 환원 ❺ 산화 ❻ 환원 ❼ 전하 ❽ 큰 ❾ −2 ❿ 0 ⓫ 산화 ⓬ 환원 ⓭ 산화 ⓮ 환원 ⓯ 환원 ⓰ 산화 ⓱ 산화제 ⓲ 환원제 ⓳ 발열 반응 ⓴ 흡열 반응 ㉑ 높아진다 ㉒ 낮아진다 ㉓ 간이 열량계 ㉔ 통열량계

중단원 마무리 문제

295 쪽~298 쪽

01 ③ **02** ④ **03** ② **04** ④ **05** ④ **06** ④
07 ③ **08** ④ **09** ② **10** ③ **11** ① **12** ④
13 ⑤ **14** ② **15** ③ **16** ③ **17** 해설 참조 **18** 해설 참조 **19** 해설 참조

01 첫 번째 반응에서 C는 산소를 얻어 CO_2로 산화되고, 두 번째 반응에서 H_2는 산소를 얻어 H_2O로 산화된다.

02 산화 환원 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있다.

ㄴ. $\overset{+1-1}{2H_2O_2(l)} \longrightarrow \overset{+1-2}{2H_2O(l)} + \overset{0}{O_2(g)}$

반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화 환원 반응이다.

ㄷ. $\overset{0}{2Mg(s)} + \overset{+4-2}{CO_2(g)} \longrightarrow \overset{+2-2}{2MgO(s)} + \overset{0}{C(s)}$

반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화 환원 반응이다.

바로알기 ㄱ. $\overset{+6-2}{SO_3(g)} + \overset{+1-2}{H_2O(l)} \longrightarrow \overset{+1+6-2}{H_2SO_4(aq)}$

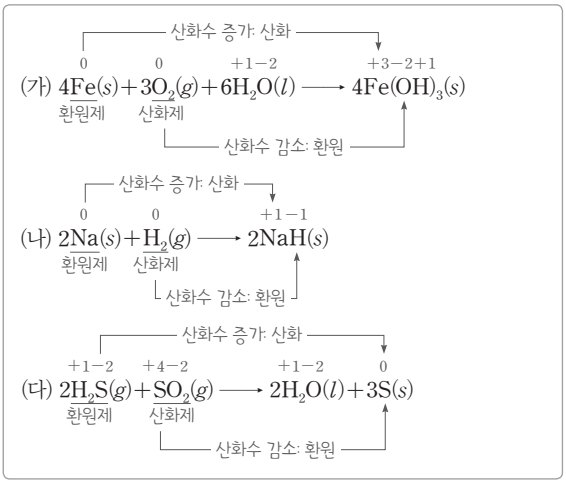
반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

03 ㄷ. N의 산화수는 NO에서 +2이고, NO_2에서 +4이므로 ㉡에서 2 증가한다. N의 산화수는 HNO_3에서 +5이므로 ㉣에서 1 증가한다. 따라서 N의 산화수 변화는 ㉣에서보다 ㉡에서 크다.

바로알기 ㄱ. N의 산화수는 N_2에서 0이고, NH_3에서 −3이다. 즉, N의 산화수가 감소하므로 ㉠에서 N_2는 환원된다.

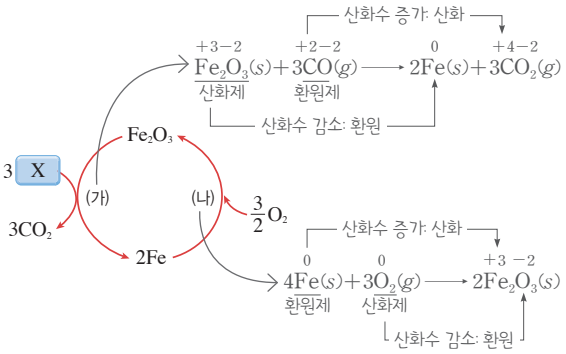
ㄴ. N의 산화수는 NH_3에서 −3이고, NO에서 +2이다. 즉, N의 산화수가 증가하므로 ㉢에서 NH_3는 산화된다.

04 꼼꼼 문제 분석



(가)에서 O의 산화수는 0에서 −2로 감소하므로 O_2는 자신은 환원되면서 Fe을 산화시키는 산화제이다. (나)에서 H의 산화수는 0에서 −1로 감소하므로 H_2는 자신은 환원되면서 Na을 산화시키는 산화제이다. (다)에서 S의 산화수는 SO_2에서 +4이고, S에서 0으로 감소하므로 SO_2은 자신은 환원되면서 H_2S를 산화시키는 산화제이다.

05 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. (가)에서 Fe의 산화수는 +3에서 0으로 3 감소한다.

ㄷ. (나)에서 Fe의 산화수는 0에서 +3으로 증가하므로 Fe은 자신은 산화되면서 O_2를 환원시키는 환원제이다.

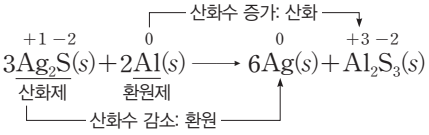
바로알기 ㄱ. (가)에서 C의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 X(CO)는 자신은 산화되면서 Fe_2O_3을 환원시키는 환원제이다.

06 ㄴ. (가)에서 N의 산화수는 N_2에서 0이고, NH_3에서 −3으로 감소하므로 N_2는 자신은 환원되면서 H_2를 산화시키는 산화제이다.

ㄷ. (나)에서 Zn 1몰이 전자 2몰을 잃고 Zn^{2+}을 생성하므로 Zn 1몰이 반응할 때 이동하는 전자는 2몰이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 H_2에서 0이고, NH_3에서 +1이므로 증가한다.

07



ㄱ. Al의 산화수는 0에서 +3으로 증가하므로 Al은 산화된다.

ㄷ. Al_2S_3 1몰이 생성될 때 Al의 산화수가 3 증가하고, 산화되는 Al 원자의 양(mol)이 2몰이므로 이동하는 전자는 6몰이다.

바로알기 ㄴ. Ag의 산화수는 +1에서 0으로 감소하므로 Ag_2S은 자신은 환원되면서 Al을 산화시키는 산화제이다.

08 주어진 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

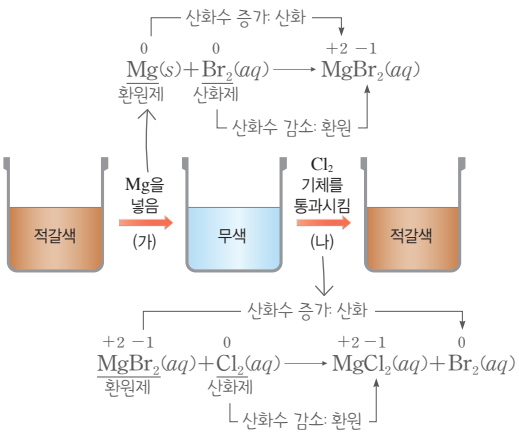
$$\overset{+1-2}{H_2S}(g)+2\overset{+1+5-2}{HNO_3}(aq) \longrightarrow \overset{0}{S}(s)+2\overset{+1-2}{H_2O}(l)+2\overset{+4-2}{NO_2}(g)$$

ㄴ. S의 산화수는 H_2S에서 −2이고, S에서 0이므로 2 증가한다.

ㄷ. S의 산화수는 −2에서 0으로 증가하므로 H_2S는 자신은 산화되면서 HNO_3을 환원시키는 환원제이다.

바로알기 ㄱ. X는 NO_2이고, 이때 N의 산화수는 +4이다.

09 꼼꼼 **문제 분석**



ㄷ. (나)에서 Cl의 산화수는 0에서 −1로 감소하므로 Cl_2는 자신은 환원되면서 $MgBr_2$을 산화시키는 산화제이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 Br의 산화수는 0에서 −1로 감소하므로 Br_2은 환원된다.

ㄴ. (나)에서 Mg의 산화수는 +2로 일정하다.

10

$$a\overset{+2}{Sn}^{2+}(aq)+b\overset{+1}{H}^{+}(aq)+c\overset{+7\ -2}{MnO_4}^{-}(aq) \longrightarrow d\overset{+4}{Sn}^{4+}(aq)+e\overset{+1-2}{H_2O}(l)+f\overset{+2}{Mn}^{2+}(aq)$$

Sn의 산화수는 +2에서 +4로 2 증가하고, Mn의 산화수는 +7에서 +2로 5 감소한다. 이를 바탕으로 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$5Sn^{2+}(aq)+bH^{+}(aq)+\underset{5\times2=10}{2MnO_4^{-}}(aq) \longrightarrow \underset{2\times5=10}{5Sn^{4+}}(aq)+eH_2O(l)+2Mn^{2+}(aq)$$

산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$5Sn^{2+}(aq)+16H^{+}(aq)+2MnO_4^{-}(aq) \longrightarrow 5Sn^{4+}(aq)+8H_2O(l)+2Mn^{2+}(aq)$$

따라서 $a=5$, $b=16$, $c=2$, $d=5$, $e=8$, $f=2$이므로 a~f의 합은 38이다.

11 0.2 M HCl 100 mL에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 0.2 mol/L × 0.1 L = 0.02 mol이다. Mg과 HCl는 1 : 2의 몰비로 반응하므로 0.2 M HCl 100 mL를 모두 환원하는 데 필요한 Mg의 최소 양(mol)은 0.01몰이다. Mg의 원자량이 24이므로 0.2 M HCl 100 mL를 모두 환원하는 데 필요한 Mg의 최소 질량은 0.01 mol × 24 g/mol = 0.24 g이다.

12 ㄱ. 식물의 광합성은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이다.

ㄴ. 염화 칼슘의 용해는 열을 방출하는 발열 반응이므로 눈이 내린 도로에 염화 칼슘을 뿌리면 도로의 눈을 녹일 수 있다.

ㄷ. 철 가루의 산화는 열을 방출하는 발열 반응이므로 이를 이용하여 손난로를 만든다.

ㄹ. 질산 암모늄의 용해는 열을 흡수하는 흡열 반응이므로 이를 이용하여 냉각 팩을 만든다.

13 ㄱ. NO의 분해 반응은 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 에너지 차이만큼 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄴ. 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.

ㄷ. 아연과 염산의 반응은 발열 반응이므로 NO의 분해 반응과 열의 출입 방향이 같다.

14 ㄱ, ㄷ. NaOH 1몰이 물에 용해될 때 방출하는 열량은 용액이 얻은 열량($Q=cm\Delta t$)을 용해된 NaOH의 양(mol)$\left(=\frac{\text{용해된 NaOH의 질량(g)}}{\text{NaOH의 화학식량(g/mol)}}\right)$으로 나누어 구한다. 실험에서 측정한 자료는 물의 질량, 물의 처음 온도, 용해된 NaOH의 질량, 용액의 최고 온도이므로 용액의 비열과 NaOH의 화학식량을 추가로 알아야 한다.

바로알기 ㄴ, ㄹ. NaOH 1몰이 물에 용해될 때 방출하는 열량을 구하는 과정에서 물의 분자량이나 물의 밀도는 필요하지 않다.

15 ㄱ. 물의 온도가 높아진 것으로 보아 과자의 연소는 발열 반응이다.

ㄴ. 과자가 연소할 때 출입(방출)한 열량은 물이 얻은 열량과 같다. 물의 질량은 100 g이고, 온도 변화는 50 ℃(=75 ℃−25 ℃)이므로 비열이 4.2 J/(g·℃)인 물이 얻은 열량은 다음과 같다.

$Q=cm\Delta t=4.2\ \text{J/(g·℃)}\times100\ \text{g}\times50\ ℃=21000\ \text{J}=21\ \text{kJ}$

바로알기 ㄷ. 연소한 과자의 질량은 5 g이므로 과자 1 g이 연소할 때 출입하는 열량은 $\frac{21\ \text{kJ}}{5\ \text{g}}=4.2\ \text{kJ/g}$이다.

16 C_2H_5OH이 연소할 때 방출한 열량은 통열량계 속 물과 통열량계가 얻은 열량과 같다. 물의 질량은 2 kg이고, 물의 온도 변화는 10 ℃(=35 ℃−25 ℃)이며, 물의 비열은 4.2 kJ/(kg·℃)이다. 통열량계의 열용량이 3 kJ/℃이므로 통열량계 속 물과 통열량계가 얻은 열량은 다음과 같다.

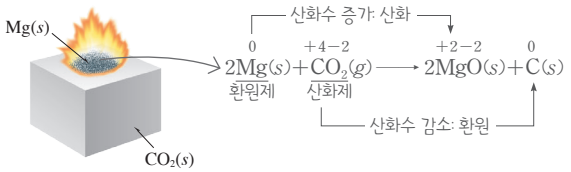
방출한 열량(Q)=물이 얻은 열량+통열량계가 얻은 열량

$=c_{물}m_{물}\Delta t+C_{통열량계}\Delta t$

$=4.2\ \text{kJ/(kg·℃)}\times2\ \text{kg}\times10\ ℃+3\ \text{kJ/℃}\times10\ ℃=114\ \text{kJ}$

연소한 C_2H_5OH의 질량은 4 g이므로 C_2H_5OH 1 g이 연소할 때 방출하는 열량은 $\frac{114\ \text{kJ}}{4\ \text{g}}=28.5\ \text{kJ/g}$이다.

17 꼼꼼 문제 분석



모범답안 산화제: CO_2, 환원제: Mg, C의 산화수는 CO_2에서 +4이고, C에서 0으로 감소하므로 CO_2는 자신은 환원되면서 Mg을 산화시키는 산화제이다. Mg의 산화수는 Mg에서 0이고, MgO에서 +2로 증가하므로 Mg은 자신은 산화되면서 CO_2를 환원시키는 환원제이다.

채점 기준	배점
산화제와 환원제를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
산화제와 환원제만 옳게 쓴 경우	40 %

18 **모범답안** 0.5몰, $C_2O_4^{2-}$과 MnO_4^-은 5 : 2의 몰비로 반응하므로 MnO_4^- 0.2몰을 모두 환원하는 데 필요한 $C_2O_4^{2-}$의 최소 양(mol)은 0.5몰이다.

채점 기준	배점
$C_2O_4^{2-}$의 최소 양(mol)을 옳게 구하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
$C_2O_4^{2-}$의 최소 양(mol)만 옳게 구한 경우	40 %

19 HCl과 KOH 수용액의 중화 반응에서 방출한 열량은 용액이 얻은 열량과 같다. 용액의 밀도가 1 g/mL이므로 혼합 용액의 질량은 200 g이다. 용액의 온도 변화는 6 ℃(=31 ℃−25 ℃)이고, 용액의 비열은 4.2 J/(g·℃)이다.

모범답안 50400 J/mol, HCl과 KOH 수용액의 중화 반응에서 방출한 열량(Q)은 다음과 같다.

$Q=cm\Delta t=4.2\ \text{J/(g·℃)}\times200\ \text{g}\times6\ ℃=5040\ \text{J}$

1 M HCl 100 mL와 1 M KOH 수용액 100 mL에 들어 있는 H^+과 OH^-의 양(mol)은 각각 0.1몰이므로, 생성된 물의 양(mol)은 0.1몰이다. 물 0.1몰이 생성될 때 방출한 열량이 5040 J이므로 물 1몰이 생성될 때 방출하는 열량은 50400 J/mol이다.

채점 기준	배점
방출하는 열량을 옳게 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	50 %
방출하는 열량만 옳게 구한 경우	30 %

수능 실전 문제 300쪽~303쪽

1 ① 2 ③ 3 ① 4 ⑤ 5 ③ 6 ① 7 ① 8 ③
9 ⑤ 10 ④ 11 ⑤ 12 ③ 13 ② 14 ③ 15 ④

1 꼼꼼 문제 분석

(가) $\overset{0}{H_2}(g)+\overset{0}{I_2}(g)\longrightarrow\overset{+1-1}{2HI}(g)$

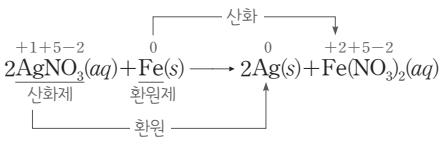
(나) $\overset{+4-2}{SO_2}(g)+\overset{+1-2}{H_2O}(l)\longrightarrow\overset{+1+4-2}{H_2SO_3}(aq)$

(다) $\overset{+1+5-2}{HNO_3}(aq)+\overset{+1-2+1}{KOH}(aq)\longrightarrow\overset{+1-2}{H_2O}(l)+\overset{+1+5-2}{KNO_3}(aq)$

전략적 풀이 주어진 반응에서 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수가 변하는 원자가 있는 반응을 찾는다.

산화 환원 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있다. (가)에서 H의 산화수는 0에서 +1로 증가하고, I의 산화수는 0에서 −1로 감소한다. 즉, 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화 환원 반응이다. (나)와 (다)에서는 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 (나)와 (다)는 산화 환원 반응이 아니다.

2 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

ㄱ. Fe은 환원제로 작용한다.

ㄴ. 못의 전체 질량은 반응 후가 반응 전보다 크다.

ㄷ. 수용액의 전체 이온 수는 반응 후가 반응 전보다 많다. 적다

전략적 풀이 ❶ 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 찾는다.

ㄱ. Fe의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 Fe은 자신은 산화되면서 $AgNO_3$을 환원시키는 환원제이다.

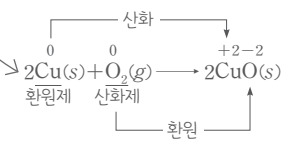
❷ 반응이 일어날 때 이온 수 변화를 파악한다.

ㄴ. Fe 1개가 Fe^{2+}으로 산화되어 수용액에 녹아 들어갈 때 Ag^+ 2개가 Ag 2개로 환원되어 석출되고, 원자량은 Ag이 Fe보다 크므로 못의 전체 질량은 반응 후가 반응 전보다 크다.

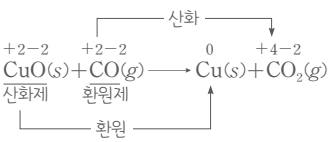
ㄷ. Ag^+ 2개가 감소할 때 Fe^{2+} 1개가 생성되고, NO_3^- 수는 반응 전후에 변화가 없으므로 수용액의 전체 이온 수는 반응 후가 반응 전보다 적다.

3 꼼꼼 문제 분석

(가) Cu를 공기 중에서 가열하였더니 산화 구리(Ⅱ)(CuO)가 생성되었다.



(나) CuO를 일산화 탄소(CO) 기체와 반응시켰더니 Cu로 변하였고 기체 X가 생성되었다.



선택지 분석

ㄱ. X는 CO_2이다.

ㄴ. (가)에서 Cu는 산화제이다. 환원제

ㄷ. (나)에서 C의 산화수는 2 감소한다. 증가

전략적 풀이 ❶ (나)에서 기체 X가 무엇인지 생각해 본다.

ㄱ. (나)에서 X는 CO_2이다.

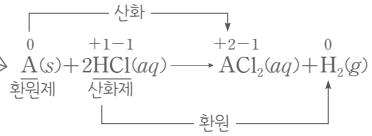
❷ 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 찾는다.

ㄴ. (가)에서 Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 Cu는 자신은 산화되면서 O_2를 환원시키는 환원제이다.

ㄷ. (나)에서 C의 산화수는 CO에서 +2이고, X(CO_2)에서 +4이므로 2 증가한다.

4 꼼꼼 문제 분석

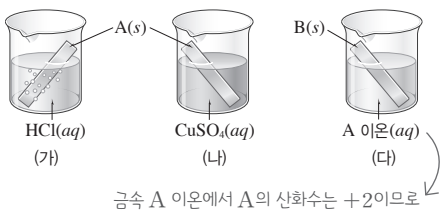
(가) 금속 A를 염산(HCl)에 넣었더니 수소(H_2) 기체가 발생하였다.



(나) 금속 A를 황산 구리(Ⅱ)($CuSO_4$) 수용액에 넣었더니 수용액의 밀도가 감소하였다.

$A(s)+Cu^{2+}(aq) \longrightarrow A^{2+}(aq)+Cu(s)$

(다) 금속 A 이온이 들어 있는 수용액에 금속 B를 넣었더니 수용액의 양이온 수가 감소하였다.



선택지 분석

ㄱ. (가)에서 HCl은 산화제이다.

ㄴ. 원자량은 A가 Cu보다 작다.

ㄷ. 금속 B 이온에서 B의 산화수는 +2보다 크다.

전략적 풀이 ❶ 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 찾는다.

ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 +1에서 0으로 감소하므로 HCl은 자신은 환원되면서 금속 A를 산화시키는 산화제이다.

❷ (나)에서 일어나는 반응을 파악하고, 밀도가 감소한 까닭을 원자량과 관련하여 생각해 본다.

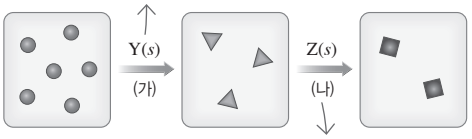
ㄴ. 금속 A 이온에서 A의 산화수는 +2이고, 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같으므로 금속 A 이온의 전하는 +2이다. 따라서 (나)에서 Cu^{2+} 1개가 감소할 때 A^{2+} 1개가 생성된다. 이때 수용액의 밀도가 감소한 것으로 보아 A^{2+} 1개의 질량은 Cu^{2+} 1개의 질량보다 작다는 것을 알 수 있다. 즉, 원자량은 A가 Cu보다 작다.

❸ (다)에서 양이온 수 변화로 금속 B 이온의 전하를 파악한다.

ㄷ. (다)에서 A^{2+}이 들어 있는 수용액에 금속 B를 넣었을 때 수용액의 양이온 수가 감소한 것으로 보아 감소한 A^{2+} 수보다 생성된 금속 B 이온 수가 적다는 것을 알 수 있다. 따라서 금속 B 이온의 전하는 +2보다 크다. 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같으므로 금속 B 이온에서 B의 산화수는 +2보다 크다.

5 문제 분석

금속 X 이온과 금속 Y는 2 : 1의 개수비로 반응한다.
$\rightarrow 2X^{+} + Y \longrightarrow 2X + Y^{2+}$



금속 Y 이온과 금속 Z는 3 : 2의 개수비로 반응한다.
$\rightarrow 3Y^{2+} + 2Z \longrightarrow 3Y + 2Z^{3+}$

선택지 분석

ㄱ. (가)에서 ●은 산화제로 작용한다.

ㄴ. (나)에서 ▲은 환원제로 작용한다. 산화제

ㄷ. ▲과 ■의 산화수의 비는 2 : 3이다.

전략적 풀이 ❶ 산화된 물질과 환원된 물질을 파악한다.

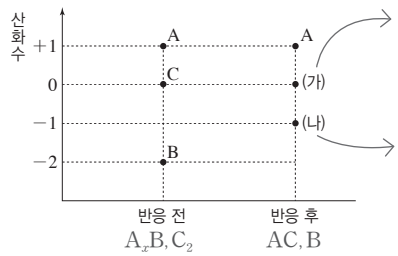
ㄱ. (가)에서 금속 Y를 넣었을 때 금속 X 이온인 ●은 금속 X로 모두 환원되면서 금속 Y를 산화시키므로 ●은 산화제이다.

ㄴ. (나)에서 금속 Z를 넣었을 때 금속 Y 이온인 ▲은 금속 Y로 모두 환원되면서 금속 Z를 산화시키므로 ▲은 산화제이다.

❷ 양이온 수 변화로 (가)와 (나)에서 일어나는 반응을 화학 반응식으로 나타내고 금속 양이온의 전하를 파악한다.

ㄷ. 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같으므로 두 이온의 산화수의 비는 전하의 비와 같다. (가)에서 금속 X 이온과 금속 Y는 2 : 1의 개수비로 반응하므로 $2X^{+} + Y \longrightarrow 2X + Y^{2+}$이고, (나)에서 금속 Y 이온과 금속 Z는 3 : 2의 개수비로 반응하므로 $3Y^{2+} + 2Z \longrightarrow 3Y + 2Z^{3+}$이다. 즉, 금속 Y 이온의 전하는 +2이고, 금속 Z 이온의 전하는 +3이므로 ▲과 ■의 산화수의 비는 2 : 3이다.

6 문제 분석



원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이다. → (가)는 B이다.

AC에서 A의 산화수는 +1이므로 C의 산화수는 −1이다. → (나)는 C이다.

선택지 분석

ㄱ. A_xB에서 x는 2이다.

ㄴ. (가)는 C이고, (나)는 B이다.

ㄷ. A~C 중 A의 전기 음성도가 가장 크다. 작다

전략적 풀이 ❶ 산화수를 정하는 규칙을 생각해 본다.

ㄱ. 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. A_xB에서 A의 산화수는 +1이고, B의 산화수는 −2이므로 $(+1)\times x+(-2)=0$, $x=2$이다.

ㄴ. 반응 후 생성물은 AC와 B이다. AC에서 A의 산화수는 +1이므로 C의 산화수는 −1이다. 따라서 (나)는 C이다. 원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이므로 (가)는 B이다.

❷ 공유 결합 물질에서 산화수와 전기 음성도의 관계를 파악한다.

ㄷ. 공유 결합 물질의 구성 원자 중에서 전기 음성도가 큰 원자는 공유 전자쌍을 얻은 것이므로 산화수가 음수이고, 전기 음성도가 작은 원자는 공유 전자쌍을 잃은 것이므로 산화수가 양수이다. A_xB에서 A의 산화수는 양수이고, AC에서도 A의 산화수는 양수이므로 A~C 중 A의 전기 음성도가 가장 작다.

7 문제 분석

화합물	CH_4 (XH_4)	NH_3 (YH_3)	NF_3 (YF_3)
중심 원자의 산화수	−4	a (−3)	b (+3)

선택지 분석

ㄱ. a와 b의 합은 0이다.

ㄴ. X의 플루오린 화합물 XF_4에서 X의 산화수는 −4이다. +4

ㄷ. X의 산화물인 XO의 화학 반응 $2XO + O_2 \longrightarrow 2XO_2$에서 X의 산화수는 2 감소한다. 증가

전략적 풀이 ❶ X와 Y는 2주기 원소이고 옥텟 규칙을 만족한다는 것을 바탕으로 X와 Y에 해당하는 원소를 알아내고, 중심 원자의 산화수를 파악한다.

ㄱ. X와 Y는 2주기 원소이고 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 C이고, Y는 N이다. $YH_3(NH_3)$에서 H의 산화수는 +1이므로 Y의 산화수(a)는 −3이다. $YF_3(NF_3)$에서 F의 산화수는 −1이므로 Y의 산화수(b)는 +3이다. 따라서 a와 b의 합은 0이다.

❷ 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 파악한다.

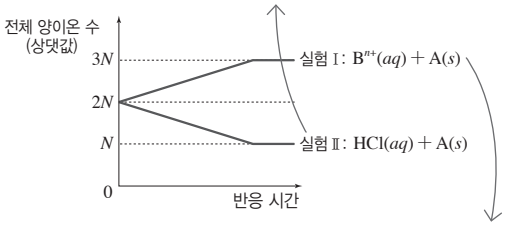
ㄴ. $XF_4(CF_4)$에서 F의 산화수는 −1이므로 X의 산화수는 +4이다.

ㄷ. X의 산화수는 XO(CO)에서 +2이고, $XO_2(CO_2)$에서 +4이므로 2 증가한다.

8 꼼꼼 문제 분석

B^{n+}이 들어 있는 수용액과 HCl에 충분한 양의 금속 A를 각각 넣어 반응시키므로 B^{n+}이 들어 있는 수용액의 B^{n+}과 HCl의 H^+은 모두 반응한다.

실험 Ⅱ에서 H^+ $2N$이 모두 반응하여 금속 A 이온 N이 생성된다. ➡ 금속 A 이온에서 A의 산화수는 +2이다.



실험 Ⅰ에서 B^{n+} $2N$이 모두 반응하여 A^{2+} $3N$이 생성된다. ➡ B^{n+}에서 B의 산화수는 +3이다.

선택지 분석

ㄱ. $\frac{\text{A 이온에서 A의 산화수}}{B^{n+}\text{에서 B의 산화수}}$는 $\frac{2}{3}$이다.

ㄴ. 실험 Ⅰ에서 수용액의 밀도는 반응 후가 반응 전보다 크다.

ㄷ. 실험 Ⅱ에서 금속 A는 산화제로 작용한다. 환원제

전략적 풀이

❶ 양이온 수 변화로 금속 이온의 산화수를 파악한다.

ㄱ. 실험 Ⅱ에서 HCl에 들어 있는 H^+ $2N$이 모두 반응하여 금속 A 이온 N이 생성된다. 따라서 금속 A 이온의 전하는 +2이고, A^{2+}에서 A의 산화수는 +2이다. 실험 Ⅰ에서 B^{n+}이 들어 있는 수용액의 B^{n+} $2N$이 모두 반응하여 A^{2+} $3N$이 생성된다. 따라서 B^{n+}의 전하는 +3이고, B^{3+}에서 B의 산화수는 +3이다. 그러므로 $\frac{\text{A 이온에서 A의 산화수}}{B^{n+}\text{에서 B의 산화수}}$는 $\frac{2}{3}$이다.

ㄴ. 실험 Ⅰ에서 반응 전 수용액에 B^{3+} $2N$이 있다면 반응 후 수용액에는 A^{2+} $3N$이 있다. 이때 원자량은 A가 B보다 크므로 수용액의 밀도는 반응 후가 반응 전보다 크다.

❷ 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 파악한다.

ㄷ. 실험 Ⅱ에서 A의 산화수는 0에서 +2로 증가하므로 금속 A는 자신은 산화되면서 HCl을 환원시키는 환원제로 작용한다.

9 꼼꼼 문제 분석

$$\overset{+1\ +6\ -2}{Na_2Cr_2O_7}(s)+\underset{\text{㉠}}{\overset{0}{2C}}(s)\longrightarrow \overset{+3\ -2}{Cr_2O_3}(s)+\underset{\text{㉡}}{\overset{+1+4-2}{Na_2CO_3}}(s)+\underset{\text{㉢}}{\overset{+2-2}{CO}}(g)$$

선택지 분석

ㄱ. ㉠, ㉡, ㉢의 산화수의 합은 6이다.

ㄴ. Cr의 산화수는 +6에서 +3으로 3 감소한다.

ㄷ. ㉠ 6 g이 산화될 때 반응한 $Na_2Cr_2O_7$의 양(mol)은 0.25몰이다.

전략적 풀이

❶ 주어진 반응에서 각 원자의 산화수를 구한다.

ㄱ. C의 산화수는 ㉠에서 0, ㉡에서 +4, ㉢에서 +2이다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢의 산화수의 합은 6이다.

ㄴ. Cr의 산화수는 $Na_2Cr_2O_7$에서 +6이고, Cr_2O_3에서 +3으로 3 감소한다.

❷ 산화 환원 반응식으로부터 반응하는 물질 사이의 양적 관계를 확인한다.

ㄷ. 주어진 화학 반응식으로부터 $Na_2Cr_2O_7$과 C는 1 : 2의 몰비로 반응함을 알 수 있다. C의 원자량이 12이므로 C 6 g은 $\frac{6\text{ g}}{12\text{ g/mol}}=0.5$ mol이다. 따라서 C 6 g이 산화될 때 반응한 $Na_2Cr_2O_7$의 양(mol)은 0.25몰이다.

10 꼼꼼 문제 분석

1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.

$$\overset{+1\ +7-2}{aKMnO_4}(aq)+\overset{+1-1}{bHCl}(aq)\longrightarrow \overset{+1-1}{cKCl}(aq)+\overset{+2\ -1}{dMnCl_2}(aq)+\overset{+1-2}{8H_2O}(l)+\overset{0}{eCl_2}(g)$$

(1 증가, 5 감소)

2단계) 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수가 다른 경우 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수를 맞추고, 증가한 산화수와 감소한 산화수를 각각 계산한다.

산화되는 Cl 원자 수가 다르므로 맞추어 준다. ➡ 증가한 산화수: $1\times2=2$

$$aKMnO_4(aq)+2HCl(aq)\longrightarrow cKCl(aq)+dMnCl_2(aq)+8H_2O(l)+eCl_2(g)$$

환원되는 Mn 원자 수가 같다. ➡ 감소한 산화수: $5\times1=5$

3단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$2KMnO_4(aq)+10HCl(aq)\longrightarrow cKCl(aq)+2MnCl_2(aq)+8H_2O(l)+5Cl_2(g)$$

($2\times5=10$, $5\times2=10$)

4단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.

$$2KMnO_4(aq)+16HCl(aq)\longrightarrow 2KCl(aq)+2MnCl_2(aq)+8H_2O(l)+5Cl_2(g)$$

선택지 분석

ㄱ. HCl은 산화제이다. 환원제

ㄴ. Mn의 산화수는 5 감소한다.

ㄷ. Cl_2 1몰이 생성될 때 반응한 $KMnO_4$의 양(mol)은 0.4몰이다.

전략적 풀이

❶ 주어진 반응에서 각 원자의 산화수를 구한다.

ㄱ. Cl의 산화수는 HCl에서 −1이고, Cl_2에서 0으로 증가하므로 HCl은 자신은 산화되면서 $KMnO_4$을 환원시키는 환원제이다.

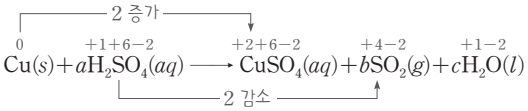
ㄴ. Mn의 산화수는 $KMnO_4$에서 +7이고, $MnCl_2$에서 +2이므로 5 감소한다.

❷ 완성된 산화 환원 반응식에서 물질 사이의 양적 관계를 확인한다.

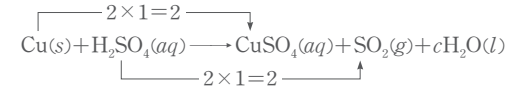
ㄷ. $KMnO_4$과 Cl_2의 계수비가 2 : 5이므로 Cl_2 1몰이 생성될 때 반응한 $KMnO_4$의 양(mol)은 0.4몰이다.

11 꼼꼼 문제 분석

1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.

$Cu(s)+2H_2SO_4(aq) \longrightarrow CuSO_4(aq)+SO_2(g)+2H_2O(l)$

실험	$H_2SO_4(aq)$의 부피(L)	발생한 $SO_2(g)$의 부피(L)
Ⅰ	1	1.2 → 0.05몰
Ⅱ	1.5	1.8 → 0.075몰
Ⅲ	2.5	2.4 → 0.1몰

실험 Ⅲ에서 넣어 준 H_2SO_4의 부피(2.5 L)는 실험 Ⅰ과 Ⅱ에서 넣어 준 H_2SO_4의 부피 합(1 L+1.5 L)과 같다.

실험 Ⅲ에서 H_2SO_4 2.5 L가 남김없이 모두 반응한다면 발생한 SO_2의 부피는 실험 Ⅰ과 Ⅱ에서 발생한 SO_2의 부피 합과 같은 3 L이어야 하는데 2.4 L이다. ➡ 시료 속 Cu는 모두 반응하였다.

선택지 분석

㉠ 실험 Ⅰ에서 생성된 H_2O의 양(mol)은 0.1몰이다.

㉡ 시료에서 순수한 Cu의 함량은 64 %이다.

㉢ 실험 Ⅱ에서 반응 후 혼합 용액에는 Cu 1.6 g이 남아 있다.

전략적 풀이 ❶ 완성된 산화 환원 반응식에서 물질 사이의 양적 관계를 파악한다.

ㄱ. 기체 1몰의 부피는 24 L이고 실험 Ⅰ에서 발생한 SO_2의 부피가 1.2 L이므로 발생한 SO_2의 양(mol)은 $\frac{1.2\text{ L}}{24\text{ L/mol}}=0.05\text{ mol}$이다. 완성된 산화 환원 반응식에서 SO_2과 H_2O의 계수비는 1 : 2이므로 생성된 H_2O의 양(mol)은 0.1몰이다.

❷ 실험 자료를 바탕으로 시료 속에 들어 있는 Cu가 완전히 반응한 조건을 확인한다.

ㄴ. 실험 Ⅰ에서 H_2SO_4 1 L와 시료가 반응하여 발생한 SO_2의 부피가 1.2 L이고, 실험 Ⅱ에서 H_2SO_4 1.5 L와 시료가 반응하여 발생한 SO_2의 부피가 1.8 L이므로 실험 Ⅲ에서 H_2SO_4 2.5 L가 남김없이 모두 반응한다면 발생한 SO_2의 부피는 3 L이어야 한다. 그런데 SO_2 2.4 L가 발생한 것으로 보아 H_2SO_4은 충분하여 모두 반응하지 않았고, 시료 속 Cu만 모두 반응하였음을 알 수 있다.

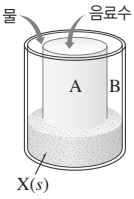
완성된 산화 환원 반응식에서 Cu와 SO_2의 계수비는 1 : 1이다. 실험 Ⅲ에서 발생한 SO_2의 부피가 2.4 L이므로 발생한 SO_2의 양(mol)은 $\frac{2.4\text{ L}}{24\text{ L/mol}}=0.1\text{ mol}$이고, 반응한 Cu의 양(mol)은 0.1몰이다. Cu의 원자량이 64이므로 반응한 Cu의 질량은 0.1 mol × 64 g/mol = 6.4 g이다. 이로부터 시료 10 g에 들어 있는 Cu의 질량은 6.4 g이며, 시료에서 순수한 Cu의 함량은 $\frac{6.4\text{ g}}{10\text{ g}}\times 100=64\text{ %}$임을 알 수 있다.

ㄷ. 실험 Ⅱ에서 발생한 SO_2의 부피가 1.8 L이므로 발생한 SO_2의 양(mol)은 $\frac{1.8\text{ L}}{24\text{ L/mol}}=0.075\text{ mol}$이다. 완성된 산화 환원 반응식에서 Cu와 SO_2의 계수비는 1 : 1이므로 반응한 Cu의 양(mol)은 0.075몰이다. Cu 0.075몰의 질량은 0.075 mol × 64 g/mol = 4.8 g이고, 시료 10 g에 들어 있는 Cu의 질량은 6.4 g이므로 실험 Ⅱ에서 반응 후 혼합 용액에는 Cu 1.6 g이 남아 있다.

12 꼼꼼 문제 분석

(가) A와 B 부분으로 구분되어 있는 음료수 캔의 A 부분에는 음료수를 넣고, 고체 X가 들어 있는 B 부분에는 25 ℃(처음 온도)의 물을 넣었다.

(나) 고체 X를 물에 완전히 녹였더니 B 부분에 들어 있는 용액의 온도가 19 ℃가 되었다. ⟶ 용액의 온도가 낮아졌다. ➡ X의 용해는 흡열 반응이다.



선택지 분석

㉠ A 부분에 넣은 음료수는 시원해진다.

㉡ 에너지 합은 생성물이 반응물보다 작다. 크다

㉢ 고체 X가 완전히 용해되지 않으면 용액의 온도는 19 ℃보다 높게 측정된다.

전략적 풀이 ❶ X가 물에 용해될 때 열의 출입을 이해한다.

ㄱ. 용액의 온도가 낮아진 것으로 보아 고체 X의 용해는 흡열 반응이다. 따라서 A 부분에 넣은 음료수는 시원해진다.

❷ 흡열 반응에서 생성물과 반응물의 에너지 차이를 생각해 본다.

ㄴ. 흡열 반응에서 생성물의 에너지 합은 반응물의 에너지 합보다 크다.

❸ 고체 X가 용해될 때 흡수한 열량($Q=cm\Delta t$)과 온도 변화의 관계를 파악한다.

ㄷ. 고체 X가 완전히 용해되지 않으면 흡수하는 열량이 작아지므로 용액의 온도는 19 ℃보다 높게 측정된다.

13 꼼꼼 문제 분석

- 25 ℃의 물 96 g에 $CaCl_2$ 4 g을 넣고 완전히 녹였더니 용액의 온도가 31 ℃가 되었다. → 발열 반응
- 25 ℃의 물 96 g에 NH_4NO_3 4 g을 넣고 완전히 녹였더니 용액의 온도가 22 ℃가 되었다. → 흡열 반응

선택지 분석

ㄱ. $CaCl_2$의 용해는 냉각 팩에 이용할 수 있다. 없다

ㄴ. NH_4NO_3의 용해는 발열 반응이다. 흡열

ㄷ. 1 g이 물에 용해될 때 출입하는 열량은 $CaCl_2$이 NH_4NO_3보다 크다.

전략적 풀이 ❶ 반응 전후 온도 변화로부터 열의 출입을 이해한다.

ㄱ. $CaCl_2$이 물에 용해될 때 용액의 온도가 높아지므로 $CaCl_2$의 용해는 발열 반응이다. 따라서 냉각 팩에 이용할 수 없다.

ㄴ. NH_4NO_3이 물에 용해될 때 용액의 온도가 낮아지므로 NH_4NO_3의 용해는 흡열 반응이다.

❷ $Q=cm\Delta t$에서 열량 값에 영향을 주는 요인을 생각해 본다.

ㄷ. 물에 녹인 $CaCl_2$과 NH_4NO_3의 질량이 4 g으로 같고, 두 수용액의 비열이 같으므로 온도 변화가 클수록 출입하는 열량이 크다. 따라서 출입하는 열량은 온도 변화가 큰 $CaCl_2$이 NH_4NO_3보다 크다.

14 꼼꼼 문제 분석

체내에서 연소한 $C_6H_{12}O_6$은 45 g, 즉 0.25몰이다.

$C_6H_{12}O_6$ 1몰이 연소할 때 발생한 열량이 2860 kJ/mol이므로 $C_6H_{12}O_6$ 0.25몰이 연소할 때 발생한 열량은 715 kJ이다.

체내에서 $C_6H_{12}O_6$ 1몰이 연소할 때 발생한 열량(kJ/mol)	2860
$C_6H_{12}O_6$의 분자량	180

선택지 분석

ㄱ. 생성된 이산화 탄소(CO_2)는 1.5몰이다.

ㄴ. $C_6H_{12}O_6$의 연소로 발생한 열량은 2860 kJ이다. 715

ㄷ. $C_6H_{12}O_6$의 연소로 체온은 0.5 ℃ 높아진다.

전략적 풀이 ❶ $C_6H_{12}O_6$의 연소를 화학 반응식으로 나타낸다.

ㄱ. $C_6H_{12}O_6$의 연소를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.

$C_6H_{12}O_6(s)+6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g)+6H_2O(g)$

체내에서 연소한 $C_6H_{12}O_6$은 45 g으로 $\frac{45\text{ g}}{180\text{ g/mol}}=0.25\text{ mol}$이다. 화학 반응식에서 $C_6H_{12}O_6$과 CO_2의 계수비는 1 : 6이므로 $C_6H_{12}O_6$ 45 g(0.25몰)이 연소할 때 CO_2 1.5몰이 발생한다.

❷ $C_6H_{12}O_6$ 1몰이 연소할 때 발생한 열량으로부터 $C_6H_{12}O_6$ 45 g이 연소할 때 발생한 열량을 구한다.

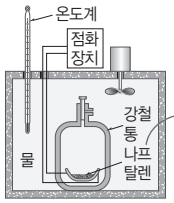
ㄴ. $C_6H_{12}O_6$ 1몰이 연소할 때 발생한 열량이 2860 kJ/mol이므로 $C_6H_{12}O_6$ 45 g(0.25몰)이 연소할 때 발생한 열량은 2860 kJ/mol × 0.25 mol = 715 kJ이다.

❸ $Q=C\Delta t$을 이용하여 온도 변화를 계산한다.

ㄷ. $C_6H_{12}O_6$의 연소로 발생한 열량 715 kJ 중 20 %인 143 kJ만 체온을 높이는 데 쓰인다. 따라서 $C_6H_{12}O_6$의 연소로 높아진 체온(Δt)은 다음과 같다.

$Q=C\Delta t$이므로 143 kJ = 286 kJ/℃ × Δt, Δt = 0.5 ℃이다.

15 꼼꼼 문제 분석



나프탈렌이 연소할 때 방출한 열량(Q) = 물이 얻은 열량 + 통열량계가 얻은 열량 = $c_{물}m_{물}\Delta t+C_{통열량계}\Delta t$

선택지 분석

ㄱ. 물이 얻은 열량은 102 kJ이다. 84

ㄴ. 나프탈렌 1몰이 연소할 때 방출하는 열량은 1020 kJ/mol이다.

ㄷ. 나프탈렌이 불완전 연소하면 물의 온도는 35 ℃보다 낮게 측정된다.

전략적 풀이 ❶ 화학 반응에서 출입하는 열량을 계산한다.

ㄱ. 물의 질량은 2 kg이고, 물의 온도 변화는 10 ℃(= 35 ℃ − 25 ℃)이며, 물의 비열은 4.2 kJ/(kg·℃)이므로 나프탈렌이 연소할 때 물이 얻은 열량은 다음과 같다.

$Q=c_{물}m_{물}\Delta t$ = 4.2 kJ/(kg·℃) × 2 kg × 10 ℃ = 84 kJ

ㄴ. 나프탈렌이 연소할 때 방출한 열량은 통열량계 속 물과 통열량계가 얻은 열량과 같다. 통열량계의 열용량은 1.8 kJ/℃이므로 통열량계 속 물과 통열량계가 얻은 열량은 다음과 같다.

방출한 열량(Q)

$=c_{물}m_{물}\Delta t+C_{통열량계}\Delta t$

= 4.2 kJ/(kg·℃) × 2 kg × 10 ℃ + 1.8 kJ/℃ × 10 ℃ = 102 kJ

연소한 나프탈렌의 질량은 12.8 g으로 $\frac{12.8\text{ g}}{128\text{ g/mol}}=0.1\text{ mol}$이다. 따라서 나프탈렌 1몰이 연소할 때 방출하는 열량은 $\frac{102\text{ kJ}}{0.1\text{ mol}}=1020\text{ kJ/mol}$이다.

❷ 나프탈렌이 연소할 때 방출한 열량과 온도 변화의 관계를 파악한다.

ㄷ. 나프탈렌이 불완전 연소하면 방출하는 열량이 작아지므로 물의 온도는 35 ℃보다 낮게 측정된다.