

화학의 첫걸음

1 화학과 우리 생활

1 화학과 우리 생활

개념 확인 문제

13쪽

- ① 암모니아 ② 화학 비료 ③ 합성 섬유 ④ 합성염료
⑤ 화석 연료 ⑥ 건축 재료 ⑦ 합성 의약품

1 암모니아, NH_3 2 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ 3 (1) ㉠
(2) ㉡ (3) ㉢ 4 (1) ○ (2) ○ (3) × 5 콘크리트 6 (가) 페니
실린 (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, 값이 비싸며 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 있으며 잘 구겨지지 않고 흡습성이 없으며 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 이용된다.
(2) 폴리에스터는 탄성과 신축성이 있으며 잘 구겨지지 않고 빨리 마르므로 양복, 와이셔츠 등에 이용된다.
(3) 폴리아크릴은 보온성이 있어 니트, 양말 등에 이용된다.

- 4 (1) 화석 연료는 연소 과정에서 많은 에너지를 방출하여 가정에서 난방과 취사 등에 이용된다.
(2) 시멘트, 콘크리트, 철, 알루미늄 등의 건축 재료를 얻는 데 화학적 방법이 이용되고 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.

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

6 (가) 페니실린은 플레밍이 푸른곰팡이에서 발견한 최초의 항생제이고 제2차 세계대전 중 상용화되면서 수많은 환자의 목숨을 구했다.

(나) 아스피린은 호프만이 버드나무 껍질에서 분리한 살리실산으로 합성한 최초의 합성 의약품의 상품명이다.

개념 확인 문제

18쪽

- ① 탄소 화합물 ② 4 ③ 탄화수소 ④ 하이드록시기($-\text{OH}$)
⑤ 카복실기($-\text{COOH}$) ⑥ 메테인(CH_4) ⑦ 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ⑧ 아세트산(CH_3COOH)

1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × 2 탄소 3 (1) ○ (2) ×
(3) ○ 4 (1) 아세트산 (2) 포알데하이드 (3) 아세톤 (4) 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), (3) 탄소 화합물이 다양한 까닭은 C 원자가 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합을 할 수 있고, 탄소 원자끼리 결합하여 다양한 길이와 구조의 화합물을 만들 수 있기 때문이다.
(4) 탄소 화합물 중 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어진 탄화수소는 완전 연소되었을 때 이산화 탄소와 물만 생성된다.
(5) 탄화수소는 일반적으로 탄소 수가 많을수록 끓는점이 높다.

2 탄화수소는 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어져 있다.

- 3 (1) (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)에서 H 원자 1개 대신 하이드록시기($-\text{OH}$) 1개가 결합한 구조를 이루고 있는 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이다.
(2) (가)의 메테인은 C와 H로만 이루어져 있으므로 탄화수소이지만, (나)의 에탄올은 C와 H 이외에도 O를 포함하고 있으므로 탄화수소가 아니다.

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

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) 아세톤(CH_3COCH_3)은 물에 잘 녹으며 여러 가지 탄소 화합물을 잘 녹이는 성질이 있어서 용매로 이용된다.

(4) 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)은 술의 성분으로 예로부터 과일과 곡물에 있는 녹말이나 당을 발효시켜 얻었다.

대표 자료 분석

19쪽

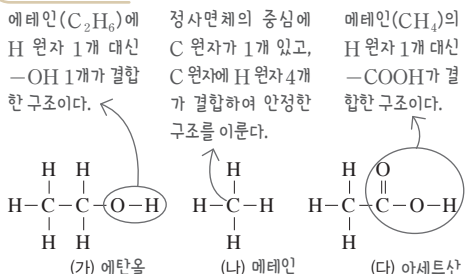
- 자료 1** 1 ㉠ 암모니아, ㉡ 철, ㉢ 나일론 2 식량 문제: (가), 의류 문제: (다), 주거 문제: (나) 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×
- 자료 2** 1 (가) 에탄올 (나) 메테인 (다) 아세트산 2 이산화탄소(CO_2), 물(H_2O) 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○

1-1.2 품공 문제 분석

- (가) 하버는 ㉠을 대량으로 합성하는 제조 공정을 고안하여 화학 비료를 대량 생산할 수 있게 되었다.
→ 농업 생산량의 증대로 식량 문제 해결
- (나) 철광석을 제련하여 ㉡을 만드는 기술이 개발되었다.
→ 대규모 주거 공간의 건축이 가능해져 주거 문제 해결
- (다) 캐러더스는 최초의 합성 섬유인 ㉢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, 밧줄, 그물 등에 이용되는 합성 섬유이다.
- (4) 철근 콘크리트는 콘크리트 속에 철근(철)을 넣어 강도를 높인 건축 재료로, 대규모 건축물에 이용된다.
- (5) 화학 비료의 개발로 농업 생산량이 크게 증대되어 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 품공 문제 분석



(가)는 알코올의 한 종류인 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이고, (나)는 탄화수소의 한 종류인 메테인(CH_4)이며, (다)는 카복실산의 한 종류인 아세트산(CH_3COOH)이다.

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

2-3 (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 물에 녹으면 수소 이온을 내놓아 산성을 나타내지만, (가)의 에탄올은 물에 녹아도 이온을 내놓지 않는다.

(6) 실온에서 액체 상태로 존재하는 물질은 (가)의 에탄올과 (다)의 아세트산이다. (나)의 메테인은 실온에서 기체 상태로 존재한다.

(7) $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는 (가) $\frac{6}{2}=3$, (나) $\frac{4}{1}=4$, (다) $\frac{4}{2}=2$ 이다.

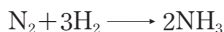
내신 안정 문제

20~22 쪽

- 01 ① 02 ④ 03 ⑤ 04 ① 05 ⑤ 06 ⑤ 07 ⑤
08 ⑤ 09 ④ 10 ④ 11 해설 참조 12 ③ 13 ③

01 ㄴ. 질소는 생명체의 단백질과 핵산 등을 구성하므로 식물 생장에 필수적인 원소이다.

바로알기 ㄱ. 암모니아 생성 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 $a=1$, $b=3$, $c=2$ 이므로 $a+b>c$ 이다.

ㄷ. 질소와 수소는 공기 중에서 쉽게 반응하지 않으므로 고온·고압 상태에서 촉매를 이용하여 반응시킨다.

02 ㄴ. 암모니아로부터 화학 비료를 대량 생산할 수 있게 되어 인류의 식량 문제 해결에 기여하였다.

ㄷ. 캐러더스는 최초의 합성 섬유인 나일론을 합성했으며, 합성 섬유는 화석 연료를 원료로 하기 때문에 값싸게 대량 생산이 가능하다.

바로알기 ㄱ. 하버는 암모니아를 대량으로 합성하는 방법을 개발하였고, 암모니아는 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 합성한다.

03 ①, ② 합성 섬유는 천연 섬유에 비해 질기고, 대량 생산이 쉬워 값이 싸다.

③ 합성 섬유는 화석 연료를 원료로 하여 만들어진다. 화석 연료의 주요 성분 원소는 탄소와 수소이다.

④ 가장 널리 사용되는 합성 섬유는 폴리에스터이다.

바로알기 ⑤ 질기고 신축성이 좋아서 스타킹, 밧줄 등의 재료로 이용되는 섬유는 나일론이다.

04 ① 현재 인류가 가장 많이 사용하는 금속은 철이며, 자연에서 산화물인 철광석(Fe_2O_3)의 형태로 존재하므로 제련 과정을 거쳐 얻는다.

05 ㄱ. 자연 상태의 석회석을 잘게 부쇄 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 ①은 건강 문제 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.

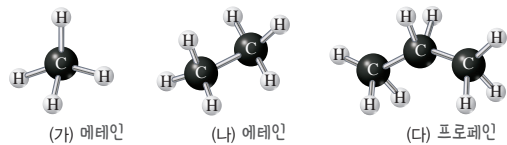
07 ㄱ, ㄴ. 탄소 원자는 원자가 전자 수가 4이므로 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합을 형성하여 다양한 탄소 화합물을 만들 수 있다.

ㄷ. 탄소는 다른 탄소 원자와 단일, 2중, 3중 결합을 형성할 수 있고, 사슬 모양과 고리 모양 등 다양한 구조를 만들 수 있으므로 탄소 화합물의 종류는 매우 다양하다.

08 탄소 화합물은 탄소(C) 원자가 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 할로젠 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물이다. 따라서 프로페인(C_3H_8), 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), 포도당($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)은 탄소 화합물이고, 물(H_2O), 암모니아(NH_3), 염화 나트륨(NaCl)은 탄소 화합물이 아니다.

09 품공 문제 분석

모두 탄화수소이며, C 원자의 수가 1개씩 증가한다.



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.

10 제시된 탄소 화합물은 탄소(C) 원자 2개로 이루어진 탄화수소인 에테인(C_2H_6)에서 수소(H) 원자 1개 대신 하이드록시기($-\text{OH}$) 1개가 결합한 구조를 이루므로 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)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 수산화 이온(OH^-)을 내놓지 않는다.

11 폼알데하이드(HCHO)의 원자 수비는 C : H : O = 1 : 2 : 1이고, 아세트산(CH_3COOH)의 원자 수비는 C : H : O = 2 : 4 : 2 = 1 : 2 : 1로 같다.

모범 답안 탄소 화합물이다. 물에 잘 녹는다. 산소와 반응하여 완전 연소할 때 생성물이 이산화 탄소와 물이다. 원자 수비는 C : H : O = 1 : 2 : 1이다 등

채점 기준	배점
공통점 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
공통점을 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

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

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

13 메테인(CH_4), 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), 아세트산(CH_3COOH) 중 탄화수소는 메테인(CH_4) 1가지이다. 따라서 ㉠은 메테인(CH_4)이고, ㉡은 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이다.

ㄱ. ㉠의 메테인(CH_4)은 액화 천연가스(LNG)의 주성분이다.

ㄴ. ㉠의 메테인(CH_4)은 분자당 원자 수가 5이고, ㉡의 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)은 분자당 원자 수가 9이다.

바로알기 ㄷ. 아세트산(CH_3COOH)과 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)은 모두 물에 잘 용해되므로 (가)의 분류 기준으로 적절하지 않다.

실력 UP 문제

22 쪽

01 ③ 02 ③

01 (가)와 (나)는 모두 분자에 포함된 탄소(C) 원자와 산소(O) 원자 수가 각각 1인 탄소 화합물이며, (가)에는 산소(O) 원자와 결합한 수소(H) 원자가 존재하지 않으므로 포알데하이드(HCHO)이고, (나)에는 산소(O) 원자와 결합한 수소(H) 원자가 1개 존재하므로 메탄올(CH_3OH)이다.

ㄱ. (가)의 분자식은 CH_2O 이므로 $x=2$ 이고, (나)의 분자식은 CH_4O 이므로 $y=4$ 이다. 따라서 $x+y=6$ 이다.

ㄴ. (가)의 포알데하이드는 가구용 접착제의 원료로 이용된다.

바로알기 ㄷ. (나)의 메탄올은 물에 잘 녹지만 수용액의 액성은 중성이다.

02 품공 문제 분석

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

ㄱ. 암모니아(NH_3)와 메테인(CH_4)은 구성 원소에 산소(O)가 포함되어 있지 않다. 아스피린은 탄소(C), 수소(H), 산소로 이루어진 물질이며, 나일론은 탄소, 수소, 산소, 질소(N)로 이루어진 물질이다. 따라서 분류 기준 (가)로 '산소(O)가 포함된 화합물인가?'는 적절하다.

ㄴ. ㉠과 ㉡에 공통으로 해당하는 물질은 아스피린과 메테인 2가지이다.

바로알기 ㄷ. ㉠은 암모니아, ㉡은 나일론이다. 따라서 해당되는 물질의 수는 ㉠=㉡이다.

중단원 핵심 정리

23 쪽

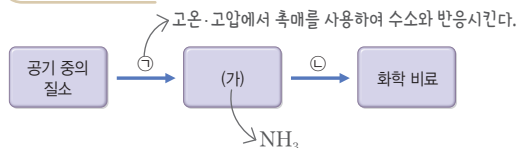
- ① 암모니아 ② 나일론 ③ 폴리에스터 ④ 폴리아크릴
- ⑤ 화석 연료 ⑥ 건축 재료 ⑦ 합성 의약품 ⑧ 4 ⑨ 탄
- 화수소 ⑩ LNG ⑪ 알코올 ⑫ 액체 ⑬ 카복실산
- ⑭ 산성

중단원 마무리 문제

24~25 쪽

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

01 품공 문제 분석

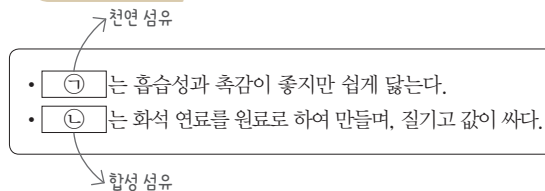


ㄱ. 화학 비료(질소 비료)의 원료는 암모니아(NH_3)이며, 하버에 의해 암모니아를 대량 합성하는 방법이 개발되면서 화학 비료의 대량 생산이 가능해졌다.

바로알기 ㄴ. 암모니아는 질소(N_2)와 수소(H_2)를 반응시켜 합성한다.

ㄷ. 하버 보습법은 암모니아를 대량 생산하는 방법이므로 ㉠의 과정에 해당한다.

02 품공 문제 분석



ㄱ. ㉠은 천연 섬유이며 식물에서 얻은 면이나, 마, 동물에서 얻은 비단 등이 있다. 천연 섬유는 흡습성과 촉감이 좋지만 질기지 않고 쉽게 뒤틀린다.

ㄴ. ㉡은 합성 섬유이며 화석 연료를 원료로 하여 만든다. 최초의 합성 섬유는 나일론이고, 가장 널리 사용되는 합성 섬유는 폴리에스터이다.

바로알기 ㄷ. 합성 섬유는 값이 싸고 대량으로 생산하기 쉽지만, 천연 섬유는 합성 섬유에 비해 값이 비싸고 대량으로 생산하기 어렵다.

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.

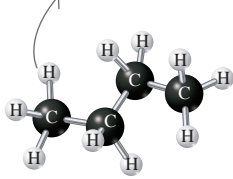
04 ㄷ. 아스피린이나 페니실린과 같은 합성 의약품의 개발로 인간의 평균 수명이 늘어나고 질병의 예방과 치료가 쉬워졌다.

바로알기 ㄱ. 최초의 항생제는 페니실린이다.

ㄴ. 최초의 합성 의약품은 호프만이 합성한 아스피린이다.

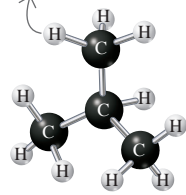
05 품목 문제 분석

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



(가) 사슬 모양

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



(나) 가지 달린 사슬 모양

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 서로 다른 물질이다.

06 (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.

07 품목 문제 분석

(가)와 (나)는 각각 아세트산과 에탄올 중 하나이다.

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

(나)와 (다)는 각각 폼알데하이드와 아세트산 중 하나이다. 따라서 (가)는 에탄올, (나)는 아세트산, (다)는 폼알데하이드이다.

ㄱ. 분자당 탄소 수는 (가)의 에탄올이 2이고, (다)의 폼알데하이드가 1이므로 (가) > (다)이다.

ㄴ. (나)는 아세트산이며 식초의 성분 물질이고, 수용액의 액성은 산성이다.

바로알기 ㄷ. (다)는 폼알데하이드이며 새집 증후군의 원인 물질이다. 살균 소독 작용이 있어서 손 소독제에 이용할 수 있는 물질은 (가)의 에탄올이다.

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

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

채점 기준	배점
용어를 모두 포함하여 (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 %

09 모범 답안 탄소는 원자가 전자 수가 4로 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 %

10 모범 답안 (1) 산소가 포함되어 있는가? 물에 잘 녹는가? 자극적인 냄새가 나는가? 등

(2) (나) 아세트산 (다) 폼알데하이드

채점 기준	배점
(1) (가)에 들어갈 조건을 옳게 서술한 경우	50 %
(나), (다)의 이름을 모두 옳게 쓴 경우	50 %
(2) (나), (다)의 이름 중 1가지만 옳게 쓴 경우	25 %

수능 실전 문제

27쪽

01 ③ 02 ① 03 ① 04 ⑤

01 품목 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 암모니아로 중화시킨다.

선택지 분석

선택지 분석

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

전략적 풀이 ① 암모니아의 구성 원소와 특성을 파악한다.

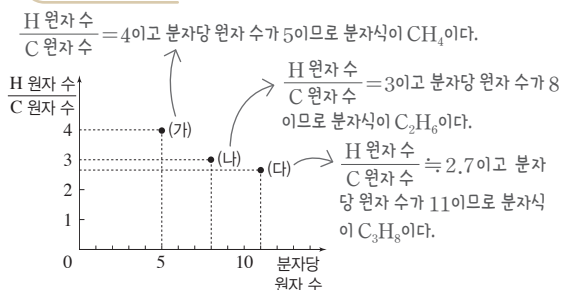
ㄱ. 암모니아(NH_3)는 공기 중의 질소와 수소를 반응시켜 합성하므로 암모니아의 구성 원소는 질소와 수소이다.

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

② 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.

02 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 ① $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 와 분자당 원자 수를 이용하여 분자식을 구한다.

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

② 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.

03 꼼꼼 문제 분석

(가)~(다)는 각각 포알데하이드(HCHO), 메탄올(CH_3OH), 아세트산(CH_3COOH) 중 하나이며 분자 당 H 원자 수와 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$ 는 다음과 같다.

구분	포알데하이드(HCHO)	메탄올(CH_3OH)	아세트산(CH_3COOH)
분자 당 H 원자 수	2	4	4
$\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$

(가)와 (나)는 분자당 H 원자 수가 같으므로 (가)와 (나)는 각각 메탄올과 아세트산 중 하나이다. (가)와 (다)는 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$ 가 같으므로 (가)와 (다)는 각각 포알데하이드와 아세트산 중 하나이다. 따라서 (가)는 아세트산, (나)는 메탄올, (다)는 포알데하이드이다.

선택지 분석

- ㉠ (가)는 물에 녹아 수소 이온을 내놓는다.
- ✕ (나)는 새집 증후군의 원인 물질이다. (다)
- ✕ (다)는 O 원자에 결합한 H 원자가 존재한다. 존재하지 않는다

전략적 풀이 ① 분자당 H 원자 수와 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}}$ 를 비교하여 (가)~(다)에 해당하는 분자를 판단한다.

(가)와 (나)는 분자당 H 원자 수가 4로 같은 메탄올(CH_3OH)과 아세트산(CH_3COOH) 중 하나이다. (가)와 (다)는 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{H 원자 수}} = \frac{1}{2}$ 로 같은 포알데하이드(HCHO)와 아세트산 중 하나이다. 따라서 (가)는 아세트산, (나)는 메탄올, (다)는 포알데하이드이다.

② 물질의 특성과 용도를 확인한다.

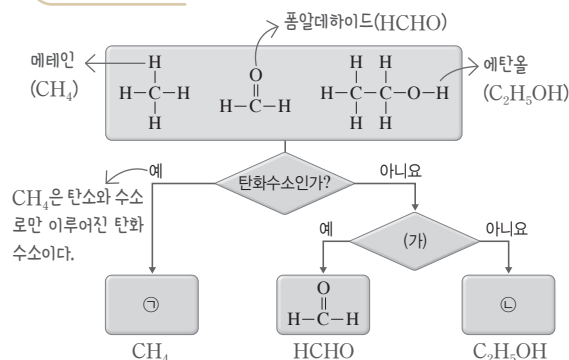
ㄱ. (가)는 아세트산이므로 물에 녹아 수소 이온을 내놓는다. 따라서 아세트산 수용액의 액성은 산성이다.

ㄴ. 새집 증후군의 원인 물질은 포알데하이드인 (다)이다. (나)는 메탄올이며, 연료로 사용된다.

③ O 원자에 H 원자가 결합되어 있는 분자를 파악한다.

ㄷ. (다)는 포알데하이드이며 H 원자 2개는 모두 C 원자에 결합되어 있다. O 원자에 H 원자가 결합되어 있는 분자는 메탄올과 아세트산이다.

04 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ ㉠의 분자식은 CH_4 이다.
- ㉡ ㉡은 물에 잘 녹는다.
- ㉢ (가)에는 '다중 결합이 있는가?'가 해당된다.

전략적 풀이 ① 3가지 탄소 화합물을 구성 원소에 따라 탄화수소와 탄화수소가 아닌 것으로 구분한다.

ㄱ. 탄화수소는 C 원자와 H 원자로만 이루어진 CH_4 이고, HCHO 와 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 은 탄화수소가 아니다. 따라서 ㉠은 CH_4 이다.

② 탄소 화합물의 물에 대한 용해성을 파악한다.

ㄴ. ㉡인 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 은 물에 잘 녹는다.

③ 탄소 화합물의 구조식에서 다중 결합이 포함된 경우를 판단한다.

ㄷ. CH_4 과 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 은 단일 결합으로 이루어져 있고, HCHO 는 C 원자와 O 원자 사이에 2중 결합이 있다. 따라서 (가)에는 '다중 결합이 있는가?'가 해당된다.

2 물질의 양과 화학 반응식

1 화학식량과 몰

개념 확인 문제

33쪽

- ① 원자량 ② 분자량 ③ 화학식량 ④ 몰(mol) ⑤ 아보가드로수
⑥ 몰 질량 ⑦ 아보가드로 법칙 ⑧ 22.4
⑨ 6.02×10^{23} ⑩ 몰 질량 ⑪ 22.4

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 2 (1) 2 (2) 16 (3) 44 (4) 100
3 (1) × (2) ○ (3) × 4 0.5 mol, 3.01×10^{23} 개 5 ㉠ 1,
㉡ 0.5, ㉢ 16, ㉣ 44, ㉤ 5.6 6 (1) 9 g (2) 10 g (3) 8 g
(4) 34 g (5) 11 g

- 1 (1) 원자량은 질량수가 12인 탄소(^{12}C) 원자의 질량을 12로 정하고, 이를 기준으로 하여 나타낸 상대적인 질량이다.
(2) 분자량은 분자의 상대적인 질량을 나타내는 값으로, 분자를 구성하는 모든 원자들의 원자량을 합한 값이다.
(3) 화학식량은 물질의 화학식을 이루는 각 원자들의 원자량을 합한 값이다. 따라서 염화 나트륨(NaCl)의 화학식량은 나트륨(Na) 원자와 염소(Cl) 원자의 원자량을 합한 값이다.
(4) 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): $2 \times 1 = 2$
(2) 메테인(CH_4): $12 + (4 \times 1) = 16$
(3) 이산화 탄소(CO_2): $12 + (2 \times 16) = 44$
(4) 탄산 칼슘(CaCO_3): $40 + 12 + (3 \times 16) = 100$

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

- 4 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 메테인(CH_4) 기체 11.2 L는 0.5 mol이고, 분자 수는 $0.5 \times (6.02 \times 10^{23}) = 3.01 \times 10^{23}$ 개이다.

- 5 ㉠ 질소(N_2)의 분자량이 28이므로 N_2 28 g의 양(mol)은 1 mol이다.

㉡, ㉢ 산소(O_2) 기체 11.2 L는 0.5 mol이고, O_2 의 분자량이 32이므로 0.5 mol의 질량은 16 g이다.

㉣, ㉤ 프로페인(C_3H_8) 0.25 mol의 질량이 11 g이므로 1 mol의 질량은 44 g이고 분자량은 44이다. 0 °C, 1 atm에서 0.25 mol의 부피는 $22.4 \text{ L} \times \frac{1}{4} = 5.6 \text{ L}$ 이다.

- 6 (1) 수소(H) 원자 1 mol이 포함된 물(H_2O) 분자는 0.5 mol이고, H_2O 의 분자량이 18이므로 H_2O 분자 0.5 mol의 질량은 9 g이다.

(2) 수소(H_2)의 분자량이 2이므로 H_2 분자 5 mol의 질량은 10 g이다.

(3) 0 °C, 1 atm에서 산소(O_2) 기체 5.6 L는 0.25 mol이며, O_2 의 분자량이 32이므로 O_2 0.25 mol의 질량은 8 g이다.

(4) 암모니아(NH_3)의 분자량이 17이며, 분자 12.04×10^{23} 개는 2 mol이므로 NH_3 의 질량은 34 g이다.

(5) 이산화 탄소(CO_2)의 분자량이 44이므로 CO_2 분자 0.25 mol의 질량은 $44 \text{ g} \times \frac{1}{4} = 11 \text{ g}$ 이다.

대표 자료 분석

34쪽

자료 ① 1 ㉠ 28, ㉡ 7g, ㉢ 56, ㉣ 11.2L, ㉤ 18g 2 액체 C 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

자료 ② 1 (가)=(나)=(다) 2 $\text{X}_2 : \text{Y}_2 : \text{ZX}_2 = 16 : 1 : 22$
3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석

분자량은 1 mol의 질량 값과 같다. 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다.

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

㉠, ㉡ 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.

0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 기체 A 5.6 L는 0.25 mol이다. 기체 A 0.25 mol의 질량이 7 g이므로 1 mol의 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 0.5 mol이고, 0.5 mol의 질량이 28 g이므로 1 mol의 질량은 56 g이다. 따라서 기체 B의 분자량(㉔)은 56이다.

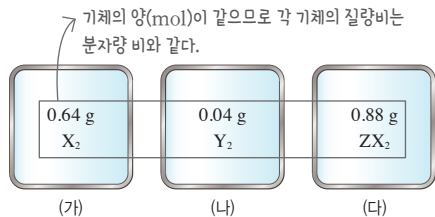
㉔ 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 $1.0 \text{ g/mL} = \frac{\text{액체 C의 질량(㉔)}}{18.0 \text{ mL}}$, 액체 C의 질량(㉔)은 18 g이다.

1-2 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 기체 A 5.6 L는 0.25 mol이고, 기체 B 11.2 L는 0.5 mol이다. 액체 C의 분자량이 18이므로 액체 C 18 g은 1 mol이다. 또 CH₃OH의 분자량이 32이므로 CH₃OH 16 g은 0.5 mol이다. 즉, 물질의 양(mol)은 기체 A가 0.25 mol, 기체 B와 CH₃OH이 0.5 mol, 액체 C가 1 mol이다.

- 1-3** (1) 기체의 몰비는 분자 수비와 같다. 기체 A는 0.25 mol, 기체 B는 0.5 mol이므로 기체의 분자 수비는 A : B = 1 : 2이다.
 (2) 1 mol의 질량은 분자량에 g을 붙인 값이므로 1 mol의 질량이 가장 큰 것은 분자량이 가장 큰 기체 B이다.
 (3) ㉔ 7 g, ㉔ 18 g이므로 질량이 가장 작은 것은 기체 A이다.
 (4) 액체 C는 1 mol이므로 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.
 (6) CH₃OH 16 g은 0.5 mol이고, CH₃OH 1분자의 원자 수는 6이므로 CH₃OH 16 g에 들어 있는 원자는 총 3 mol이다.
 (7) CH₃OH의 분자량은 32이고, 여기에 포함된 H의 원자량의 합은 4이므로 CH₃OH 48 g에 포함된 H의 질량은 $48 \text{ g} \times \frac{4}{32} = 6 \text{ g}$ 이다.

2-1,2 **공공 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) X₂ 1 mol에는 X 원자 2 mol이 들어 있고, ZX₂ 1 mol에도 X 원자 2 mol이 들어 있다.

(가)에 들어 있는 X₂와 (다)에 들어 있는 ZX₂의 양(mol)이 같으므로 X 원자의 양(mol)도 같다.

(3) (가)와 (다)에서 X₂와 ZX₂의 분자량 비가 8 : 11이다. X₂의 분자량을 8이라고 가정하면 ZX₂의 분자량은 11, 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 ZX₂이다.

(6) (가)에 포함된 X와 (다)에서 ZX₂에 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 **안정** 문제

35~38쪽

01 ㉔	02 ㉔	03 ㉔	04 ㉔	05 ㉔	06 ㉔	07 ㉔
08 ㉔	09 ㉔	10 ㉔	11 ㉔	12 ㉔	13 ㉔	14 ㉔
15 ㉔	16 ㉔	17 (1) 7 g (2) $\frac{3}{13}$				

01 ㄱ, ㄴ. 이산화 탄소의 분자식(㉔)은 CO₂이다. 탄소(C)의 원자량이 12이고 CO₂의 분자량이 44이므로 산소(O)의 원자량은 16이다. 물(H₂O)의 분자량이 18이므로 수소(H)의 원자량은 1이다. 따라서 메테인(CH₄)의 분자량(x)은 16이다.

바로알기 ㄷ. 물 분자의 분자량이 18이므로 1 mol의 질량은 18 g이며, 물 분자 1개의 질량은 $\frac{18}{6.02 \times 10^{23}}$ g이다.

02 **공공 문제 분석**

분자	(가) XY	(나) XY ₃
분자당 원자 수	2	4
분자량(상댓값)	10	17

- (가)는 분자당 원자 수가 2이므로 분자식이 XY이다.
- (나)는 분자당 원자 수가 4이므로 (나)의 분자식은 X₃Y, X₂Y₂, XY₃ 중 하나이다. 그런데 분자량 비가 (가) : (나) = 10 : 17이므로 (나)의 분자식은 X₂Y₂가 될 수 없다. 또, X의 원자량이 Y의 원자량보다 크므로 X₃Y도 될 수 없다. 따라서 (나)의 분자식은 XY₃이며, X의 원자량을 x, Y의 원자량을 y라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$x + y = 10 \cdots \cdots ① \quad x + 3y = 17 \cdots \cdots ②$$

①과 ②에서 x = 6.5, y = 3.5이다.

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

바로알기 ㄱ. (가)는 분자식이 XY, (나)는 분자식이 XY₃이므로 $\frac{Y \text{ 원자 수}}{X \text{ 원자 수}}$ 는 (가)가 1, (나)가 3이다. 따라서 (나) > (가)이다.

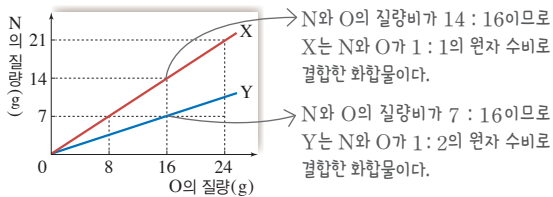
ㄷ. 분자량 비는 (가) : (나) = 10 : 17이고 1분자에 포함된 Y 원자 수는 (가)가 1, (나)가 3이다. 따라서 1g에 들어 있는 Y 원자 수비는 (가) : (나) = $\frac{1}{10} : \frac{3}{17} = 17 : 30$ 이다.

03 ㄱ. (가)는 화학식이 HCHO이므로 분자량이 30이고, (나)는 화학식이 CH₃COOH이므로 분자량이 60이다. 따라서 분자량은 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄴ. 1 mol에 들어 있는 전체 원자의 양(mol)은 (가) 4 mol, (나) 8 mol이므로 전체 원자 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

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

04 품공 문제 분석



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

ㄴ. Y는 N과 O의 질량비가 7 : 16이므로 N과 O가 1 : 2의 원자 수비로 결합한 화합물이며, 삼원자 분자이므로 Y의 분자식은 NO₂이다.

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

05 품공 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, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이다. ←

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

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

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

06 ② 0 °C, 1 atm에서 메테인(CH₄) 기체 22.4 L에는 메테인 분자 1 mol이 들어 있으므로 수소 원자는 4 mol이 들어 있다.

바로알기 ① 산소(O₂)의 분자량이 32이므로 32 g에 들어 있는 산소 분자는 1 mol이다.

③ 염화 나트륨(NaCl) 1 mol에는 나트륨 이온 1 mol, 염화 이온 1 mol이 들어 있으므로 전체 이온은 2 mol이다.

④ 이산화 탄소(CO₂)의 분자량이 44이므로 44 g에 들어 있는 이산화 탄소 분자는 1 mol이다. 이산화 탄소 분자 1 mol에 들어 있는 전체 원자는 3 mol이다.

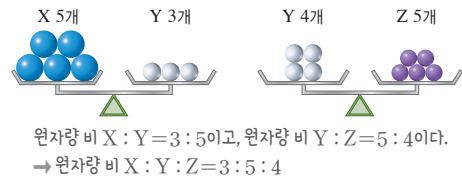
⑤ 수소(H₂) 분자 6.02×10^{23} 개는 수소 분자 1 mol이고, 수소 분자 1 mol에 들어 있는 수소 원자는 2 mol이다.

07 ㄷ, ㄴ, ㄹ. 산소(O₂) 기체 1 mol과 질소(N₂) 기체 1 mol의 분자 수는 6.02×10^{23} 으로 같고, 각 기체 분자는 원자 2개로 이루어져 있으므로 원자 수는 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 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.

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

08 품공 문제 분석



X 원자 1개의 질량은 a g이고, 아보가드로수는 N_A 이므로 X 원자 1 mol의 질량은 aN_A g이고, X의 원자량은 aN_A 이다.

ㄴ. 원자량 비가 X : Z = 3 : 4이므로 1g에 들어 있는 원자 수비는 $X : Z = \frac{1}{3} : \frac{1}{4} = 4 : 3$ 이다.

ㄷ. X의 원자량은 aN_A 이고, 원자량 비는 X : Z = 3 : 4이므로 Z의 원자량은 $\frac{4}{3}aN_A$ 이다.

XZ₂의 분자량은 $\frac{11}{3}aN_A$ 이고, 1 mol의 질량은 $\frac{11}{3}aN_A$ g이다.

바로알기 ㄱ. 원자량 비가 X : Y = 3 : 5이고, X의 원자량은 aN_A 이므로 Y의 원자량은 $\frac{5}{3}aN_A$ 이다.

09 품공 문제 분석

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

- (가)는 분자당 원자 수가 2이므로 분자식이 XY이다. X의 원자량을 x , Y의 원자량을 y 라고 할 때, (가)의 분자식에서 $x+y=15m$ 의 관계식이 성립한다.
- 삼원자 분자인 (나)의 분자식이 X₂Y라면 $2x+y=22m$ 이므로 $x=7m$, $y=8m$ 이며, 원자량은 $X > Y$ 인 조건을 만족하지 않는다. 따라서 (나)의 분자식은 XY₂이고, $x+2y=22m$ 이므로 $x=8m$, $y=7m$ 이다.

ㄴ. X의 원자량이 $8m$ 이므로 1 mol의 질량은 $8m$ g이고, 1 mol의 X에 들어 있는 원자 수는 아보가드로수 N_A 와 같으므로 X 원자 1개의 질량은 $\frac{8m}{N_A}$ g이다.

바로알기 ㄱ. 오원자 분자인 (다)의 몰 질량이 $38m$ 이므로 (다)의 분자식을 X_aY_b라고 하면 $8ma+7mb=38m$ 의 관계식을 만족하는 정수 a , b 는 각각 $a=3$, $b=2$ 이다. 따라서 (다)의 분자식은 X₃Y₂이다.

ㄷ. (가)의 분자식이 XY이고, (나)의 분자식이 XY₂이므로 $\frac{Y \text{의 질량}}{\text{전체 질량}}$ 은 (가)가 $\frac{7m}{15m} = \frac{7}{15}$ 이고, (나)가 $\frac{2 \times 7m}{22m} = \frac{7}{11}$ 이다. 따라서 (가)는 (나)의 $\frac{11}{15}$ 배이다.

10 품공 문제 분석

물질	기체 A	액체 B	CH ₃ OH
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)	0.5 mol	0.5 mol	0.5 mol

- $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 25 L이므로 기체 A 12.5 L의 양(mol)은 0.5 mol이다. 기체 A의 질량은 $1.28 \text{ g/L} \times 12.5 \text{ L} = 16 \text{ g}$ 이므로 기체 A의 분자량은 32이다.
- 액체 B의 질량은 $1.0 \text{ g/mL} \times 9.0 \text{ mL} = 9 \text{ g}$ 이고 분자량이 18이므로 액체 B의 양(mol)은 0.5 mol이다.
- CH₃OH은 분자량이 32인데 질량은 16 g이므로 CH₃OH의 양(mol)은 0.5 mol이다.

ㄴ. B는 0.5 mol이고, CH₃OH도 0.5 mol이므로 분자 수는 B와 CH₃OH이 같다.

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

ㄷ. CH₃OH은 분자량이 32이며, 분자당 C 원자 수가 1이므로 $\frac{C \text{의 질량}}{\text{전체 질량}} = \frac{12}{32} = \frac{3}{8}$ 이다.

11 품공 문제 분석

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	XZ ₄	XY ₂	XY
1 g의 부피(상댓값)	77	28	44

온도와 압력이 같을 때 기체의 분자량은 밀도에 비례한다. 따라서 기체의 분자량은 1 g의 부피에는 반비례하며 분자량 비는 XZ₄ : XY₂ :

$$XY = \frac{1}{77} : \frac{1}{28} : \frac{1}{44} = 4 : 11 : 70 \text{이다.}$$

X~Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 하면, 다음 관계식이 성립한다.

$$x+4z=4k \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$$x+2y=11k \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

$$x+y=7k \quad \cdots \cdots \textcircled{3}$$

①~③에서 $x=3k$, $y=4k$, $z=\frac{1}{4}k$ 이다. 따라서 원자량 비는 X : Y : Z = 12 : 16 : 10이다.

ㄱ. 분자량 비는 XZ₄ : XY₂ = 16 : 44 = 4 : 11이다.

ㄴ. 분자량 비는 X₂Z₆ : XYZ₂ = 30 : 30 = 1 : 1이므로 1 mol의 질량은 X₂Z₆와 XYZ₂가 서로 같다.

ㄷ. (나)의 분자식이 XY₂, (다)의 분자식이 XY이므로 분자량 비는 (나) : (다) = 11 : 7이며, 1 g에 들어 있는 전체 원자 수비는 (나) : (다) = $\frac{3}{11} : \frac{2}{7} = 21 : 22$ 이다.

12 품공 문제 분석

기체	분자식	질량(g)	전체 원자 수	분자의 양(mol)
(가)	C _x H _y	4	㉠	$\frac{1}{4}$ mol
(나)	NH ₃	w		$\frac{1}{3}$ mol
(다)	H ₂ S	$3w$	$1.5N_A$	$\frac{1}{2}$ mol

• H₂S는 삼원자 분자이고, 전체 원자 수가 $1.5N_A$ 이므로 H₂S $3w$ g에 포함된 분자의 양(mol)은 $\frac{1}{2}$ mol이고, H 원자의 양(mol)은 1 mol이다.

• (가)~(다)에 포함된 H 원자의 전체 질량이 서로 같으므로 (나)의 NH₃ 분자에서 H 원자의 양(mol)도 1 mol이며, NH₃ 분자의 양(mol)은 $\frac{1}{3}$ mol이다.

• (가)에서 질량이 4 g이며, H 원자의 양(mol)은 1 mol이므로 $\frac{\text{질량}}{\text{몰 질량}} \times \text{분자당 H 원자 수} = \frac{4}{12x+y} \times y = 1$ 에서 $y=4x$ 이다.

ㄱ. (가)의 분자식이 C_xH_y이고, $y=4x$ 이며, C_xH_y에서 C 원자 1개당 공유 전자쌍 수는 4이므로 (가)의 분자식은 CH₄가 타당하다. 따라서 $x+y=5$ 이다.

ㄷ. 기체 분자의 양(mol)은 (나)가 $\frac{1}{3}$ mol이고, (다)가 $\frac{1}{2}$ mol이며, 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비에 비례하므로 기체의 부피비는 (나) : (다) = $\frac{1}{3} : \frac{1}{2} = 2 : 3$ 이다.

바로알기 ㄴ. CH_4 는 분자량이 16이므로 (가)에서 CH_4 분자의 양(mol)은 $\frac{1}{4}$ mol이며, 분자당 원자 수가 5이므로 전체 원자 수는 $\textcircled{1} = \frac{1}{4} \times 5 \times N_A = 1.25N_A$ 이다.

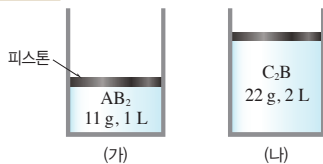
13 0°C , 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 22.4 L이므로 0°C , 1 atm에서 메테인(CH_4) 기체 2.24 L와 이산화 탄소(CO_2) 기체 2.24 L는 모두 0.1 mol이다.

ㄱ. CH_4 의 분자량은 16이므로 CH_4 0.1 mol의 질량은 1.6 g이다.

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

ㄷ. CO_2 의 분자량은 44이므로 CO_2 0.1 mol의 질량은 4.4 g이다. 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이고, 두 기체는 부피가 같으므로 질량이 더 큰 CO_2 의 밀도가 더 크다. 따라서 기체의 밀도는 (나)가 (가)보다 크다.

14 품공 문제 분석



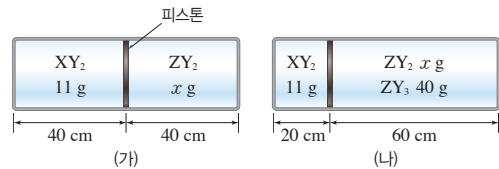
- (가)와 (나)에서 각 기체의 전체 질량 중 B의 질량은 4 g으로 같으므로 (가)에서 A의 질량은 7 g이고 (나)에서 C의 질량은 18 g이다.
- 기체 분자의 부피비가 (가) : (나) = 1 : 2이므로 몰비도 (가) : (나) = 1 : 2이다. 따라서 (가)에서 A 원자가 1 mol이라면 (나)에서 C 원자는 4 mol이다.

ㄱ. 질량비와 몰비가 모두 (가) : (나) = 1 : 2이므로 분자량 비는 $\text{AB}_2 : \text{C}_2\text{B} = 1 : 1$ 이다. 따라서 AB_2 와 C_2B 는 분자량이 서로 같다.

ㄷ. AB_2 1분자에는 B 원자 2개가 포함되어 있고, C_2B 1분자에는 B 원자 1개가 포함되어 있으며, AB_2 와 C_2B 의 분자량이 같으므로 같은 질량에 들어 있는 B 원자 수비는 $\text{AB}_2 : \text{C}_2\text{B} = 2 : 1$ 이다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 A 원자 1 mol의 질량이 7 g이라면 (나)에서 C 원자 4 mol의 질량이 18 g이므로 원자량 비는 $\text{A} : \text{C} = 7 : \frac{18}{4} = 14 : 9$ 이다.

15 품공 문제 분석



- (가)에서 기체 분자의 몰비는 $\text{XY}_2 : \text{ZY}_2 = 1 : 1$ 이다. (나)에서 기체의 부피비가 1 : 3이므로 ZY_2 40 g에 포함된 분자의 양(mol)은 ZY_2 x g에 포함된 분자의 양(mol)의 2배이다. 원자량은 Z가 Y의 2배이므로 Y의 원자량을 a라고 하면 Z의 원자량은 2a이며 분자량 비는 $\text{ZY}_2 : \text{ZY}_3 = 4a : 5a = 4 : 5$ 이다.
- (나)에서 ZY_2 x g과 ZY_3 40 g의 몰비가 1 : 2이므로 $\frac{x}{4} : \frac{40}{5} = 1 : 2$ 에서 $x = 16$ 이다.
- (가)에서 XY_2 11 g과 ZY_2 16 g에 포함된 분자의 양(mol)이 같으므로 분자량 비는 $\text{XY}_2 : \text{ZY}_2 = 11 : 16$ 이다.
- X의 원자량을 M_X 라고 하면, $(M_X + 2a) : (2a + 2a) = 11 : 16$ 에서 $M_X = \frac{3}{4}a$ 이다.

ㄱ. $x = 16$ 이다.

ㄴ. Y의 원자량이 a일 때, X의 원자량이 $\frac{3}{4}a$ 이므로 원자량 비는 $\text{X} : \text{Y} = 3 : 4$ 이다.

ㄷ. (나)에서 분자의 몰비는 $\text{ZY}_2 : \text{ZY}_3 = 1 : 2$ 이므로 전체 원자 수비는 $\text{ZY}_2 : \text{ZY}_3 = 3 : 8$ 이다. 따라서 ZY_2 가 ZY_3 의 $\frac{3}{8}$ 배이다.

16 품공 문제 분석

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

- $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}}$ 의 상댓값이 (가) : (나) = 3 : 1이므로 1분자에 포함된 $\frac{\text{Y 원자 수}}{\text{X 원자 수}}$ 의 비도 (가) : (나) = 3 : 1이다. 따라서 $\frac{2}{1} : \frac{5-x}{x} = 3 : 1$ 에서 $x = 3$ 이고, (나)의 분자식은 X_3Y_2 이다.
- X와 Y의 원자량을 각각 M_X , M_Y 라고 하면 $M_X : M_Y = 8 : 7$ 이고, $3M_X + 2M_Y = 76$ 이다. $M_X = \frac{8}{7}M_Y$ 이므로 이를 풀면 $M_Y = 14$ 이고 $M_X = 16$ 이다.

ㄴ. (가)의 분자식이 XY_2 이므로 분자량은 $a = 16 + 2 \times 14 = 44$ 이다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 $x = 3$ 이다.

ㄷ. 실린더에서 (가)의 양(mol)이 m mol, (나)의 양(mol)이 n mol이라면, $\frac{\text{Y의 질량}}{\text{X의 질량}} = \frac{3}{4}$ 이므로 $\frac{28m + 28n}{16m + 48n} = \frac{3}{4}$ 에서 $2m = n$ 이다. 따라서 전체 기체에서 기체의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 2이고, $\frac{\text{기체 (가)의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{3}$ 이다.

17 (1) X_2 1 g은 $\frac{1}{2}$ mol이고 $2V L = 12 L$ 이므로 $V L = 6 L$ 이다. X_4Y_2 12 g의 부피는 $\frac{3}{2} V L = 9 L$ 이므로 $\frac{3}{8}$ mol이고, X_4Y_2 의 몰 질량은 $\frac{12 g}{\frac{3}{8} mol} = 32 g/mol$ 이다. X의 원자량이 1이므로 Y의 원자량은 14이다. Y_2 의 분자량은 28이고, $V L$ 는 $\frac{1}{4}$ mol이므로 $Y_2 V L$ 의 질량은 $28 g/mol \times \frac{1}{4} mol = 7 g$ 이다.

(2) (나)에서 $\frac{Y \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}} = \frac{2 \times \frac{3}{8} mol}{2 \times \frac{1}{2} mol + 6 \times \frac{3}{8} mol} = \frac{3}{13}$ 이다.

실력 UP 문제

39쪽

01 ① 02 ④ 03 ③ 04 ③

01 곱셈 문제 분석

기체	(가)	(나)	(다)
분자식	XY_3	X_2Y_2	X_2Y_4
질량(g)	34	40	㉠ 16
부피(L)	$2V$	$\frac{4}{3} V$	
원자 수(상댓값)	8		3

- 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 기체의 몰비는 (가) : (나) = $2V : \frac{4}{3} V = 3 : 2$ 이다.
- 분자량 비는 기체 1 mol의 질량비에 해당하며 (가)와 (나)의 분자량 비는 (가) : (나) = $\frac{34}{3} : \frac{40}{2} = 17 : 30$ 이다.
- X의 원자량을 x , Y의 원자량을 y 라고 하면 다음 관계식이 성립한다.
 $x + 3y = 17k \cdots \textcircled{1}$ $2x + 2y = 30k \cdots \textcircled{2}$
 ①과 ②에서 $x = 14k$, $y = k$ 이다.

ㄱ. 구성 원자 수가 4인 (가)와 구성 원자 수가 6인 (다)에서 원자 수비가 (가) : (다) = $8 : 3$ 이므로 기체 분자의 몰비는 (가) : (다) = $\frac{8}{4} : \frac{3}{6} = 4 : 1$ 이다. 분자식이 XY_3 인 (가)의 분자량은 $17k$ 이고, 분자식이 X_2Y_4 인 (다)의 분자량은 $32k$ 이므로 (가)와 (다)의 질량비는 $17k \times 4 : 32k \times 1 = 17 : 8$ 이다. (가)의 질량이 34 g이므로 (다)의 질량은 16 g이며, ㉠은 16이다.

바로알기 ㄴ. 원자량 비는 $X : Y = 14k : k = 14 : 1$ 이다.

ㄷ. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 기체의 밀도비는 (나) : (다) = $30k : 32k = 15 : 16$ 이다.

02 곱셈 문제 분석

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원소	X, Y, Z	X, Z	Y, Z
분자당 원자 수	4	3	5
분자량	㉠ 66	㉡ 44	88
성분 원소의 질량비	$X : Y : Z = 8 : 19 : 6$	$X : Z = 8 : 3$	$Y : Z = 19 : 3$

- (나)의 분자식이 X_2Z 이고, (가)~(다)에서 분자당 Z 원자 수가 같으므로 (다)의 분자식은 Y_4Z 이고, (가)의 분자식은 X_2YZ 와 XY_2Z 중 하나이다.
- X, Y, Z의 원자량을 각각 x, y, z 라고 하면 (나)의 분자식이 X_2Z 이고 성분 원소의 질량비는 $X : Z = 8 : 3$ 이므로 $x : z = \frac{8}{2} : 3$ 에서 $3x = 4z$ 이다. (다)의 분자식이 Y_4Z 이고 성분 원소의 질량비는 $Y : Z = 19 : 3$ 이므로 $y : z = \frac{19}{4} : 3$ 에서 $y = \frac{19}{12} z$ 이다.
- (다)의 분자량이 88이므로 $4y + z = 88$ 이고, $\frac{19}{3} z + z = 88$ 이므로 $z = 12$, $y = 19$, $x = 16$ 이다.

ㄴ. (가)의 분자식이 X_2YZ 라면 성분 원소의 질량비는 $X : Y : Z = 32 : 19 : 12$ 가 되므로 타당하지 않다. 따라서 (가)의 분자식은 XY_2Z 이고, 성분 원소의 질량비는 $X : Y : Z = 16 : 38 : 12 = 8 : 19 : 6$ 이다.

ㄷ. X의 원자량이 16, Y의 원자량이 19, Z의 원자량이 12이고, (가)의 분자식이 XY_2Z , (나)의 분자식이 X_2Z 이므로 (가)의 분자량은 66이고, (나)의 분자량은 44이다. 따라서 (가)와 (나)의 분자량 비 ㉠ : ㉡ = $3 : 2$ 이다.

바로알기 ㄱ. 원자량 비는 $X : Z = 4 : 3$ 이다.

03 곱셈 문제 분석

기체	(가)	(나)	(다)
$\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}}$ (상댓값)	1	4	2
기체의 질량(g)	44	23	a 45
전체 분자의 양(mol) (상댓값)	4		3
전체 원자의 양(mol) (상댓값)	2	1	2

- $\frac{Y \text{의 질량}}{X \text{의 질량}}$ 이 (가) : (나) : (다) = $1 : 4 : 2$ 이므로 일정량의 X와 결합한 Y의 원자 수비는 (가) : (나) : (다) = $1 : 4 : 2$ 이다. (가)~(다)의 분자당 원자 수는 4 이하이므로 (가)의 분자식은 X_2Y , (나)의 분자식은 XY_2 이며 (다)의 분자식은 XY 와 X_2Y_2 중 하나이다.
- (가)와 (나)는 분자당 원자 수가 같고, 전체 원자의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배이므로 분자 수비는 (가) : (나) = $2 : 1$ 이며 분자량 비는 (가) : (나) = $22 : 23$ 이다.
- X, Y의 원자량을 각각 x, y 라고 하면 다음 관계식이 성립한다.
 $2x + y = 22 \cdots \textcircled{1}$ $x + 2y = 23 \cdots \textcircled{2}$
 ①과 ②에서 $x = 7$, $y = 8$ 이므로 원자량 비는 $X : Y = 7 : 8$ 이다.

ㄱ. (가)의 분자식은 X_2Y 이며, 전체 분자의 양(mol)은 (가) : (다) = 4 : 3이고 (가)와 (다)에 포함된 전체 원자의 양(mol)이 같으므로 구성 원자 수비는 (가) : (다) = 3 : 4이다. 따라서 (다)의 분자식은 X_2Y_2 이다.

ㄴ. 원자량 비는 $X : Y = 7 : 8$ 이고, (가)의 분자식은 X_2Y , (다)의 분자식은 X_2Y_2 이므로 분자량 비는 (가) : (다) = 22 : 30이다. 기체 분자의 몰비는 (가) : (다) = 4 : 3이므로 질량비는 (가) : (다) = $(22 \times 4) : (30 \times 3) = 88 : 90 = 44 : 45$ 이다. 따라서 $a = 45$ 이다.

바로알기 ㄷ. (나)는 분자식이 XY_2 , (다)는 분자식이 X_2Y_2 이고, 원자량 비는 $X : Y = 7 : 8$ 이며, (나)의 질량은 23 g이고, (다)의 질량은 45 g이다. 따라서 전체 질량에서 X가 차지하는 질량의 비는 (나) : (다) = $23 \times \frac{7}{23} : 45 \times \frac{14}{30} = 7 : 21 = 1 : 3$ 이다.

따라서 전체 질량에서 X가 차지하는 질량은 (나)가 (다)의 $\frac{1}{3}$ 배이다.

04 품공 문제 분석

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

- 일정한 온도와 압력에서 분자량 비는 기체의 밀도비와 같다. (가)와 (나)는 분자량 비가 3 : 4이므로 A의 원자량을 a , B의 원자량을 b 라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$(3a + xb) : (4a + xb + 2b) = 3 : 4$$

$$12a + 4xb = 12a + 3xb + 6b$$

$$xb = 6b$$

따라서 $x = 6$ 이며, (가)의 분자식은 A_3B_6 이고, (나)의 분자식은 A_4B_8 이다.

- 기체의 밀도는 (나)가 (다)의 2배이므로 분자량은 (나)가 (다)의 2배이다. 따라서 (다)의 분자식은 A_2B_4 이고 $y = 2$ 이다.

ㄱ. $x = 6$ 이고 $y = 2$ 이므로 $x + y = 8$ 이다.

ㄷ. (나)는 분자식이 A_4B_8 이고, (다)는 분자식이 A_2B_4 이므로 같은 수의 B 원자를 포함하는 분자 수비는 (나) : (다) = 1 : 2이다. 그런데 분자량 비는 (나) : (다) = 2 : 1이므로 같은 수의 B 원자를 포함하는 기체의 질량은 (나)와 (다)가 같다.

바로알기 ㄴ. (가)는 분자식이 A_3B_6 이고, (나)는 분자식이 A_4B_8

이므로 $\frac{A \text{의 질량}}{\text{기체의 질량}}$ 의 비는 (가) : (나) =

$$\frac{A \text{의 질량} \times 3}{(A \text{의 질량} + 2 \times B \text{의 질량}) \times 3} : \frac{A \text{의 질량} \times 4}{(A \text{의 질량} + 2 \times B \text{의 질량}) \times 4} = 1 : 1 \text{이다.}$$

따라서 $\frac{A \text{의 질량}}{\text{기체의 질량}}$ 은 (가)와 (나)가 같다.

화학 반응식과 용액의 농도

개념 확인 문제

44쪽

- ① 화학 반응식 ② 계수비 ③ 부피비

1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 2 ③ 3 (1) ○ (2) ○ (3) ×
(4) × 4 (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) 화학 반응식의 계수비는 몰비 또는 분자 수비와 같다.

(3) 반응물과 생성물이 기체인 경우 화학 반응식의 계수비는 부피비 또는 몰비와 같지만 반응물과 생성물의 화학식량에 따라 몰 질량이 다르므로 화학 반응식의 계수비는 질량비와 같지 않다.

(4) 화학 반응식이 $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$ 인 경우 계수비는 몰비와 같으며 H_2 와 H_2O 의 몰비가 1 : 1이므로 H_2 1 mol이 모두 반응하면 H_2O 1 mol이 생성된다.

2 ①, ②, ④ 화학 반응식에서 반응 계수비는 몰비, 분자 수비, 기체인 경우 부피비와 같다.

⑤ 질량은 N_2 가 $2 \times 14 = 28$, H_2 가 $3 \times (2 \times 1) = 6$, NH_3 가 $2 \times (14 + 3 \times 1) = 34$ 이므로 질량비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = 14 : 3 : 17$ 이다.

바로알기 ③ 분자당 원자 수는 N_2 가 2, H_2 가 6, NH_3 가 8이므로 원자 수비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 4$ 이다.

3 (1) 반응물과 생성물이 기체인 경우 화학 반응식의 계수비는 몰비와 같다. 따라서 일산화 탄소(CO)와 산소(O_2)를 각각 1 mol씩 반응시키면 일산화 탄소는 1 mol이 모두 반응하며, 산소는 0.5 mol이 반응하고 0.5 mol이 남으며, 이산화 탄소(CO_2) 1 mol이 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.

4 0 °C, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 22.4 L이므로 생성된 이산화 탄소(CO_2)의 양(mol)은 1 mol이다.

- (1) 반응한 에탄올(C_2H_5OH)은 0.5 mol이며, 에탄올의 분자량은 46이므로 질량은 23 g이다.
- (2) 반응한 산소(O_2)의 양(mol)은 1.5 mol이므로 $0^\circ C$, 1 atm에서 반응한 산소 기체의 부피는 $1.5 \times 22.4 L = 33.6 L$ 이다.
- (3) 생성된 물(H_2O)의 양(mol)은 1.5 mol이므로 생성된 물 분자 수는 $1.5 \times 6.02 \times 10^{23} = 9.03 \times 10^{23}$ 이다.

47쪽



Q1 0.05 L Q2 1.4 M

Q1 $0.1 M \times V = 0.01 M \times 0.5 L$ 이므로 $V = 0.05 L$ 이다.

Q2 $M'' = \frac{1 M \times 0.3 L + 2 M \times 0.2 L}{0.5 L} = 1.4 M$

개념 확인 문제

48쪽

① 용액의 질량 ② 용액의 부피

1 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\circ$ (4) $\times$ 2 (1) 20 (2) 17.5 3 (1) 1 M
(2) 3 M (3) 2 M 4 (가) 8.4 (나) 부피 플라스크 5 (1) $\times$
(2) $\circ$ (3) $\circ$

- 1 (1) 퍼센트 농도는 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 양을 백분율로 나타낸 값이다.
- (2) 몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)이다.
- (3) 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 몰 농도(mol/L)와 용액의 부피(L)를 곱해서 구할 수 있다.
- (4) 용액을 희석해도 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않는다.

2 (1) 염화 나트륨 수용액의 퍼센트 농도(%) = $\frac{10 g}{50 g} \times 100 = 20 \%$

(2) 염산의 퍼센트 농도(%) = $\frac{\text{염화 수소의 질량}}{50 g} \times 100 = 35 \%$
 $\therefore$ 염화 수소의 질량 = 17.5 g

3 (1) 질산 나트륨의 화학식량이 85이므로 8.5 g은 0.1 mol이고, 수용액의 부피가 100 mL이므로 몰 농도는 1 M이다.

질산 나트륨의 양(mol) = $\frac{8.5 g}{85 g/mol} = 0.1 mol$

질산 나트륨 수용액의 몰 농도(M) = $\frac{0.1 mol}{0.1 L} = 1 M$

(2) 수용액 100 mL에 염화 나트륨 0.3 mol이 녹아 있으므로 몰 농도는 3 M이다.

염화 나트륨 수용액의 몰 농도(M) = $\frac{0.3 mol}{0.1 L} = 3 M$

(3) 수산화 나트륨의 화학식량이 40이므로 40 g은 1 mol이며, 수용액의 부피가 500 mL이므로 몰 농도는 2 M이다.

수산화 나트륨의 양(mol) = $\frac{40 g}{40 g/mol} = 1 mol$

수산화 나트륨 수용액의 몰 농도(M) = $\frac{1 mol}{0.5 L} = 2 M$

4 (가) 0.1 M 탄산수소 나트륨($NaHCO_3$) 수용액 1 L에 녹아 있는 탄산수소 나트륨은 $0.1 M \times 1 L = 0.1 mol$ 이므로 필요한 탄산수소 나트륨의 질량은 $0.1 mol \times 84 g/mol = 8.4 g$ 이다.

(나) 탄산수소 나트륨 수용액 1 L를 제조하기 위해 필요한 용기는 1 L 부피 플라스크이다.

5 (1) (가)에서 0.1 M 아세트산(CH_3COOH) 수용액 100 mL에는 0.01 mol의 아세트산이 포함되어 있다.

아세트산의 양(mol) = $0.1 M \times 0.1 L = 0.01 mol$

(2) (가)에서 아세트산 수용액에 녹아 있는 아세트산 0.01 mol의 질량은 0.6 g이다.

아세트산의 질량 = $0.01 mol \times 60 g/mol = 0.6 g$

(3) (나)에서 0.01 mol의 아세트산이 1 L 용액에 녹아 있으므로 몰 농도는 0.01 M이다.

아세트산 수용액의 몰 농도(M) = $\frac{0.01 mol}{1 L} = 0.01 M$

대표 자료 분석

49쪽

자료 ① 1 이산화 탄소 2 $a=2, b=1$ 3 (1) $\circ$ (2) $\circ$
(3) $\circ$ (4) $\times$ (5) $\times$ (6) $\circ$

자료 ② 1 부피 플라스크 2 (다) $\rightarrow$ (나) $\rightarrow$ (가) 3 18(g)
4 (1) $\circ$ (2) $\times$ (3) $\circ$ (4) $\times$ (5) $\circ$

1-1,2 품공 문제 분석

(가) 탄산 칼슘의 질량을 측정하였더니 $w_1 g$ 이었다.

$\rightarrow$ 탄산 칼슘의 질량

(나) 충분한 양의 묽은 염산이 들어 있는 삼각 플라스크의 질량을 측정하였더니 $w_2 g$ 이었다.

$\rightarrow$ (묽은 염산 + 삼각 플라스크)의 질량

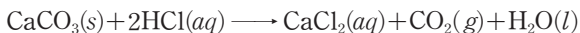
(다) (나)의 삼각 플라스크에 (가)의 탄산 칼슘을 넣었더니 A 기체가 발생하였다.

$\leftarrow$ 이산화 탄소

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

$\rightarrow (w_1 + w_2) - \text{공기 중으로 날아간 A의 질량}$

탄산 칼슘과 염산이 반응하면 염화 칼슘과 물이 생성되고, 이산화 탄소 기체가 발생한다. 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



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 $(A \text{ 기체의 질량} + w_3)$ g이다. 따라서 반응 전후의 전체 질량을 비교하면 $(w_1 + w_2) \text{ g} = (A \text{ 기체의 질량} + w_3) \text{ g}$ 이므로 $w_1 + w_2 > w_3$ 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 $(w_1 + w_2) \text{ g} = (A \text{ 기체의 질량} + w_3) \text{ g}$ 이므로 A 기체의 질량 = $\{(w_1 + w_2) - w_3\} \text{ g}$ 이다.

(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 atm에서 $\frac{w_1}{100} \times 22.4 \text{ L}$ 이다.

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

2-1 품공 문제 분석

(가) 증류수를 1 L ㉠ 의 눈금선까지 넣고 잘 섞는다.

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

(다) 소량의 증류수가 들어 있는 비커에 포도당 $x \text{ g}$ 을 넣어 녹인 후, 이 수용액을 1 L ㉠ 에 넣는다.



→ 포도당의 양(mol) = $0.1 \text{ M} \times 1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$
포도당의 질량 = $0.1 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 18 \text{ g}$

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

2-2 0.1 M 포도당($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 수용액 1 L를 만들 때 필요한 포도당을 소량의 증류수가 들어 있는 비커에서 녹인 후 1 L 부피 플라스크에 넣는다.

비커에 남은 포도당 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 포도당 수용액 1 L에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 1 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이며, 포도당의 화학식량이 180이므로 필요한 질량은 18 g이다.

2-4 (1) 과정 (나)에서 비커에 남은 포도당 수용액을 증류수로 씻어 넣지 않으면 부피 플라스크에 들어 있는 포도당의 양(mol)이 감소하므로 수용액의 몰 농도는 0.1 M보다 작아진다.

(2) 0.1 M 포도당 수용액은 용액 1 L에 포도당 0.1 mol (=18 g)이 녹아 있는 것이다. 증류수 1 L에 포도당 0.1 mol을 녹이면 용액 전체의 부피는 1 L보다 커지고, 수용액의 몰 농도는 0.1 M보다 작아진다.

(3) 0.1 M 포도당 수용액 200 mL에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다.

(4) 포도당 9 g은 $\frac{9 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.05 \text{ mol}$ 이다. 0.1 M 포도당 수용액 1 L에는 포도당 0.1 mol이 녹아 있으므로 포도당 0.05 mol이 녹아 있는 0.1 M 포도당 수용액의 부피는 0.5 L, 즉 500 mL이다.

(5) 0.1 M 포도당 수용액 100 mL에 포함된 포도당의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이므로 증류수를 가하여 전체 부피를 1 L로 하면 수용액의 몰 농도는 0.01 M가 된다.

내신 **안정** 문제

50~54쪽

01 ㉓	02 ㉠	03 ㉓	04 (1) $2\text{Na}(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 2\text{NaOH}(aq) + \text{H}_2(g)$	(2) 4.48 L	05 ㉓	06 ㉓	07 ㉓
08 ㉠	09 ㉡	10 ㉡	11 ㉡	12 해설 참조	13 ㉓		
14 (1) $\frac{1}{40} \text{ mol}$	(2) 100	15 ㉣	16 ㉓	17 ㉡	18 ㉓		
19 ㉓	20 ㉓	21 0.5 L	22 ㉓				

01 ㉠, ㉡. 철(Fe)의 제련 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 화학 반응식의 계수는 $a=3$, $b=2$, $c=3$ 이며, ㉠은 CO_2 이다.

바로알기 ㉡. 반응물과 생성물에서 기체는 각각 CO , CO_2 이며, 반응 계수는 각각 3으로 같다. 따라서 전체 기체의 양(mol)은 반응 전과 후가 같다.

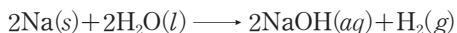
02 ㄱ. A_2 분자 4개와 B_2 분자 2개가 반응하여 A_2B 분자 4개가 생성되었으므로 분자 수비는 $A_2 : B_2 : A_2B = 2 : 1 : 2$ 이다. 따라서 화학 반응식의 계수비는 $2 : 1 : 2$ 이므로 화학 반응식은 $2A_2(g) + B_2(g) \longrightarrow 2A_2B(g)$ 이다.

바로알기 ㄴ. A_2 와 B_2 는 계수비가 $2 : 1$ 이므로 $2 : 1$ 의 몰비로 반응한다. 따라서 A_2 1 mol이 모두 반응하려면 B_2 는 0.5 mol이 필요하다.

ㄷ. A_2 가 모두 반응하여 남아 있지 않으므로 B_2 를 더 첨가해도 생성물의 양(mol)은 변하지 않는다.

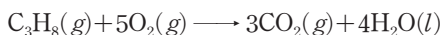
03 화학 반응식에서 계수비는 몰비와 같으므로 수소(H_2)와 수증기(H_2O)의 몰비는 $1 : 1$ 이고, $0^\circ C$, 1 atm에서 H_2 4.48 L는 0.2 mol이므로 생성되는 H_2O 도 0.2 mol이다. H_2O 의 분자량이 18이므로 생성되는 H_2O 의 질량은 $0.2 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 3.6 \text{ g}$ 이다.

04 (1) 이 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



(2) Na의 원자량이 23이므로 Na 9.2 g의 양(mol)은 $\frac{9.2 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 0.4 \text{ mol}$ 이다. 반응 몰비는 $Na : H_2 = 2 : 1$ 이므로 생성되는 H_2 의 양(mol)은 0.2 mol이다. 따라서 $0^\circ C$, 1 atm에서 H_2 의 부피는 $22.4 \text{ L} \times 0.2 = 4.48 \text{ L}$ 이다.

05 프로페인(C_3H_8) 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄱ. $a=5$, $b=3$, $c=4$ 이므로 $a+b+c=12$ 이다.

ㄴ. C_3H_8 의 분자량은 44이고 C_3H_8 과 물(H_2O)의 몰비는 $1 : 4$ 이므로 C_3H_8 22 g($=0.5 \text{ mol}$)을 완전 연소시키면 분자량이 18인 H_2O 이 $2 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 36 \text{ g}$ 생성된다.

바로알기 ㄷ. 이산화 탄소(CO_2) 분자 1.204×10^{24} 개는 2 mol이며 CO_2 2 mol이 생성되는 데 필요한 산소(O_2)의 양(mol)은 $2 \text{ mol} \times \frac{5}{3} = \frac{10}{3} \text{ mol}$ 이다.

06 ㄱ, ㄴ. 탄소 화합물인 C_2H_5OH 이 O_2 와 반응할 때 생성되는 물질은 CO_2 와 H_2O 이므로 ㉠은 CO_2 이고 화학 반응식은 다음과 같다.



㉠은 탄화수소이며, 2 mol의 ㉠이 O_2 와 반응할 때 생성되는 H_2O 의 양(mol)이 $2x \text{ mol}$ 이며, $x=3$ 이므로 생성되는 H_2O 의 양(mol)은 6 mol이다. 따라서 ㉠ 분자 1 mol에 포함된 H 원자의 양(mol)은 6 mol이다.

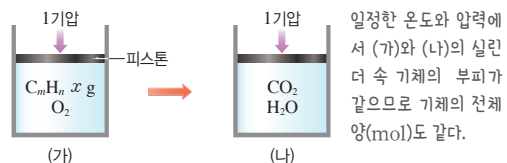
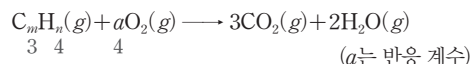
생성된 H_2O 6 mol에 포함된 O 원자의 양(mol)이 6 mol이고, 반응물인 O_2 에 포함된 O 원자의 양(mol)이 14 mol이므로 화학 반응식에서 ㉠의 CO_2 앞에 붙는 계수는 $y=4$ 이다.

따라서 ㉠의 분자식은 C_2H_6 이고 화학 반응식은 다음과 같다.



바로알기 ㄷ. $x=3$, $y=4$ 이므로 $x+y=7$ 이다.

07 공공 문제 분석



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 1 mol이 연소하면 3 mol의 이산화 탄소(CO_2)와 2 mol의 수증기(H_2O)가 생성되므로 $m=3$, $n=4$ 이다. 따라서 $m+n=7$ 이다.

ㄷ. 프로페인(C_3H_4)의 분자량은 40이므로 C_3H_4 $x \text{ g}$ 은 $\frac{x}{40} \text{ mol}$ 이다. C_3H_4 $\frac{x}{40} \text{ mol}$ 이 완전 연소하면 H_2O $\frac{x}{20} \text{ mol}$ 이 생성되고, H_2O 의 분자량은 18이므로 생성된 H_2O 의 질량은 $\frac{x}{20} \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 0.9x \text{ g}$ 이다.

08 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같으므로 완결된 화학 반응식은 다음과 같다.



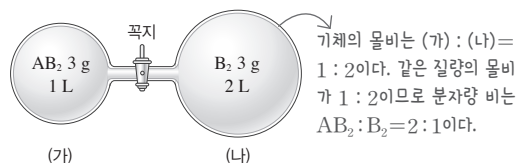
ㄴ. 화학 반응식에서 계수비가 $C_2H_4O : H_2O = 1 : 2$ 이므로 1 mol의 C_2H_4O 가 완전 연소하면 2 mol의 H_2O 이 생성된다.

바로알기 ㄱ. a 는 5이고 b 는 4이므로 $a > b$ 이다.

ㄷ. 화학 반응에서 반응 전후에 물질의 전체 질량은 일정하게 보존된다. C_2H_4O 의 분자량은 44, O_2 의 분자량은 32이고, 0.5 mol의 C_2H_4O 가 1.25 mol의 O_2 와 반응하면 전체 생성물의 질량은 반응물의 질량과 같은 62 g이다.

09 공공 문제 분석

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

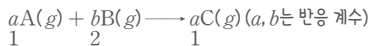


ㄴ. 분자량 비는 $AB_2 : B_2 = 2 : 1$ 이므로 원자량 비는 $A : B = 2 : 1$ 이다.

바로알기 ㄱ. 꼭지를 열기 전 분자의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 2이고, AB_2 는 삼원자 분자, B_2 는 이원자 분자이므로 전체 원자 수 비는 (가) : (나) = $1 \times 3 : 2 \times 2 = 3 : 4$ 이다.

ㄷ. AB_2 의 분자량이 B_2 의 2배이므로 반응 질량비는 $AB_2 : B_2 = 4 : 1$ 이며, AB_2 3 g은 B_2 $\frac{3}{4}$ g과 반응하여 AB_3 $\frac{15}{4}$ g = 3.75 g을 생성한다.

10 품공 문제 분석



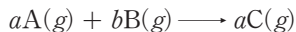
A(g)가 모두 반응한다.

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

B(g)가 모두 반응한다.

반응 계수는 A(g)와 C(g)가 같으므로 (다)에서 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 반응 전 A(g)의 양(mol)과 같고, (다)에서 반응 전 기체의 양(mol)은 A(g)와 B(g)가 각각 1.2 mol이므로 B(g) x g의 양(mol)이 1.2 mol이다.

(가)에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol) 0.4 1.2

반응(mol) -0.4 $-\frac{b}{a} \times 0.4$ +0.4

반응 후(mol) $1.2 - \frac{b}{a} \times 0.4$ 0.4

(가)에서 반응 후 전체 기체의 양(mol)이 0.8 mol이므로 $1.2 - \frac{2b}{5a} + 0.4 = 0.8$ 에서 $\frac{2b}{5a} = \frac{4}{5}$ 이므로 $b = 2a$ 이다. 따라서 반응 계수비는 $A(g) : B(g) : C(g) = 1 : 2 : 1$ 이다.

ㄴ. B(g) 1.2 mol의 질량이 x g이므로 1 mol의 질량은 $\frac{5}{6}x$ g이다.

바로알기 ㄱ. $b = 2a$ 이므로 $b > a$ 이다.

ㄷ. (나)에서 반응 전 A(g)의 양(mol)은 0.8 mol, B(g)의 양(mol)은 1.2 mol이며, 반응 후 A(g) 0.2 mol이 남고 C(g) 0.6 mol이 생성된다. 따라서 반응 후 $\frac{\text{기체 C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{0.6 \text{ mol}}{0.2 \text{ mol} + 0.6 \text{ mol}} = \frac{3}{4}$ 이다.

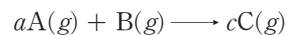
11 품공 문제 분석

반응 후 실린더 속 물질의 종류가 같다.

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

반응 후 $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{반응물의 양(mol)}}$ 은 (나) > (다)이므로 (나)와 (다)에서 A(g)가 모두 반응하였고, 생성된 C(g)의 양(mol)은 같다.

(나)에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol) 5 2

반응(mol) -5 $-\frac{5}{a}$ + $\frac{5c}{a}$

반응 후(mol) $2 - \frac{5}{a}$ $\frac{5c}{a}$

반응 후 $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{반응물의 양(mol)}} = \frac{\frac{5c}{a}}{\frac{5}{a}} = \frac{5c}{2a-5} = \frac{5c}{2a-5} = \frac{10}{3}$ 이므로

$15c = 20a - 50$ 에서 $4a - 3c = 10$...①이다.

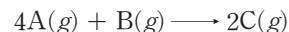
(다)에서 반응 후에 남은 B(g)의 양(mol)은 $3 - \frac{5}{a}$ mol, 생성된

C(g)의 양(mol)은 $\frac{5c}{a}$ mol이다. 따라서 $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{반응물의 양(mol)}} =$

$\frac{\frac{5c}{a}}{\frac{3a-5}{a}} = \frac{5c}{3a-5} = \frac{10}{7}$ 이므로 $6a - 7c = 10$...②이다.

①과 ②에서 $a = 4, c = 2$ 이다.

(가)에서 A(g) 5 mol과 B(g) 1 mol을 반응시키면 A(g) 1 mol이 남고 C(g) 2 mol이 생성되므로 (가)에서 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol) 5 1

반응(mol) -4 -1 +2

반응 후(mol) 1 0 2

반응 후 $\frac{\text{생성물의 양(mol)}}{\text{반응물의 양(mol)}}$ 인 $x = 2$ 이므로 $x \times (a + c) = 2 \times$

$(4 + 2) = 12$ 이다.

12 모범 답안 금속 M과 수소(H_2) 기체의 반응 몰비는 2 : 3이며, 금속

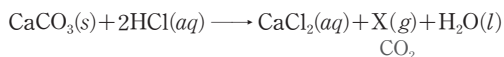
M의 원자량을 x 라고 하면 금속의 양(mol)은 $\frac{5.4}{x} = \frac{27}{5x}$ mol이다. $t^\circ C$,

1 atm에서 기체 1 mol의 부피가 V L이므로 생성된 H_2 의 양(mol)은

$\frac{7.2}{V} = \frac{36}{5V}$ mol이다. 따라서 $\frac{27}{5x} : \frac{36}{5V} = 2 : 3$ 에서 $x = \frac{9}{8}V$ 이다.

채점 기준	배점
금속 M의 원자량을 풀이 과정과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
금속 M의 원자량만 옳게 쓴 경우	40 %

13 품공 문제 분석



실험	(가)	(나)	(다)
CaCO ₃ 의 질량(g)	1.0	3.0	5.0
반응 전 묶은 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)	133.7 - 133.26	135.7 - 134.38	137.7 - 136.38
=발생한 X의 질량(g)	=0.44	=1.32	=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 $\frac{1.0 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$ 이다. 따라서 발생한 X의 양(mol)도 0.01 mol이다.

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

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

14 (1) (가)는 10 % $\text{NaOH}(aq)$ 10 g이므로 녹아 있는 NaOH의 질량은 $10 \text{ g} \times \frac{10}{100} = 1 \text{ g}$ 이다. NaOH의 화학식량이 40이므로 NaOH 1 g은 $\frac{1}{40} \text{ mol}$ 이다.

(2) 10 % $\text{NaOH}(aq)$ 4 g에는 NaOH 0.4 g이 녹아 있으며, 수용액 (나)의 부피가 $x \text{ mL}$ 이므로 $\frac{\frac{0.4}{40} \text{ mol}}{\frac{x}{1000} \text{ L}} = 0.1 \text{ mol/L}$ 에서 $x = 100(\text{mL})$ 이다.

15 5 % $\text{X}(aq)$ 200 g에 들어 있는 용질 X의 질량은 $200 \text{ g} \times \frac{5}{100} = 10 \text{ g}$ 이다. 25 °C에서 5 % $\text{X}(aq)$ 의 물 농도를 구하기 위해서는 수용액의 전체 부피와 용질의 양(mol)을 알아야 한다.

ㄴ. 녹아 있는 X의 양(mol)은 $\frac{\text{질량}}{\text{화학식량}}$ 으로 구할 수 있으므로 X의 화학식량이 필요하다.

ㄷ. 용액의 밀도 = $\frac{\text{용액의 질량}}{\text{용액의 부피}}$ 에서 수용액의 전체 부피를 구하려면 $\text{X}(aq)$ 의 질량 200 g을 수용액의 밀도로 나누어야 하므로 25 °C에서 $\text{X}(aq)$ 의 밀도가 필요하다.

바로알기 ㄱ. 5 % $\text{X}(aq)$ 의 물 농도를 구할 때 증류수의 양(mol)은 고려할 필요가 없으므로 증류수의 분자량은 필요한 자료가 아니다.

16 X의 화학식량이 60이므로 $\text{X}(aq)$ 에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 $\frac{15 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$ 이다. 따라서 $\text{X}(aq)$ 의 물 농도 = $\frac{0.25 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이고, $x = 0.5$ 이다.

$\text{X}(aq)$ 200 mL에 녹아 있는 용질 X의 질량은 $15 \text{ g} \times \frac{200 \text{ mL}}{500 \text{ mL}} = 6 \text{ g}$ 이고, $\text{X}(aq)$ 200 mL의 질량은 $200 \text{ mL} \times 1.01 \text{ g/mL} = 202 \text{ g}$ 이다. 따라서 희석된 수용액의 퍼센트 농도 = $\frac{6 \text{ g}}{202 \text{ g} + 98 \text{ g}} \times 100 = 2 \%$ 이고, $y = 2$ 이다. 따라서 $x \times y = 0.5 \times 2 = 1$ 이다.

17 품공 문제 분석

(가)와 (나) 모두 퍼센트 농도는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{500 \text{ g}} \times 100 = 5 \%$ 이므로 용질의 질량은 25 g이다.

• 용질의 양(mol): $\frac{25 \text{ g}}{342 \text{ g/mol}} \approx 0.073 \text{ mol}$

• 몰 농도(M): $\frac{0.073 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.146 \text{ M}$

(가) (나)

• 용질의 양(mol): $\frac{25 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \approx 0.139 \text{ mol}$

• 몰 농도(M): $\frac{0.139 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.278 \text{ M}$

ㄴ. (가)의 수용액 속에 녹아 있는 설탕의 질량은 25 g이고, 설탕의 화학식량은 342이므로 (가)의 수용액 속에 녹아 있는 설탕의 양(mol)은 $\frac{25 \text{ g}}{342 \text{ g/mol}} \approx 0.073 \text{ mol}$ 이다. 따라서 설탕 분자 수는 $0.073 \times (6.02 \times 10^{23})$ 이다.

(나)의 수용액 속에 녹아 있는 포도당의 질량은 25 g이고, 포도당의 화학식량은 180이므로 (나)의 수용액 속에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 $\frac{25 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \approx 0.139 \text{ mol}$ 이다. 따라서 포도당 분자 수는 $0.139 \times (6.02 \times 10^{23})$ 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 mol 이고, 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 mol 이고, 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.

18 **공공 문제 분석**

수용액	(가)	(나)
농도	15 %	$x \text{ M}$ 0.5
요소의 질량	$w \text{ g}$ 15	$w \text{ g}$
수용액의 양	100 g	500 mL

요소의 양(mol)은 0.25 mol로 같다.

ㄱ. 수용액 (가)의 퍼센트 농도가 15 %이고 수용액의 양이 100 g 이므로 (가)에 들어 있는 용질인 요소의 질량은 $w = 100 \text{ g} \times \frac{15}{100} = 15 \text{ g}$ 이다. 따라서 (나)의 요소의 양(mol) = $\frac{15 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$ 이고, 수용액 (나)의 몰 농도 = $\frac{0.25 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이다.

ㄴ. $x = 0.5$ 이므로 $5x = 2.5 \text{ (M)}$ 이고, 수용액의 부피가 100 mL 일 때의 몰 농도는 $\frac{0.25 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 2.5 \text{ M}$ 이다. 수용액 (가)의 밀도가 1.0 g/mL보다 크고, 수용액의 질량이 100 g이므로 수용액의 부피는 100 mL보다 작다. 몰 농도 = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피}}$ 이므로 수용액 (가)의 몰 농도는 $5x \text{ M}$ 보다 크다.

ㄷ. (가)와 (나)에 들어 있는 요소의 양(mol)은 각각 0.25 mol이므로 (가)와 (나)를 혼합한 후 증류수를 가해 전체 부피를 1 L로 만든 용액의 몰 농도는 $\frac{0.5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이므로 $x \text{ M}$ 이다.

19 ㄱ. 수용액의 밀도가 1 g/mL이므로 수용액 (나) 100 mL의 질량은 100 g이고, 퍼센트 농도가 1 %이므로 (나)에 들어 있는 포도당의 질량은 $100 \text{ g} \times \frac{1}{100} = 1 \text{ g}$ 이다. 따라서 수용액 (나)의 몰 농도는 $\frac{1}{18} \text{ M}$ 이다.

ㄴ. (가)에서 포도당의 양(mol)은 $0.1 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = \frac{1}{100} \text{ mol}$ 이다. 포도당의 분자량이 180이므로 (가)에 들어 있는 포도당의 질량은 $\frac{1}{100} \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = \frac{9}{5} \text{ g}$ 이다. 따라서 수용액 속 포도당의 질량은 (가)가 (나)의 $\frac{9}{5}$ 배이다.

바로알기 ㄷ. (가)에서 수용액의 질량은 $100 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL} = 100 \text{ g}$ 이고, 용질의 질량은 $\frac{9}{5} \text{ g}$ 이다. 물 40 g을 더 넣으면 퍼센트

트 농도는 $\frac{\frac{9}{5} \text{ g}}{100 \text{ g} + 40 \text{ g}} \times 100 = \frac{9}{7} \%$ 이므로 퍼센트 농도가 1 %인 (나)와 농도가 같지 않다.

20 ㄱ, ㄷ. 0.1 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 500 mL에 포함된 NaOH의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이며, NaOH의 화학식량이 40이므로 NaOH의 질량 = $0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 2 \text{ g}$ 이고, x 는 2이다.

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

21 탄산수소 나트륨(NaHCO_3)의 화학식량은 84이므로 NaHCO_3 4.2 g은 0.05 mol이다.

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

NaHCO_3 과 CH_3COOH 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 NaHCO_3 0.05 mol과 완전히 반응하는 데 필요한 CH_3COOH 의 양(mol)은 0.05 mol이다. 따라서 0.1 M CH_3COOH 수용액은 0.5 L가 필요하다.

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

22 ㄱ. (가)에 녹아 있는 염화 나트륨(NaCl)의 양(mol)은 $x \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.1x \text{ mol}$ 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 $2x \text{ M}$ 이며, 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 mol의 NaCl 이 녹아 있는데, 여기에 NaCl $\frac{x}{2} \text{ mol}$ 을 더 녹이면 NaCl 의 전체 양(mol)은 $0.6x \text{ mol}$ 이 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 $2x \text{ M}$ 가 되지 않는다.

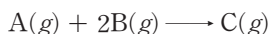
01 ⑤ 02 ⑤ 03 ④ 04 ②

01 품공 문제 분석

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

실험 I에서 반응 전과 후에 질량의 총합이 같으므로 반응 후 남아 있는 B의 질량은 2g이고, 생성된 C의 질량은 8g이다. 따라서 반응 질량비는 $A : B : C = 7 : 1 : 8$ 이다.

실험 II에서 B가 모두 반응하므로 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(g)	x	y	
반응(g)	$-7y$	$-y$	$+8y$
반응 후(g)	$x-7y$		$8y$

반응 후 $\frac{C \text{의 질량}}{\text{전체 질량}} = \frac{8}{11}$ 이므로 $\frac{8y}{x+y} = \frac{8}{11}$ 에서 $8x=80y$ 이며 $x : y = 10 : 1$ 이다.

02 $\neg$. (나)에서 반응이 완결되면 $A(g)$ 와 넣어 준 $B(g)$ w g이 모두 반응한다. 반응 몰비는 $A(g) : B(g) = 1 : 2$ 이고, 분자량은 B가 A의 2배이므로 $A(g)$ V_0 L의 질량은 $\frac{1}{4}w$ g이다.

$\neg$. 반응 부피비가 $A(g) : B(g) = 1 : 2$ 이므로, $B(g)$ w g의 부피는 $2V_0$ 이다. (나)에서 반응이 완결되었으므로 (다)에서 $B(g)$ $2w$ g을 넣어 반응시킨 후 실린더 속 기체의 부피는 $4V_0$ 가 된다.

$\neg$. 실린더 속 기체의 밀도비는 (가) : (나) : (다) = $\frac{\frac{1}{4}w}{V_0} : \frac{\frac{5}{4}w}{2V_0} : \frac{\frac{9}{4}w}{4V_0} = 4 : 10 : 9$ 이다.

03 진한 염산의 퍼센트 농도가 36.5 %이므로 진한 염산 100g에 포함된 HCl의 질량은 36.5g이다. 진한 염산의 밀도가 1.25g/mL이므로 100g의 부피는 $\frac{100g}{1.25g/mL} = 80$ mL이다.

따라서 진한 염산의 몰 농도는 $\frac{36.5g}{0.08L} = 12.5$ M이다.

1.0 M HCl(aq) 500 mL에 포함된 HCl의 양(mol)은 진한 염산 x mL에 포함된 HCl의 양(mol)과 같으므로, $1.0 \text{ M} \times 500 \text{ mL} = 12.5 \text{ M} \times x \text{ mL}$ 에서 $x = 40$ mL이다.

04 품공 문제 분석

$\neg$ (가)~(다)는 A(aq) 또는 B(aq)이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
용질	A	B	B
용질의 질량(g)	x 30	$4x$	$2x$
용액의 부피(L)	1	2	$1+V$ 2
용액의 몰 농도(M)	$\frac{1}{6}$	1	$\frac{1}{3}$

수용액 (가)와 (나)에서 용질 A, B의 양(mol)을 각각 n_A , n_B 라고 하면 몰 농도비는 (가) : (나) = $\frac{n_A}{1} : \frac{n_B}{2} = 1 : 6$ 이므로 $n_A : n_B = 1 : 12$ 이다. 용질의 질량비는 (가) : (나) = $1 : 4$ 이므로 A, B의 분자량을 각각 M_A , M_B 라고 하면 $\frac{1}{M_A} : \frac{4}{M_B} = 1 : 12$ 이므로 $M_A : M_B = 3 : 1$ 이다. B의 분자량이 60이므로 A의 분자량은 180이다. (가)에서 몰 농도가 $\frac{1}{6}$ M인 수용액 1L에 녹아 있는 A의 질량은 $x = \frac{1}{6} \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 30$ g이다.

$\neg$. (다)가 A(aq)이라면 용질의 양(mol)은 $\frac{2x}{180} = \frac{2 \times 30}{180} = \frac{1}{3}$ mol이며, 용액의 몰 농도는 $\frac{\frac{1}{3}}{1+V} = \frac{1}{3}$ 에서 $V=0$ 이 되어야 하므로 타당하지 않다. 따라서 (다)는 B(aq)이며, 용질의 양(mol)은 $\frac{2x}{60} = \frac{2 \times 30}{60} = 1$ mol이고, 용액의 몰 농도는 $\frac{1}{1+V} = \frac{1}{3}$ 이므로 $V=2$ 이다.

바로알기 $\neg$. A의 질량 x 는 30 g이다.

$\neg$. (다)는 B(aq)이다.

중단원 핵심 정리

56쪽

- ① 탄소(^{12}C) ② 원자량 ③ 원자량 ④ 아보가드로수
- ⑤ 몰 질량 ⑥ 아보가드로 ⑦ 6.02×10^{23} ⑧ 몰 질량
- ⑨ 22.4 ⑩ 부피비 ⑪ 퍼센트 농도 ⑫ 1 L ⑬ 용액의 부피

중단원 마무리 문제

57~59쪽

- 01 ② 02 ② 03 ③ 04 ④ 05 ② 06 ③ 07 24
- 08 ① 09 ④ 10 ⑤ 11 해설 참조 12 해설 참조

01 고품 문제 분석

화합물	성분 원소	분자당 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

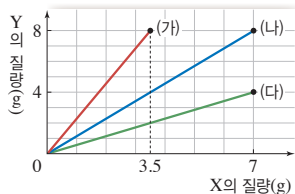
- (나)는 이원자 분자이므로 분자식이 XY 이며, XY 의 분자량은 15이다.
- (다)는 삼원자 분자이므로 분자식이 XYZ 이며, XYZ 의 분자량은 27이다. 따라서 $(XYZ \text{의 분자량} - XY \text{의 분자량}) = Z \text{의 원자량} = 12$ 이다.
- X의 원자량이 Z의 원자량인 12보다 크므로 분자량이 17인 (가)의 분자식은 XY_3 이다. 그리고 XY 의 분자량이 15이므로 X의 원자량은 14, Y의 원자량은 1이다.

ㄴ. (가)의 분자식이 XY_3 이고, (나)의 분자식이 XY 이므로 (가)에서 $\frac{X \text{의 질량}}{Y \text{의 질량}} = \frac{14}{3}$, (나)에서 $\frac{X \text{의 질량}}{Y \text{의 질량}} = 14$ 로 (가)가 (나)의 $\frac{1}{3}$ 배이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 분자식은 XY_3 이다.

ㄷ. Z의 원자량은 12이고, Y의 원자량은 1이므로 ZY_4 의 분자량은 16이며 (가)나 (다)의 분자량보다 작다.

02 고품 문제 분석



- 일정량의 X와 결합한 Y의 질량비는 (가) : (나) : (다) = 16 : 8 : 4 = 4 : 2 : 1이다.
- (가)~(다)의 분자식은 각각 XY , XY_2 , X_2Y 중 하나이며 X 원자 1개와 결합한 Y 원자 수비는 $XY : XY_2 : X_2Y = 1 : 2 : \frac{1}{2} = 2 : 4 : 1$ 이므로 (가)의 분자식은 XY_2 , (나)의 분자식은 XY , (다)의 분자식은 X_2Y 이다.

ㄷ. 분자식이 XY 인 (나)에서 질량비가 $X : Y = 7 : 8$ 이므로 원자량 비는 $X : Y = 7 : 8$ 이다. (가)와 (다)의 분자식은 각각 XY_2 , X_2Y 이므로 분자량 비는 (가) : (다) = 23 : 22이다. 따라서 1g에 들어 있는 X 원자 수비는 (가) : (다) = $\frac{1}{23} : \frac{2}{22} = 11 : 23$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 분자식은 XY_2 이고, XY 는 (나)의 분자식이다.

ㄴ. (나)의 분자식이 XY , (다)의 분자식이 X_2Y 이므로 $\frac{X \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 는 (나)가 $\frac{1}{2}$ 이고, (다)가 $\frac{2}{3}$ 이므로 (나)가 (다)의 $\frac{3}{4}$ 배이다.

03 고품 문제 분석

기체	분자식	분자량	구성 원소의 질량비(X : Y)
(가)	XY_2	a 46	7 : 16
(나)	X_xY_y	44	7 : b 4

(가)의 분자식이 XY_2 이고 구성 원소의 질량비가 $X : Y = 7 : 16$ 이므로 원자량 비는 $X : Y = 7 : 8$ 이다.

XY_2 의 분자량이 X_xY_y 보다 큰 것으로 보아서 X_xY_y 의 분자식은 XY 와 X_2Y 중 하나이다. 그런데 X_xY_y 의 분자량이 44이고, 원자량 비가 $X : Y = 7 : 8$ 이므로 X_xY_y 의 분자식은 X_2Y 가 타당하며 X의 원자량은 14, Y의 원자량은 16이다.

ㄱ. (나)의 분자식이 X_2Y 이므로 $x=2$ 이고, $y=1$ 이다.

ㄷ. 용기 안에 들어 있는 (가)의 양(mol)을 m mol, (나)의 양(mol)을 n mol이라고 하면 $\frac{X \text{의 질량}}{\text{전체 질량}} = \frac{14m + 28n}{46m + 44n} = \frac{1}{2}$ 에서 $3m = 2n$ 이다. 따라서 용기 안에 들어 있는 기체의 몰비는 (가) : (나) = $m : n = 2 : 3$ 이며 $\frac{\text{기체 (가)의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{2}{2+3} = \frac{2}{5}$ 이다.

바로알기 ㄴ. XY_2 의 분자량은 $a = 14 + 2 \times 16 = 46$ 이고, $X_xY_y (= X_2Y)$ 에서 구성 원소의 질량비는 $X : Y = 28 : 16 = 7 : 4$ 이다. 따라서 $b=4$ 이고, $a+b=50$ 이다.

04 고품 문제 분석

분자	(가)	(나)	(다)
질량비	$X : W = 4 : 1$	$Y : W = 7 : 1$	$Z : W = 8 : 1$
원자 수비	$X : W = 1 : 3$	$Y : W = 1 : 2$	$Z : W = 1 : 2$

원자량 비 $X : W = \frac{4}{1} : \frac{1}{3} = 12 : 1$ 이고, $Y : W = \frac{7}{1} : \frac{1}{2} = 14 : 1$

이며, $Z : W = \frac{8}{1} : \frac{1}{2} = 16 : 1$ 이다.

⇒ 원자량 비 $W : X : Y : Z = 1 : 12 : 14 : 16$

(가)는 원자 수비가 $X : W = 1 : 3$ 이고, 분자당 원자 수가 8이므로 분자식이 X_2W_6 이다. (나)는 원자 수비가 $Y : W = 1 : 2$ 이고 분자당 원자 수가 6이므로 분자식이 Y_2W_4 이다. (다)는 원자 수비가 $Z : W = 1 : 2$ 이고 분자당 원자 수가 3이므로 분자식이 ZW_2 이다.

ㄴ. 분자량 비는 (나) : (다) = 16 : 9이고 분자당 원자 수는 (나)가 6, (다)가 3이므로 1g에 들어 있는 원자 수비는 (나) : (다) = $\frac{6}{16} : \frac{3}{9} = 9 : 8$ 이다.

ㄷ. 분자식은 (가) X_2W_6 , (나) Y_2W_4 이므로 같은 질량의 W 원자를 포함하는 분자 수비는 (가) : (나) = 2 : 3이다.

바로알기 ㄱ. 분자량 비는 (가) : (나) : (다) = 30 : 32 : 18 = 15 : 16 : 9이므로 분자량은 (나)가 가장 크다.

05 (가)는 아세톤(CH_3COCH_3)이고, 완전 연소 반응식이 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + 4\text{O}_2 \longrightarrow 3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 이다.

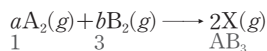
(나)는 분자당 원자 수가 14인 탄화수소이고 분자당 탄소 원자 수가 4이므로 분자식이 C_4H_{10} 이며 완전 연소 반응식은 $2\text{C}_4\text{H}_{10} + 13\text{O}_2 \longrightarrow 8\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$ 이다.

ㄴ. (나)의 완전 연소 반응식에서 반응 계수는 $y=13$, $z=10$ 이므로 $\frac{z}{y} = \frac{10}{13} < 1$ 이다.

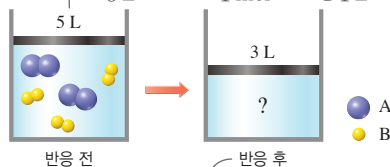
바로알기 ㄱ. (가)의 완전 연소 반응식에서 반응 계수는 $x=3$ 이다.

ㄷ. (가)는 CH_3COCH_3 이므로 분자량이 58이고, (나)는 C_4H_{10} 이므로 분자량이 58이다. 따라서 1 mol의 질량은 (가)와 (나)가 같다.

06 품공 문제 분석



→ A₂ 2 mol과 B₂ 3 mol이 들어 있으며 전체 부피가 5 L이므로 기체 1 mol의 부피는 1 L에 해당한다.



전체 부피가 3 L이므로 기체 3 mol이 들어 있는데, 그중 X가 2 mol이므로 반응하지 않고 남은 A₂는 1 mol이다.

A₂ 2 mol과 B₂ 3 mol이 반응하여 A₂는 1 mol이 남고 B₂는 모두 반응하며 X는 2 mol이 생성되므로 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

	$a\text{A}_2(\text{g}) + b\text{B}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{X}(\text{g})$		
반응 전(mol)	2	3	
반응(mol)	-1	-3	+2
반응 후(mol)	1	0	2

몰비는 A₂ : B₂ : X = 1 : 3 : 2이므로 화학 반응식은 $\text{A}_2(\text{g}) + 3\text{B}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{X}(\text{g})$ 이고, X의 분자식은 AB₃이다.

ㄱ. 몰비는 A₂ : B₂ = 1 : 3이다.

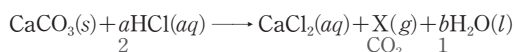
ㄷ. 반응 후 X 2 mol이 생성되었고 A₂ 1 mol이 남아 있으므로 $\frac{\text{X의 분자 수}}{\text{전체 분자 수}} = \frac{2}{3}$ 이다.

바로알기 ㄴ. X의 분자식은 AB₃이다.

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

08 품공 문제 분석

[화학 반응식]



[과정]

(가) CaCO₃의 질량(w_1)을 측정한다.

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

(다) (나)의 삼각 플라스크에 CaCO₃을 넣어 반응시킨다.

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

$$w_3 = (w_1 + w_2) - \text{발생한 CO}_2 \text{의 질량}$$

$$\text{발생한 CO}_2 \text{의 질량} = (x + 330.0) \text{ g} - 331.12 \text{ g}$$

$$= (x - 1.12) \text{ g}$$

[결과]

w_1	w_2	w_3
$x \text{ g}$	330.0 g	331.12 g

ㄴ. 탄산 칼슘(CaCO₃)과 묽은 염산(HCl(aq))이 반응하면 염화 칼슘(CaCl₂)과 물(H₂O)이 생성되고, 이산화 탄소(CO₂) 기체가 발생한다. 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



CaCO₃과 CO₂의 몰비는 1 : 1이다. CaCO₃의 화학식량이 100이고 질량이 $x \text{ g}$ 이며, 발생한 CO₂의 분자량이 44이고 질량이 $(x - 1.12) \text{ g}$ 이므로 다음 관계식이 성립한다.

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

CaCO₃의 질량은 2 g이고, 발생한 CO₂의 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 CO₂의 질량이 $(x - 1.12) \text{ g}$ 이므로 양(mol)은 $\frac{x - 1.12}{44} \text{ mol}$ 이다. 화학 반응식의 계수비가 HCl : CO₂ = 2 : 1

이므로 반응한 HCl의 양(mol)은 발생한 CO₂의 2배인 $\frac{x - 1.12}{22} \text{ mol}$ 이다.

09 ㄴ. (가)에서 수용액에 녹아 있는 X의 질량은 $90 \text{ g} \times \frac{20}{100} = 18 \text{ g}$ 이므로 증류수 10 g을 추가하면 수용액의 퍼센트 농도는 $\frac{18 \text{ g}}{90 \text{ g} + 10 \text{ g}} \times 100 = 18 \%$ 이다.

ㄷ. (나)에서 수용액에 녹아 있는 X의 양(mol)은 $3 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.3 \text{ mol}$ 이므로 1 mL에 포함된 X의 양(mol)은 $0.3 \text{ mol} \times \frac{1}{100} = \frac{3}{1000} \text{ mol}$ 이다.

바로알기 ㄱ. X의 분자량이 60이므로 (나)에서 X의 질량은 $0.3 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 18 \text{ g}$ 이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 X의 질량은 (가)와 (나)에서 같다.

10 품공 문제 분석

(가) 시판되는 12 M HCl(aq)을 준비한다.

(나) 피펫을 이용하여 12 M HCl(aq) $\boxed{\text{㉠}}$ mL를 1 L $\boxed{\text{㉡}}$ 에 넣는다.
 → 부피 플라스크

$$12 \text{ M} \times x \text{ mL} = 0.5 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}$$

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

(다) 증류수를 $\boxed{\text{㉢}}$ 의 눈금선까지 채운 후 잘 섞는다.
 → 부피 플라스크

ㄱ. 12 M HCl(aq)을 0.5 M HCl(aq)으로 희석할 때 용액에 포함된 HCl의 양(mol)은 변하지 않는다. 필요한 12 M HCl(aq)의 부피를 x mL라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$12 \text{ M} \times x \text{ mL} = 0.5 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}$$

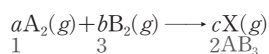
$$x = \frac{500}{12} = \frac{125}{3} (\text{mL})$$

ㄴ. 12 M HCl(aq)을 필요한 부피만큼 취한 후 증류수를 가하여 0.5 M HCl(aq) 1 L를 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다.

ㄷ. 0.5 M HCl(aq) 1 L의 질량은 밀도 $\times$ 부피 $= d \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL} = 1000d \text{ g}$ 이다. 0.5 M HCl(aq) 1 L에 포함된 HCl은 0.5 mol이고, HCl의 분자량은 a 이므로 질량은 $0.5a \text{ g}$ 이다.

따라서 증류수의 질량은 $\frac{1000d - 0.5a}{1000} \text{ kg}$ 이다.

11 품공 문제 분석



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 A₂의 부피는 1 L이고
 B₂의 부피는 3 L이다.

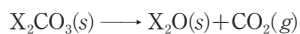
화학 반응식의 계수는 $a=1$, $b=3$, $c=2$ 이고, 화학 반응식은 $A_2(g) + 3B_2(g) \longrightarrow 2X(g)$ 이다.

모범 답안 $a=1$, $b=3$, $c=2$, (가)~(다)에서 생성된 X의 부피가 같으며, (가)와 (나)에서 반응한 A₂의 부피가 같고, (가)와 (다)에서 반응한 B₂의 부피가 같은 것으로 보아 기체의 부피비는 A₂ : B₂ : X = 1 : 3 : 2이다.

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

12 품공 문제 분석

[화학 반응식]



[실험 과정]

도가니에 X₂CO₃을 넣고 질량을 측정한 후, 도가니를 가열하면서 2분마다 질량을 다시 측정한다.

[실험 결과]

열분해 반응이 완료되면 질량은 더 이상 변하지 않는다.

• 도가니 질량: 210 g

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

→ CO₂ 기체가 발생하므로 전체 질량이 감소한다.

시간에 따라 발생한 이산화 탄소(CO₂)의 질량은 다음과 같다. 따라서 X₂CO₃이 완전 분해되면 CO₂ 22 g이 생성된다.

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

도가니에 넣은 X₂CO₃의 질량은 247 g - 210 g = 37 g이고, 반응 후 생성된 CO₂의 질량은 22 g이므로 생성된 X₂O의 질량은 37 g - 22 g = 15 g이다.

모범 답안 X의 원자량: 7, 18분과 20분에서 질량이 더 이상 변하지 않으므로 도가니 안의 고체는 X₂O뿐이며 감소한 질량은 발생한 CO₂의 질량과 같다. 처음보다 감소한 질량이 22 g이므로 CO₂ 0.5 mol이 발생하였고, X₂O와 CO₂의 몰비가 1 : 1이므로 X₂O도 0.5 mol 생성되었다. X₂O 0.5 mol의 질량은 15 g이므로 X₂O의 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

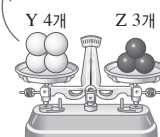
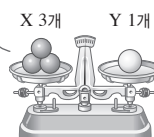
61~63쪽

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

01 품공 문제 분석

X 원자 3개와 Y 원자 1개의 질량이 같으므로 원자량 비는 X : Y = 1 : 3이다.

Y 원자 4개와 Z 원자 3개의 질량이 같으므로 원자량 비는 Y : Z = 3 : 4이다.



선택지 분석

- ☒ X 원자 1개의 질량은 $\frac{1}{6.02 \times 10^{23}}$ g이다. $\frac{4}{6.02 \times 10^{23}}$ g
- ☐ 1 g에 들어 있는 원자의 몰비는 Y : Z = 4 : 3이다.
- ☐ 1 mol의 질량은 YZ_2 가 X의 11배이다.

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

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

X의 원자량이 4이고, 1 mol의 질량이 4 g이므로 X 원자 1개의 질량은 $\frac{4}{6.02 \times 10^{23}}$ g이다.

② 원자량 비로부터 1 g에 들어 있는 원자의 몰비를 구한다.

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

③ 분자식에 포함된 모든 원자의 원자량을 합하여 분자량을 구하고 1 mol의 질량을 비교한다.

ㄷ. YZ_2 의 분자량은 $12 + 2 \times 16 = 44$ 이므로 X의 원자량 4의 11배이다.

02 품공 문제 분석

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 ₂ B	AB ₂	A ₂ B ₃	A ₂ B ₅

A의 원자량을 a , B의 원자량을 b 라고 하면 화합물 (마)에 대하여 다음 관계식이 성립한다.

$$\frac{5b}{2a} = 5 \cdots \cdots ① \quad 2a + 5b = 108 \cdots \cdots ②$$

①과 ②에서 $a=9$ 이고, $b=18$ 이다. 따라서 A의 원자량은 9이고, B의 원자량은 18이다.

선택지 분석

- ☒ 원자량은 A가 B보다 크다. 작다
- ☐ (나)와 (다)는 분자당 원자 수가 같다.
- ☐ 일정량의 B와 결합한 A의 질량비는 (가) : (라) = 3 : 2이다.

전략적 풀이 ① 분자식과 분자량으로부터 원소의 원자량을 구한다.

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

② $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$ 의 값과 분자량으로부터 분자식을 구하고 분자당 원자 수를 비교한다.

ㄴ. (나)는 분자량이 36이고 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}} = 1$ 이므로 분자식이 A_2B 이고, (다)는 분자량이 45이고 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}} = 4$ 이므로 분자식이 AB_2 이다. 따라서 분자당 원자 수가 3으로 같다.

③ $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}}$ 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) = $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} = 3 : 2$ 이다.

03 품공 문제 분석

$t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 (가)의 양(mol)은 $\frac{1}{3}$ mol이고, (다)의 양(mol)은 $\frac{1}{4}$ mol이다.

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

- 전체 원자 수비 (가) : (나) = 2 : 3 $\Rightarrow$ 분자 수비 = 부피비 = 2 : 3 $\Rightarrow$ (나)의 부피 = 12
- 분자당 원자 수비 (나) : (다) = 1 : 2, 몰비 (나) : (다) = 2 : 1 $\Rightarrow$ 전체 원자 수비 (나) : (다) = 1 : 1 $\Rightarrow a = 1.5$

선택지 분석

- ☐ (나)의 분자량은 46이다.
- ☐ a 는 1.5이다.
- ☐ 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (다) > (가)이다.

전략적 풀이 ① (가)와 (나)의 원자 수비를 통해 (나)의 부피를 구하여 분자량을 확인한다.

ㄱ. (가)와 (나)는 모두 삼원자 분자이고, 전체 원자 수비가 2 : 3이므로 분자 수비도 2 : 3이다. 따라서 (나)의 부피는 12 L이고, (나)의 양(mol)은 $\frac{1}{2}$ mol이므로 (나)의 분자량은 46이다.

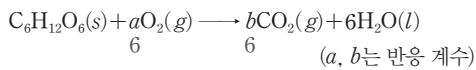
② (나)와 (다)의 분자당 원자 수비와 몰비를 파악한다.

ㄴ. (나)와 (다)에서 분자당 원자 수비는 1 : 2이고 몰비는 2 : 1이므로 전체 원자 수비는 (나)와 (다)가 같다. 따라서 a 는 1.5이다.

③ (가)와 (다) 1 g에 들어 있는 전체 원자의 양(mol)을 파악한다.

ㄷ. (가)와 (다)의 분자량은 각각 54, 104이고, 분자당 원자 수는 각각 3, 6이다. 따라서 (가)와 (다) 1 g에 들어 있는 전체 원자의 양(mol)은 각각 $\frac{3}{54}$ mol, $\frac{6}{104} = \frac{3}{52}$ mol이므로 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (다)가 (가)보다 크다.

04 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ $x=45$ 이다.
 ㉡ 생성된 H_2O 의 질량은 27 g이다.
 ㉢ 반응 후 용기 안 $\frac{\text{CO}_2\text{의 양(mol)}}{\text{전체 물질의 양(mol)}} = \frac{1}{3}$ 이다.

전략적 풀이 ① 몰비를 구하여 반응 전 포도당의 질량을 구한다.

ㄱ. 포도당의 연소 반응에 대한 화학 반응식은 다음과 같다.



몰비는 포도당 : 산소 = 1 : 6이고, 반응한 산소 48 g은 1.5 mol이다. 산소 1.5 mol과 반응한 포도당은 0.25 mol이며 분자량이 180이므로 질량은 $0.25 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 45 \text{ g}$ 이다.

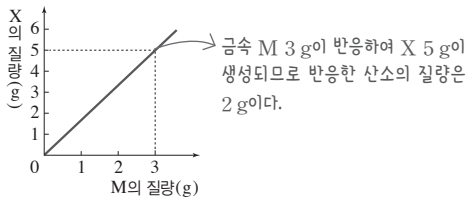
② 몰비를 이용하여 생성물의 질량을 구한다.

ㄴ. 포도당 0.25 mol이 완전 연소하면 물 1.5 mol이 생성된다. 물의 분자량이 18이므로 질량은 $1.5 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 27 \text{ g}$ 이다.

③ 반응 후 남은 산소, 생성된 이산화 탄소와 물의 양(mol)을 구하여 $\frac{\text{CO}_2\text{의 양(mol)}}{\text{전체 물질의 양(mol)}}$ 을 구한다.

ㄷ. 반응 후 산소 1.5 mol이 남고, 이산화 탄소와 물이 각각 1.5 mol씩 생성된다. 따라서 $\frac{\text{CO}_2\text{의 양(mol)}}{\text{전체 물질의 양(mol)}} = \frac{1.5}{4.5} = \frac{1}{3}$ 이다.

05 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ X의 화학식은 MO이다.
 ㉡ M의 원자량은 24이다.
 ㉢ X 10 g이 생성되는 데 필요한 O_2 는 $\frac{1}{4} \text{ mol}$ 이다. $\frac{1}{8} \text{ mol}$

전략적 풀이 ① 화학 반응식에서 반응 전과 후에 원자의 종류와 수가 같다는 원리를 이용하여 금속 산화물 X의 화학식을 구한다.

ㄱ. 화학 반응식은 $2\text{M}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{MO}(\text{s})$ 이므로 산화물 X의 화학식은 MO이다.

② 반응한 금속과 산소의 질량을 구한 다음, 금속 M의 원자량을 구한다.

ㄴ. 금속 M 3 g은 산소(O_2) 2 g과 반응하여 MO 5 g을 생성하므로 M의 원자량을 x 라고 하면 $x : 16 = 3 \text{ g} : 2 \text{ g}$ 이다. 따라서 M의 원자량(x)은 24이다.

③ 질량비로부터 X 10 g이 생성되는 데 필요한 산소의 양(mol)을 구한다.

ㄷ. 반응 질량비는 $\text{M} : \text{O}_2 : \text{X} = 3 : 2 : 5$ 이므로 X 10 g이 생성되는 데 필요한 O_2 는 4 g이다. O_2 의 분자량이 32이므로 필요한 O_2 의 양(mol)은 $\frac{4 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = \frac{1}{8} \text{ mol}$ 이다.

06 품공 문제 분석

온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하며, 화학 반응식에서 반응 계수비는 부피비와 같다.

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

(가)와 (나)에서 반응 후 남은 기체의 종류가 다르며, 반응 전 A(g)의 부피는 (나) > (가)이고, B(g)의 부피는 (가) > (나)이므로 (가)에서 A(g)가 모두 반응하고, (나)에서 B(g)가 모두 반응한다.

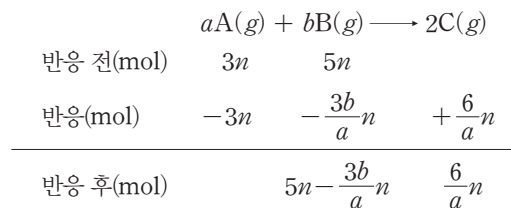
선택지 분석

- ㉠ $a+b=4$ 이다.
 ㉡ 반응 후 $\frac{\text{C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 은 (가) > (나)이다. (나) > (가)
 ㉢ 반응 전 A(g)와 B(g)의 몰비를 1 : 1로 하면 전체 기체의 양(mol)은 반응 후가 반응 전의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

전략적 풀이 ① (가)에서 A(g)가 모두 반응하고, (나)에서 B(g)가 모두 반응한다는 사실을 이용하여 반응 계수를 구한다.

ㄱ. 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하며, (가)에서는 A(g)가 모두 반응하고, (나)에서는 B(g)가 모두 반응한다.

(가)에서 화학 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.



$$5n - \frac{3b}{a}n + \frac{6}{a}n = 6n \text{ 이므로 } \frac{6-3b}{a} = 1 \text{ 이고}$$

$$a+3b=6 \cdots \textcircled{1} \text{이다.}$$

(나)에서 화학 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

$$aA(g) + bB(g) \longrightarrow 2C(g)$$

반응 전(mol)	12n	2n	
반응(mol)	$-\frac{2a}{b}n$	-2n	$+\frac{4}{b}n$
반응 후(mol)	$12n - \frac{2a}{b}n$		$\frac{4}{b}n$

$$12n - \frac{2a}{b}n + \frac{4}{b}n = 10n \text{ 이므로 } \frac{2a-4}{b} = 2 \text{ 이고}$$

$a-b=2 \dots \textcircled{2}$ 이다.

①과 ②에서 $a=3, b=1$ 이다.

② a, b 값을 대입하여 반응 후 남아 있는 기체의 양(mol)을 파악한다.

ㄴ. (가)에서 반응 후 남아 있는 B(g)의 양(mol)이 $4n$ 이라면 생성물 C의 양(mol)은 $2n$ 이며, 반응 후 $\frac{\text{C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{2n}{6n} = \frac{1}{3}$ 이다.

(나)에서 반응 후 남아 있는 A(g)의 양(mol)이 $6n$ 이고, 생성물 C의 양(mol)은 $4n$ 이며, $\frac{\text{C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{4n}{10n} = \frac{2}{5}$ 이다. 따라서 반응 후 $\frac{\text{C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$ 은 (나) > (가)이다.

③ 반응 전 A(g)와 B(g)의 몰비를 1 : 1로 하여 양적 관계를 파악한다.

ㄷ. 반응 전 A(g)와 B(g)의 몰비를 1 : 1로 하면 반응 전과 후의 양적 관계는 다음과 같다.

$$3A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$$

반응 전(mol)	1	1	
반응(mol)	-1	$-\frac{1}{3}$	$+\frac{2}{3}$
반응 후(mol)		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$

따라서 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{4}{3}$ mol이고, 반응 전 기체의 양(mol)은 2 mol이므로 전체 기체의 양(mol)은 반응 후가 반응 전의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

07 품공 문제 분석

$$XZ_2 \text{의 분자량} = 44 \rightarrow \frac{X \text{의 질량}}{XZ_2 \text{의 질량}} = \frac{3}{11}$$

$$\rightarrow X \text{의 질량} = 5.5 \text{ g} \times \frac{3}{11} = 1.5 \text{ g}$$

생성물	XZ_2	Y_2Z
질량(g)	5.5	4.5

$$Y_2Z \text{의 분자량} = 18 \rightarrow \frac{Y \text{의 질량}}{Y_2Z \text{의 질량}} = \frac{1}{9}$$

$$\rightarrow Y \text{의 질량} = 4.5 \text{ g} \times \frac{1}{9} = 0.5 \text{ g}$$

선택지 분석

㉠ $\frac{n}{m} = 4$ 이다.

㉡ 반응한 Z_2 의 질량은 8 g이다.

㉢ X_mY_n 에서 $\frac{X \text{의 질량}}{\text{전체 질량}} = \frac{3}{4}$ 이다.

전략적 풀이 ① 생성물의 분자량과 질량을 이용하여 반응물에서 원자의 몰비를 파악한다.

ㄱ. XZ_2 의 분자량은 $12 + 2 \times 16 = 44$ 이고, Y_2Z 의 분자량은

$2 \times 1 + 16 = 18$ 이다. 따라서 $\frac{X \text{의 질량}}{XZ_2 \text{의 질량}} = \frac{12}{44} = \frac{3}{11}$ 이고,

$\frac{Y \text{의 질량}}{Y_2Z \text{의 질량}} = \frac{2}{18} = \frac{1}{9}$ 이다. 반응한 X_mY_n 에 들어 있는 X의 질량은 $5.5 \times \frac{3}{11} = 1.5 \text{ g}$ 이고, Y의 질량은 $4.5 \times \frac{1}{9} = 0.5 \text{ g}$ 이

다. X_mY_n 에서 원자의 몰비는 $X : Y = \frac{1.5}{12} : \frac{0.5}{1} = 1 : 4$ 이다.

따라서 $m : n = 1 : 4$ 이고, $\frac{n}{m} = 4$ 이다.

② 화학 반응이 일어날 때 반응 전후에 총질량은 같음을 생각해 본다.

ㄴ. 화학 반응이 일어날 때 질량 보존 법칙이 성립한다. 생성물의 총질량은 10 g이고, 반응물인 X_mY_n 의 질량은 2 g이므로 반응한 Z_2 의 질량은 $10 \text{ g} - 2 \text{ g} = 8 \text{ g}$ 이다.

③ X_mY_n 을 이루는 각 원자의 질량을 이용하여 전체 질량을 파악한다.

ㄷ. X_mY_n 에 들어 있는 X의 질량이 1.5 g이고, Y의 질량이 0.5 g이므로 X_mY_n 에서 $\frac{X \text{의 질량}}{\text{전체 질량}} = \frac{1.5 \text{ g}}{2 \text{ g}} = \frac{3}{4}$ 이다.

08 품공 문제 분석

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

(가)와 (다)에서 발생한 X의 부피가 같으므로 (가)에서는 A_2 가 모두 반응하고, (다)에서는 B_2 가 모두 반응했음을 알 수 있다.

(가)에서 A_2 3 L가 모두 반응할 때 X 2 L가 생성되므로 A_2 와 X의 부피비는 3 : 2이다. (다)에서 B_2 1 L가 모두 반응할 때 X 2 L가 생성되므로 B_2 와 X의 부피비는 1 : 2이다. $\Rightarrow$ 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_3B 이다.

선택지 분석

✕ X는 삼원자 분자이다. 사원자 분자

㉠ 같은 양(mol)의 A_2 와 B_2 를 반응시키면 용기 안의 반응 후 기체의 전체 부피 $\frac{\text{반응 후 기체의 전체 부피}}{\text{반응 전 기체의 전체 부피}} = \frac{2}{3}$ 이다.

✕ 반응 후 용기 안의 $\frac{X \text{의 분자 수}}{\text{전체 분자 수}}$ 는 (나) < (다)이다. >

전략적 풀이 ① 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_3B 이며 사원자 분자이다.

② 화학 반응식의 계수비로부터 몰비, 부피비를 구한다.

ㄴ. 기체의 온도와 압력이 일정할 때 몰비는 부피비와 같으므로 같은 양(mol)의 A_2 와 B_2 를 반응시킬 때 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(mol)	n	n	
반응(mol)	$-n$	$-\frac{n}{3}$	$+\frac{2n}{3}$
반응 후(mol)	0	$\frac{2n}{3}$	$\frac{2n}{3}$

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

③ 실험 (나)와 (다)에서 반응 후 용기 안의 $\frac{X \text{의 분자 수}}{\text{전체 분자 수}}$ 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 $\frac{X \text{의 분자 수}}{\text{전체 분자 수}}$ 는 (나)가 $\frac{4}{10} = \frac{2}{5}$ 이고, (다)가 $\frac{2}{14} = \frac{1}{7}$ 이다. 즉, (나) > (다) 이다.

09 고품 문제 분석

포도당의 양(mol)은 $0.25 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ 이다.

포도당의 분자량이 180이므로 9 g의 양(mol)은 $\frac{9 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.05 \text{ mol}$ 이다.

증류수를 가함

0.25 M 포도당 수용액 200 mL (가) + 포도당 9 g + 증류수 200 g (나) → 500 mL (다)

몰 농도는 $\frac{0.05 \text{ mol} + 0.05 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다.

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 ① 몰 농도와 부피를 곱하여 녹아 있는 포도당의 양(mol)을 비교한다.

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

② 수용액 (가)와 (나)의 밀도 차를 이용하여 두 수용액의 몰 농도를 비교한다.

ㄴ. 수용액의 밀도가 (가) > (나)이므로 같은 부피의 수용액에 녹아 있는 포도당의 질량은 (가) > (나)이고, 같은 부피의 수용액에 녹아 있는 포도당의 양(mol)은 (가) > (나)이다. 따라서 수용액의 몰 농도는 (가)가 (나)보다 크다.

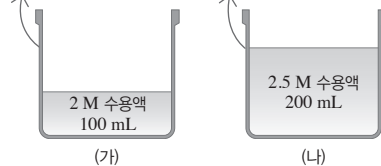
③ 혼합 용액에 들어 있는 용질의 양(mol)과 용액의 부피를 이용하여 몰 농도를 구한다.

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

10 고품 문제 분석

2 M 수용액 100 mL에 녹아 있는 X의 양(mol)은 $2 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$ 이다.

2.5 M 수용액 200 mL에 녹아 있는 X의 양(mol)은 $2.5 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$ 이다.



선택지 분석

- ㉠ (가)에 녹아 있는 X의 양(mol)은 2 mol이다. 0.2 mol
- ㉡ (나)에 녹아 있는 X의 질량은 50 g이다.
- ㉢ (가)와 (나)를 1 : 1의 부피비로 혼합한 용액의 몰 농도는 4.5 M이다. 2.25 M

전략적 풀이 ① 수용액 (가)의 몰 농도와 부피를 곱하여 녹아 있는 용질의 양(mol)을 구한다.

ㄱ. (가)에 녹아 있는 X의 양(mol)은 $2 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$ 이다.

② 수용액 (나)에 녹아 있는 X의 양(mol)을 구하고, 화학식량을 이용하여 질량을 구한다.

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

③ 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 $2.5 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.25 \text{ mol}$ 이다. 따라서 혼합 용액의 몰 농도는 $\frac{0.2 \text{ mol} + 0.25 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 2.25 \text{ M}$ 이다.

11 품공 문제 분석

(가) NaOH 4 g을 증류수 100 mL에 녹인다.

$$\frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$$

(나) (가)의 수용액을 1 L 부피 플라스크에 넣고 눈금선까지

증류수를 넣는다. $\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$

선택지 분석

☒ (가) 수용액의 몰 농도는 1 M보다 크다. **작다**

☒ (나) 수용액의 몰 농도는 0.1 M이다.

☒ (나) 수용액 10 g에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $\frac{1}{1000}$ mol이다.

전략적 풀이 ① 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 몰 농도를 판단한다.

ㄱ. NaOH 0.1 mol을 증류수 100 mL에 녹이면 수용액의 부피는 100 mL보다 크다. 따라서 (가) 수용액의 몰 농도는 1 M보다 작다.

② 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 $\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다.

③ 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 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 0.01 \text{ L} = \frac{1}{1000} \text{ mol}$ 이다.

12 품공 문제 분석

(가) 12.5 M A(aq)을 준비한다.

(나) 피펫으로 (가)의 A(aq) mL를 취한다.

(다) 1 L 부피 플라스크에 (나)에서 취한 A(aq)을 넣고 증류수를 가하여 눈금선까지 채운다.

12.5 M A(aq)에 증류수를 가하여 희석해도 희석하기 전과 후에 수용액에 포함된 용질의 양(mol)은 같다.

선택지 분석

☒ ㉠은 40이다.

☒ A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{a}{10}$ %이다. **a %**

☒ 0.5 M A(aq) 1 g에 들어 있는 A의 질량은 $\frac{a}{2000d} \text{ g}$ 이다.

전략적 풀이 ① 용액을 희석할 때 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 변하지 않음을 파악한다.

ㄱ. (나)에서 취한 12.5 M A(aq)의 부피를 $x \text{ L}$ 라고 하면, 12.5 M A(aq)에 증류수를 가하여 희석해도 희석하기 전과 후에 용액에 포함된 A의 양(mol)은 같으므로 $12.5 \text{ M} \times x \text{ L} = 0.5 \text{ M} \times 1 \text{ L}$ 에서 $x = 0.04 \text{ L}$ 이다. 따라서 (나)에서 ㉠은 40(mL)이다.

② 용액의 질량과 용액에 포함된 물질의 질량을 파악한다.

ㄴ. 12.5 M A(aq)의 밀도가 1.25 g/mL이므로 40 mL의 질량은 $1.25 \text{ g/mL} \times 40 \text{ mL} = 50 \text{ g}$ 이다. 12.5 M A(aq) 40 mL에 포함된 A의 양(mol)은 $12.5 \text{ M} \times \frac{40}{1000} \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$ 이고, 질량

은 $0.5a \text{ g}$ 이다. 따라서 12.5 M A(aq)의 퍼센트 농도는 $\frac{0.5a \text{ g}}{50 \text{ g}} \times 100 = a \%$ 이다.

③ 용액의 질량과 용액에 포함된 물질의 질량을 파악한 다음 비례식을 이용한다.

ㄷ. 0.5 M A(aq)의 밀도가 $d \text{ g/mL}$ 이므로 1 L의 질량은 $1000d \text{ g}$ 이다. 0.5 M A(aq) 1 L에 포함된 A의 양(mol)은 0.5 mol이며, A의 화학식량은 a 이므로 질량은 $0.5a \text{ g}$ 이다. 0.5 M A(aq) 1 g에 들어 있는 A의 질량을 y 라고 하면 $1000d$

: $0.5a = 1 : y$ 에서 $y = \frac{a}{2000d} \text{ g}$ 이다.



원자의 세계

1 원자의 구조

1 원자의 구조

개념 확인 문제

69쪽

- 1 음극선 2 (+) 3 (-) 4 전자 5 (+) 6 원자핵
7 톰슨 8 러더퍼드 9 양성자 10 중성자

- 1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 2 (1) a (2) 원자핵 3 (1) (가) 톰슨 (나) 러더퍼드 (2) (가) 전자 (나) 원자핵 4 (1) 양성자 (2) 전자 (3) 중성자 5 (가) 원자핵 (나) 전자 (다) 중성자

- 1 (1) 음극선은 (-)전하를 띠므로, 음극선이 지나가는 길에 전기장을 걸어 주면 전기적 인력에 의해 (+)극 쪽으로 휜다.
(2) 음극선은 직진하는 성질이 있으므로 음극선이 지나가는 길에 물체를 놓아두면 그림자가 생긴다.
(3) 음극선은 질량이 있어 힘이 작용하므로 음극선이 지나가는 길에 바람개비를 놓아두면 바람개비가 회전한다.
(4) 음극선이 지나가는 길에 자석을 가까이 가져가면 자기장에 의해 전기장이 유도되어 음극선이 휜다.

- 2 (1) 알파(α) 입자는 대부분 직진하여 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.

- 3 (1) (가)는 톰슨의 원자 모형이고, (나)는 러더퍼드의 원자 모형이다.
(2) (가)는 전자가 발견된 이후 제안된 원자 모형이고, (나)는 원자핵이 발견된 이후 제안된 원자 모형이다.

- 4 (1) 양성자는 수소 원자가 전자를 잃어 형성되는 입자로, 양극선을 이룬다.
(2) 전자는 음극선을 이루는 입자이며, (-)전하를 띤다.
(3) 중성자는 베릴륨 원자핵에 알파(α) 입자를 충돌시킬 때 방출되는 전하를 띠지 않는 입자로, 원자를 구성하는 입자 중 가장 늦게 발견되었다.

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

개념 확인 문제

72쪽

- 1 양성자 2 중성자 3 전자 4 -1 5 0 6 중성자
7 전자 8 양성자수 9 중성자수 10 b 11 b 12 $a-b$
13 동위 원소

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 2 (가) 0 (나) 1 (다) -1 3 π , π
4 ⑦ 11, ④ 12, ⑥ 10 5 (1) A와 B (2) B와 C (3) D, (+)전하
6 11.5

- 1 (1), (2) 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되어 있고, 양성자로 인해 (+)전하를 띤다.

- (3) 원자에서 원자핵은 매우 좁은 공간에 밀집되어 중심에 위치한다.

- (4) 전자는 (-)전하를 띠며, 전자의 질량은 양성자와 중성자에 비해 무시할 수 있을 정도로 매우 작지만, 질량을 가지고 있다.

- 2 (가) 중성자는 전하를 띠지 않으므로 중성자의 상대적인 전하는 0이다.

- (나) 중성자의 질량은 양성자의 질량과 거의 같으므로 중성자의 상대적인 질량은 1이다.

- (다) 전자는 양성자가 띠는 전하량과 크기는 같고 부호가 반대이므로 전자의 상대적인 전하는 -1이다.

- 3 π . 원자는 양성자수와 전자 수가 같다. 전자 수가 2이므로 π 가 양성자이고, 원자 번호는 2이다.

- π . 원자이므로 양성자(π)와 전자(π)의 전하량의 절댓값은 같다.

- 바로알기 π . π 는 양성자이고, π 는 중성자이다.

- π . 양성자수가 2, 중성자수가 1이므로 질량수는 3이다.

- 4 ⑦, ④ $^{23}_{11}\text{Na}^+$ 에서 원자 번호가 11이므로 양성자수는 11이고, 질량수가 23이므로 중성자수는 $23-11=12$ 이다.

- ⑥ $^{23}_{11}\text{Na}^+$ 은 $^{23}_{11}\text{Na}$ 이 전자 1개를 잃은 양이온이므로 $^{23}_{11}\text{Na}^+$ 의 전자 수는 $11-1=10$ 이다.

- 5 (1) 동위 원소는 양성자수는 같고 중성자수가 다른 원소이므로 A와 B이다.

- (2) 질량수=양성자수+중성자수이므로 B와 C는 질량수가 16으로 같다.

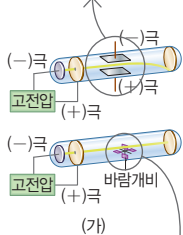
- (3) 이온은 양성자수와 전자 수가 서로 다르다. D는 전자 수가 양성자수보다 1 작으므로 전자 1개를 잃고 (+)전하를 띤 양이온이다.

- 6 평균 원자량은 $10 \times \frac{1}{4} + 12 \times \frac{3}{4} = 11.5$ 이다.

- 자료 1** 1 (가) 전자 (나) 원자핵 2 톰슨: $\square$, 러더퍼드: $\circ$
 3 (1) $\circ$ (2) $\circ$ (3) $\times$ (4) $\times$ (5) $\circ$
- 자료 2** 1 15 2 W와 X 3 (1) $\circ$ (2) $\circ$ (3) $\circ$ (4) $\circ$
 (5) $\circ$ (6) $\circ$ (7) $\times$ (8) $\times$ (9) $\circ$
- 자료 3** 1 35.5 2 $\ominus$ 70, $\odot$ 72, $\oplus$ 74, $\oplus$ $\frac{9}{16}$, $\oplus$ $\frac{3}{8}$,
 $\oplus$ $\frac{1}{16}$ 3 (1) $\circ$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\circ$ (5) $\circ$
- 자료 4** 1 $^{35}\text{Cl}_2$: $\frac{3}{4}$ mol, $^{37}\text{Cl}_2$: $\frac{1}{4}$ mol 2 (가): (나)=
 71:72 3 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\times$ (4) $\times$

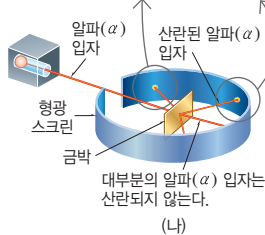
1-1 품공 문제 분석

음극선이 지나가는 길에 전기장을 걸어 주면 음극선이 (+)극 쪽으로 휘다.
 → 음극선은 (-)전하를 띤다.



음극선이 지나가는 길에 바람개비를 놓아두면 바람개비가 회전한다.
 → 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이다.

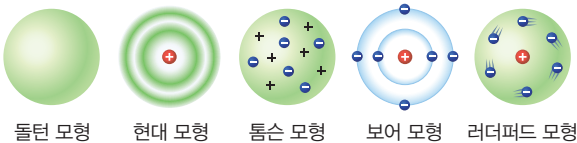
(+)전하를 띤 알파(α) 입자가 원자핵 근처를 지나면 원자핵의 (+)전하와 반발하여 진로가 크게 휘다.



대부분의 알파(α) 입자는 산란되지 않는다. (나)

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

1-2 톰슨은 전체적으로 (+)전하를 띤 푸딩과 같은 공 모양의 물체에 (-)전하를 띤 전자가 건포도처럼 띄엄띄엄 박혀 있는 원자 모형($\square$)을 제안하였고, 러더퍼드는 (+)전하를 띤 원자핵이 중심에 있고, 그 주위를 전자가 움직이고 있는 원자 모형($\circ$)을 제안하였다.



- 1-3** (1) (가)의 첫 번째 실험에서 음극선이 (+)극 쪽으로 휘는 것로부터 음극선은 반대 전하인 (-)전하를 띤다는 것을 알 수 있다.
 (2) 질량을 가지고 있어야 힘이 작용하므로, (가)의 두 번째 실험에서 바람개비가 회전하는 것로부터 음극선이 질량을 가진 입자의 흐름이라는 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 방해받지 않고 금박을 통과하는 것로부터 원자는 대부분 빈 공간이라는 것을 알 수 있다.

2-1 품공 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 전자 수는 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 8이고, Z의 양성자수도 8이다. 따라서 Z^{2-} 의 양성자수 b는 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 원자가 이온이 되어도 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. 따라서 전자 수는 $\text{Y} > \text{Z}$ 이다.

- (7) 중성자수 = 질량수 - 양성자수이므로 Y가 12로 가장 크다.
 (8) W는 양성자수가 7이고 질량수가 14이므로 $^{14}_7\text{W}$ 로 나타낸다.
 (9) W와 X는 동위 원소이므로 화학적 성질이 같으며, 이들이 같은 원소인 Z와 결합한 화합물의 화학적 성질은 같다.

3-1 곱셈 문제 분석

양성자수: 17 양성자수: 17
 중성자수: 18 중성자수: 20

- 자연계에서 염소(Cl)의 동위 원소는 $^{35}_{17}\text{Cl}$, $^{37}_{17}\text{Cl}$ 2가지만 존재한다.
- 동위 원소의 존재비는 $^{35}_{17}\text{Cl} : ^{37}_{17}\text{Cl} = 3 : 1$ 이다.
- $^{35}_{17}\text{Cl}$, $^{37}_{17}\text{Cl}$ 의 원자량은 각각 35, 37이다.

염소(Cl) 원자 1 mol에는 $^{35}_{17}\text{Cl}$ 은 $\frac{3}{4}$ mol,
 $^{37}_{17}\text{Cl}$ 은 $\frac{1}{4}$ mol이 존재한다.

평균 원자량은 각 동위 원소의 원자량과 존재 비율을 곱한 값을 더하여 구한다. 동위 원소의 존재비는 $^{35}_{17}\text{Cl} : ^{37}_{17}\text{Cl} = 3 : 1$ 이므로 $^{35}_{17}\text{Cl}$ 의 존재 비율은 $\frac{3}{4}$ 이고, $^{37}_{17}\text{Cl}$ 은 $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 염소(Cl)의 평균 원자량은 $35 \times \frac{3}{4} + 37 \times \frac{1}{4} = 35.5$ 이다.

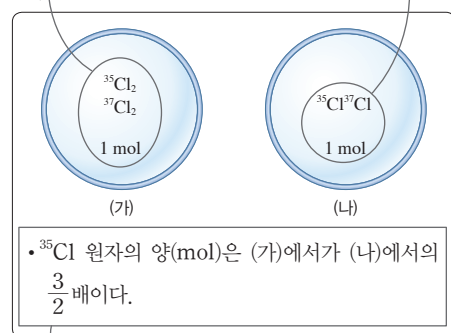
3-2 자연계에 존재하는 동위 원소는 ^{35}Cl , ^{37}Cl 2가지이므로 분자량이 다른 염소(Cl_2) 분자는 다음과 같이 3가지가 존재한다.

분자식	$^{35}\text{Cl}_2$	$^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$	$^{37}\text{Cl}_2$
구성 동위 원소	^{35}Cl , ^{35}Cl	^{35}Cl , ^{37}Cl	^{37}Cl , ^{37}Cl
분자량	$35 + 35 = 70$	$35 + 37 = 72$	$37 + 37 = 74$
존재 비율	$\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$	$\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times 2 = \frac{3}{8}$	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

- 3-3** (1) 중성자수 = 질량수 - 양성자수이므로 $35 - 17 = 18$ 이다.
 (2) 염소(Cl) 원자 1 mol에는 ^{35}Cl 가 $\frac{3}{4}$ mol, ^{37}Cl 가 $\frac{1}{4}$ mol 존재하고, 중성자수는 ^{35}Cl 가 18, ^{37}Cl 가 20이므로 Cl 원자 1 mol에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 $18 \times \frac{3}{4} + 20 \times \frac{1}{4} = 18.5$ (mol)이다.
 (3) ^{35}Cl , ^{37}Cl 는 모두 중성자수가 양성자수보다 크므로 두 동위 원소가 혼합된 염소 원자 1 mol 중 $\frac{\text{중성자수}}{\text{양성자수}} > 1$ 이다.
 (4) 염소(Cl_2) 분자 1 mol에는 염소(Cl) 원자가 2 mol 존재하고, 염소(Cl) 원자 1 mol에는 중성자가 18.5 mol 존재하므로 중성자의 양(mol)은 $18.5 \times 2 = 37$ (mol)이다.
 (5) 자연계에 존재 가능한 HCl 분자는 $^1\text{H}^{35}\text{Cl}$, $^1\text{H}^{37}\text{Cl}$, $^2\text{H}^{35}\text{Cl}$, $^2\text{H}^{37}\text{Cl}$ 로 4가지이다.

4-1 곱셈 문제 분석

$^{35}\text{Cl}_2$ 의 양(mol)을 x mol이라고 하면, ^{35}Cl 과 ^{37}Cl 원자의 양(mol)은 $^{37}\text{Cl}_2$ 의 양(mol)은 $(1-x)$ mol이고, ^{35}Cl 원자의 양(mol)은 $2x$ mol이다. 각각 1 mol이다.



(가)에서 ^{35}Cl 원자의 양(mol)은 $2x$ mol이고, (나)에서 ^{35}Cl 원자의 양(mol)은 1 mol이므로 $2x = \frac{3}{2}$ 에서 $x = \frac{3}{4}$ 이다.

$x = \frac{3}{4}$ 이므로 $^{35}\text{Cl}_2$ 의 양(mol)은 $\frac{3}{4}$ mol, $^{37}\text{Cl}_2$ 의 양(mol)은 $\frac{1}{4}$ mol이다.

4-2 $^{35}\text{Cl}_2$ 의 분자량은 70, $^{37}\text{Cl}_2$ 의 분자량은 74이므로 (가)에서 기체의 질량은 $(70 \times \frac{3}{4} + 74 \times \frac{1}{4}) \text{ g} = 71 \text{ g}$ 이고, $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 의 분자량은 72이므로 (나)에서 기체의 질량은 72 g이다. 따라서 기체의 질량비는 (가) : (나) = 71 : 72이다.

4-3 (1) ^{35}Cl 과 ^{37}Cl 의 양성자수는 17로 같다. 따라서 양성자수는 $^{35}\text{Cl}_2$, $^{37}\text{Cl}_2$, $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 모두 34로 같으므로 (가)에서와 (나)에서 양성자수는 같다.

(2) (가)에서 $^{35}\text{Cl}_2$ 의 양(mol)은 $\frac{3}{4}$ mol, $^{37}\text{Cl}_2$ 의 양(mol)은 $\frac{1}{4}$ mol이므로 $\frac{^{35}\text{Cl}_2 \text{의 분자 수}}{^{37}\text{Cl}_2 \text{의 분자 수}} = 3$ 이다. 따라서 $\frac{^{35}\text{Cl}_2 \text{의 분자 수}}{^{37}\text{Cl}_2 \text{의 분자 수}} > 1$ 이다.

(3) ^{37}Cl 원자의 양(mol)은 (가)에서 $2 \times \frac{1}{4} \text{ mol} = \frac{1}{2} \text{ mol}$ 이고, (나)에서 1 mol이므로 ^{37}Cl 원자 수는 (가)에서 (나)에서의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

(4) ^{35}Cl 의 중성자수는 18, ^{37}Cl 의 중성자수는 20이다. (가)에서 중성자수는 $^{35}\text{Cl}_2$ 가 36, $^{37}\text{Cl}_2$ 가 40이므로 중성자의 양(mol)은 $36 \times \frac{3}{4} \text{ mol} + 40 \times \frac{1}{4} \text{ mol} = 37 \text{ mol}$ 이다. (나)에서 $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 의 중성자수는 38이므로 중성자의 양(mol)은 38 mol이다. 따라서 중성자의 양(mol)은 (나)에서 (가)에서보다 1 mol만큼 크다.

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

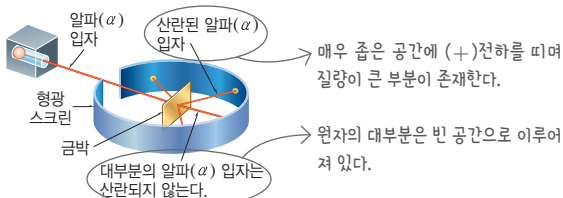
01 ㄴ. 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름이므로 (다)에서 바람개비에 힘을 작용하여 바람개비가 회전한다.

ㄷ. 음극선은 직진하는 성질이 있기 때문에 (라)에서 장애물의 그림자가 생긴다.

바로알기 ㄱ. 음극선은 (-)전하를 띠고 있기 때문에 (나)에서 (+)극 쪽으로 휘다.

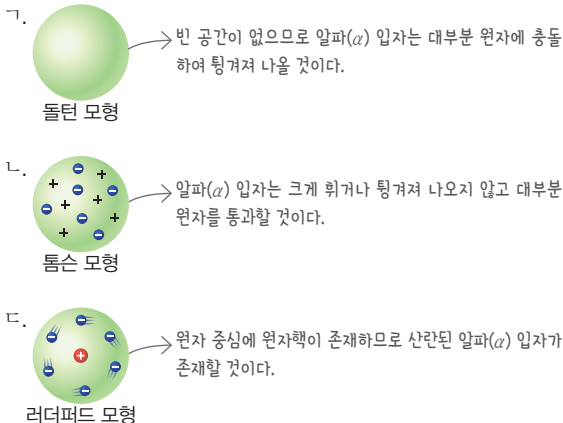
02 (나)의 결과로부터 음극선이 (-)전하를 띤다(ㄴ)는 것을 알 수 있고, (다)의 결과로부터 음극선은 질량을 가진 입자의 흐름(ㄷ)이라는 것을 알 수 있으며, (라)의 결과로부터 음극선은 직진하는 성질(ㄱ)이 있다는 것을 알 수 있다.

[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 원자 번호가 79인 금에 비해 양성자수와 중성자수가 $\frac{1}{6}$ 정도이기 때문에 원자핵의 크기, 질량, 전하량이 작다. 따라서 알루미늄박을 사용하면 그대로 통과하는 알파(α) 입자의 수는 금박을 사용할 때보다 증가하고, 크게 휘거나 튕겨져 나오는 알파(α) 입자의 수는 금박을 사용할 때보다 감소할 것이다.

모범 답안 알루미늄박을 통과하는 알파(α) 입자의 수는 금박보다 증가하고, 크게 휘거나 튕겨져 나오는 알파(α) 입자의 수는 금박보다 감소할 것이다.

채점 기준	배점
알파(α) 입자의 진로를 입자 수 증감으로 옳게 서술한 경우	100 %
알파(α) 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 원자의 종류에 따라 A(전자)의 수가 달라지고, A의 수는 B(원자핵)에 포함된 양성자수와 같다.

ㄷ. B(원자핵)는 원자 크기에 비해 매우 작은 공간을 차지한다.

07 원자핵을 구성하는 입자는 양성자와 중성자이므로 A는 양성자, B는 전자이다.

ㄴ. 원자에서는 전하의 균형이 이루어져야 하므로 (+)전하를 띠는 A(양성자)와 (-)전하를 띠는 B(전자)의 수는 같다.

ㄷ. 양성자는 (+)전하를 띠고 중성자는 전하를 띠지 않으므로 '전하를 띠는가?'는 (가)로 적절하다.

바로알기 ㄱ. B는 전자이다.

08 꼼꼼 문제 분석

구성 입자	(+)전하를 띠므로 (가)는 양성자이다.	전하를 띠지 않으므로 (나)는 중성자이다.
	전하량(C)	질량(g)
(가) 양성자	$+1.6 \times 10^{-19}$	1.673×10^{-24}
(나) 중성자	0	1.675×10^{-24}
(다) 전자	-1.6×10^{-19}	9.109×10^{-28}

(-)전하를 띠고, 질량이 매우 작으므로 (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. 원자 X의 원자핵의 전하량($+1.6 \times 10^{-18}$ C)이 양성자 1개가 띠는 전하량의 10배이므로 X의 양성자수는 10이고, 중성자수 = 질량수 - 양성자수 = $20 - 10 = 10$ 이다.

09 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.

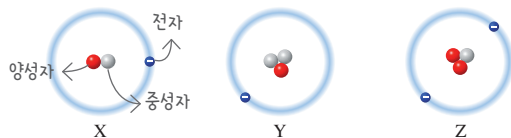
ㄱ. 질량수 = 양성자수 + 중성자수이므로 Y와 Z는 질량수가 3으로 같다.

ㄴ. X와 Y는 양성자수는 같고 중성자수가 다르므로 동위 원소이다. 따라서 원자 번호가 같다.

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

10 품목 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.

질량수의 비는 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, 질량수의 비는 X : Z = 2 : 3이다.

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

원자	X	Y	Z
양성자수	6	6	7
중성자수	6	8	7

ㄷ. 원자 번호가 가장 큰 것은 양성자수가 가장 큰 Z이다.

바로알기 ㄱ. X와 Z는 동위 원소가 아니다.

ㄴ. 중성자수는 Y가 Z보다 크다.

12 $\begin{matrix} b \\ a \end{matrix} X$ • 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.

13 X^{2-} 은 X가 전자 2개를 얻어 생성된 이온이므로 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.

14 ㄴ. (가) ~ (다)는 동위 원소이므로 양성자수는 모두 같다. 중성자수 = 질량수 - 양성자수이므로 질량수가 가장 큰 (다)의 중성자수가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. 동위 원소는 양성자수가 같으므로 3종류 원소의 양성자수는 모두 같다.

ㄷ. 원자량은 (가) 16, (나) 17, (다) 18이므로 각 원자 1g의 양(mol)은 (가) $\frac{1}{16}$ mol, (나) $\frac{1}{17}$ mol, (다) $\frac{1}{18}$ mol이다.

따라서 1g에 들어 있는 원자 수가 가장 큰 것은 (가)이다.

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

모범답안 A의 평균 원자량 = $10 \times \frac{80}{100} + 11 \times \frac{20}{100} = 10.2$ 이다.

채점 기준	배점
계산 과정과 답을 옳게 서술한 경우	100 %
계산 과정을 정확히 썼으나 계산 실수로 답이 틀린 경우	50 %
답만 옳게 쓴 경우	30 %

16 ㄴ. 동위 원소인 (가)와 (나)는 화학적 성질이 같다.

ㄷ. X_2 는 원자 (가)와 (가)가 결합한 분자, (가)와 (나)가 결합한 분자, (나)와 (나)가 결합한 분자의 3종류가 존재하고 이들의 분자량은 각각 70, 72, 74이다. 따라서 분자량이 다른 3종류의 X_2 분자가 존재한다.

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

17 b_aX 의 존재 비율을 x 라고 하면 ${}^{b+2}_aX$ 의 존재 비율은 $1-x$ 이다. X의 평균 원자량은 $b \times x + (b+2) \times (1-x) = b+0.4$ 이므로 $2x=1.6$ 에서 $x=0.8$ 이다. 즉, b_aX 의 존재 비율은 0.8, ${}^{b+2}_aX$ 의 존재 비율은 0.2이다. 따라서 X 원자 1 mol에는 b_aX 0.8 mol, ${}^{b+2}_aX$ 0.2 mol이 존재한다. b_aX 의 중성자수는 $b-a$, ${}^{b+2}_aX$ 의 중성자수는 $b+2-a$ 이므로 X 원자 1 mol에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 $(b-a) \times 0.8 + (b+2-a) \times 0.2 = b-a+0.4 = b-a+\frac{2}{5}$ 이다.

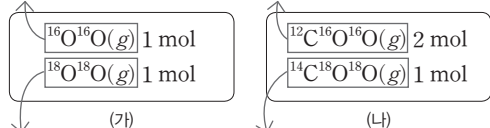
18 ㄱ. 존재 비율은 aX 는 $\frac{1}{4}$, bX 는 $\frac{3}{4}$ 이므로 평균 원자량은 $a \times \frac{1}{4} + b \times \frac{3}{4} = \frac{a+3b}{4}$ 이다.

ㄴ. ${}^aX^aX$ 의 존재 비율은 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 이고, ${}^bX^bX$ 의 존재 비율은 $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$ 이므로 2가지 분자의 존재비는 1 : 9이다.

바로알기 ㄷ. 동위 원소의 존재비는 ${}^aX : {}^bX = 1 : 3$ 이므로 이들이 결합하여 생성된 X_2 중에도 aX 와 bX 는 1 : 3의 비율로 존재한다. 따라서 X_2 1 mol에는 X가 2 mol 존재하는데 이 중 존재 비율이 $\frac{1}{4}$ 인 aX 는 $\frac{1}{2}$ mol, 존재 비율이 $\frac{3}{4}$ 인 bX 는 $\frac{3}{2}$ mol 존재한다. a_nX 의 중성자수는 $a-n$ 이고, b_nX 의 중성자수는 $b-n$ 이므로 X_2 1 mol에 존재하는 중성자의 양(mol)은 $\frac{1}{2} \times (a-n) + \frac{3}{2} \times (b-n) = \frac{a+3b-4n}{2}$ 이다.

19 **꼼꼼 문제 분석**

양성자수: 16, 중성자수: 16, 분자량 32 양성자수: 22, 중성자수: 22, 분자량 44



양성자수: 16, 중성자수: 20, 분자량 36 양성자수: 22, 중성자수: 28, 분자량 50

ㄷ. (가)의 질량은 $32 \text{ g} + 36 \text{ g} = 68 \text{ g}$ 이고, (나)의 질량은 $44 \text{ g} \times 2 + 50 \text{ g} = 138 \text{ g}$ 이므로 질량비는 (가) : (나) = $68 : 138 = 34 : 69$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 양성자의 양(mol)은 $16+16=32$ (mol)이고, (나)에서 양성자의 양(mol)은 $22 \times 2 + 22=66$ (mol)이므로 양성자수의 비는 (가) : (나) = $16 : 33$ 이다.

ㄴ. (가)에서 중성자의 양(mol)은 $16+20=36$ (mol)이고, (나)에서 중성자의 양(mol)은 $22 \times 2 + 28=72$ (mol)이므로 중성자수의 비는 (가) : (나) = $1 : 2$ 이다.

01 ③ 02 ⑤ 03 ③ 04 ⑤

01 **꼼꼼 문제 분석**

(+)전하를 띠므로 양이온이다.
양성자 1개 전하량의 2배이므로
X 이온은 X^{2+} 이다.

X^{2+} 의 전자 수가 n 이므로
X의 양성자수는 $n+2$ 이다.

입자	전하량(C)	전자 수	질량수
X 이온	$+3.2 \times 10^{-19}$	n	$2n+4$
Y 이온	-3.2×10^{-19}	n	$2n-3$

(-)전하를 띠므로 음이온이다.
양성자와 전자의 전하량 크기가
같으므로 Y 이온은 Y^{2-} 이다.

Y^{2-} 의 전자 수가 n 이므로
Y의 양성자수는 $n-2$ 이다.

ㄱ. X의 양성자수는 $n+2$ 이고, 중성자수 = 질량수 - 양성자수 = $2n+4 - (n+2) = n+2$ 이다. 따라서 X의 양성자수와 중성자수는 $n+2$ 로 같다.

ㄴ. Y의 양성자수는 $n-2$ 이므로 중성자수 = $(2n-3) - (n-2) = n-1$ 이다.

바로알기 ㄷ. X의 양성자수는 $n+2$ 이고, Y의 양성자수는 $n-2$ 이다. 원자 X와 Y의 양성자수는 원자 번호와 같으므로 원자 번호는 $X > Y$ 이다.

02 **꼼꼼 문제 분석**

원자는 양성자와 전자의 수가
같다. → (가)와 (나)는 각각
양성자와 전자 중 하나이고,
(다)는 중성자이다.

X^- 은 음이온이므로 전자가
양성자보다 1개 더 많다.
→ (가)가 양성자이고, (나)가
전자이다.

구분	(가)의 수	(나)의 수	(다)의 수
X^-	a	b	a
Y	b	b	$b+1$
Z	$a+1$	b	$a+1$

(가)와 (나)는 각각 양성자와 전자 중 하나이므로
 $a+1=b$ 이다.

ㄱ. (가)와 (나)는 양성자와 전자 중 하나이고, Z에서 $a+1=b$ 와 같다. X^- 에서 $a < b$ 이므로 (가)는 양성자, (나)는 전자, (다)는 중성자이다.

ㄴ. 양성자수는 같고 중성자수가 다른 원소가 동위 원소이다. $b=a+1$ 이므로 Y와 Z는 (가)의 수, 즉 양성자수가 같고 (다)의 수, 즉 중성자수가 다르므로 Y와 Z는 동위 원소이다.

ㄷ. 질량수 = 양성자수 + 중성자수이므로 질량수는 X가 $2a$, Y가 $2b+1=2a+3$, Z가 $2a+2$ 이다. 따라서 질량수가 가장 큰 원소는 Y이다.

03 품목 문제 분석

원자량이 서로 다른 2개의 동위 원소

$a > b$ 라고 할 경우 (가)는 ${}^aX^aX$,
(나)는 ${}^aX^bX$, (다)는 ${}^bX^bX$ 이다.

- X_2 는 [분자량이 서로 다른 (가), (나), (다)]로 존재한다.
- X_2 의 분자량은 [(가) > (나) > (다)]이다.
- 자연계에서 $\frac{(\text{나})\text{의 존재 비율}(\%)}{(\text{가})\text{의 존재 비율}(\%)} = \frac{2}{3}$ 이다.

"X의 존재 비율을 x 라고 하면 bX 의 존재 비율은 $1-x$ 이다. $\rightarrow$ (가)의 존재 비율은 x^2 이고, (나)의 존재 비율은 $2 \times x \times (1-x) = 2x - 2x^2$ 이다.

ㄱ. X의 동위 원소는 aX , bX 2가지이다.

ㄴ. (가)인 ${}^aX^aX$ 의 존재 비율은 x^2 , (나)인 ${}^aX^bX$ 의 존재 비율은 $2x - 2x^2$ 이므로 $\frac{2x - 2x^2}{x^2} = \frac{2}{3}$ 에서 $x = \frac{3}{4}$ 이다.

따라서 aX 의 존재 비율은 $\frac{3}{4}$, bX 의 존재 비율은 $\frac{1}{4}$ 이며

$\frac{\text{원자량이 가장 큰 X의 존재 비율}(\%)}{\text{원자량이 가장 작은 X의 존재 비율}(\%)} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{4}} = 3$ 이다.

바로알기 ㄴ. ${}^aX^aX$ 의 존재 비율은 $\frac{9}{16}$, ${}^aX^bX$ 의 존재 비율은

$\frac{6}{16}$, ${}^bX^bX$ 의 존재 비율은 $\frac{1}{16}$ 이므로 분자량이 가장 큰 ${}^aX^aX$ 의 존재 비율이 가장 크다. 따라서 X_2 의 평균 분자량은 분자량 크기가 중간인 (나)의 분자량보다 크다.

04 같은 온도와 압력에서 기체의 양(mol)은 부피에 비례하므로 (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 양(mol)의 비는 (가) : (나) = 2 : 1이다. (가) 기체의 전체 양(mol)을 2 mol이라고 하면 ${}^{16}O^{16}O(g)$ 의 양(mol)은 $(2-x)$ mol이고, (나) 기체의 전체 양(mol)은 1 mol이므로 ${}^1H^1H^{16}O(g)$ 의 양(mol)은 $(1-x)$ mol이다.

(가)에 들어 있는 ${}^{16}O$ 원자의 양(mol)은 $2 \times (2-x)$ mol이고, (나)에 들어 있는 ${}^{16}O$ 원자의 양(mol)은 $x + (1-x) = 1$ mol이므로 $\frac{1}{2 \times (2-x)} = \frac{1}{3}$ 에서 $x = \frac{1}{2}$ 이다.

ㄱ. (가)에 들어 있는 ${}^{16}O^{16}O$ 분자의 양(mol)은 $\frac{3}{2}$ mol이고,

(나)에 들어 있는 ${}^1H^1H^{16}O$ 분자의 양(mol)은 $\frac{1}{2}$ mol이므로

$\frac{(\text{나})\text{에 들어 있는 } {}^1H^1H^{16}O \text{ 분자 수}}{(\text{가})\text{에 들어 있는 } {}^{16}O^{16}O \text{ 분자 수}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{1}{3}$ 이다.

ㄴ. 중성자수는 ${}^{16}O^{16}O$ 16, ${}^{18}O^{18}O$ 20, ${}^{12}C^{16}O^{18}O$ 24, ${}^1H^1H^{16}O$ 8이다. (가)에서 ${}^{16}O^{16}O$ $\frac{3}{2}$ mol, ${}^{18}O^{18}O$ $\frac{1}{2}$ mol이므로 전체 중성자의 양(mol)은 $\frac{3}{2} \times 16 + \frac{1}{2} \times 20 = 34$ (mol)이다.

(나)에서 ${}^{12}C^{16}O^{18}O$ 와 ${}^1H^1H^{16}O$ 가 각각 $\frac{1}{2}$ mol이므로 중성자의 양(mol)은 $\frac{1}{2} \times 24 + \frac{1}{2} \times 8 = 16$ (mol)이다. 따라서 중성자수의 비는 (가) : (나) = 34 : 16 = 17 : 8이다.

ㄷ. (가)에서 ${}^{16}O^{16}O$ 의 분자량은 32이므로 질량은 $\frac{3}{2} \times 32 = 48$ (g), ${}^{18}O^{18}O$ 의 분자량은 36이므로 질량은 $\frac{1}{2} \times 36 = 18$ (g)로 전체 질량은 66 g이다. (나)에서 ${}^{12}C^{16}O^{18}O$ 의 분자량은 46이므로 질량은 $\frac{1}{2} \times 46 = 23$ (g), ${}^1H^1H^{16}O$ 의 분자량은 18이므로 질량은 $\frac{1}{2} \times 18 = 9$ (g)로 전체 질량은 32 g이다. 한편, 기체의 부피는 (가)가 (나)의 2배이므로 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{66}{2} : \frac{32}{1} = 33 : 32$ 이다.



원자 모형과 전자 배치

개념 확인 문제

82쪽

- ① 불연속 ② 전자 껍질 ③ K ④ L ⑤ M ⑥ N
⑦ 주 양자수(n) ⑧ 바닥상태 ⑨ 들뜬상태 ⑩ 자외선
⑪ 1 ⑫ 가시광선 ⑬ 2 ⑭ 적외선 ⑮ 3

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

- 1 (1) 원자핵 주위의 전자는 특정한 에너지를 갖는 궤도를 따라 원운동하며, 이 궤도를 전자 껍질이라고 한다.
(2) 전자 껍질의 에너지 준위는 원자핵에서 멀어질수록 높아진다.
(3) 전자가 다른 전자 껍질로 전이할 때에는 에너지 출입이 따른다.

2 (1) 전자가 낮은 에너지 준위의 전자 껍질에서 높은 에너지 준위의 전자 껍질로 전이할 때 에너지가 흡수되므로 에너지를 흡수하는 경우는 d 1가지이다.

(2) c는 $n=2 \rightarrow n=1$ 의 전자 전이이므로 $E_c = \frac{3}{4}k$ 이고, e는

$n=\infty \rightarrow n=2$ 의 전자 전이이므로 $E_e = \frac{1}{4}k$ 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.

3 (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 $n \geq 4 \rightarrow n=3$ 로 일어나므로 파셴 계열에 해당하고, 적외선을 방출한다.

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) 파장은 b 가 a 보다 길기 때문에 빛에너지는 b 가 a 보다 작다.

(3) 발머 계열은 모두 가시광선에 해당하므로 a 와 b 는 가시광선이다.

개념 확인 문제

86쪽

① 오비탈 ② s ③ 없다 ④ p ⑤ 있다 ⑥ 에너지 준위

⑦ 모양 ⑧ 0, 1 ⑨ $-1, 0, +1$ ⑩ $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$

1 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\circ$ (4) $\circ$ 2 (1) $\circ$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\times$ (5) $\times$
3 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\times$ (4) $\times$ 4 ㉠ 1, ㉡ 2, ㉢ $-1, 0, +1$,
㉣ $-1, 0, +1$, ㉤ $-2, -1, 0, +1, +2$ 5 (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(부) 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 (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(부) 양자수(l)는 오비탈의 모양을 결정하므로 같은 p 오비탈인 (나), (다), (라)의 방위(부) 양자수(l)는 같다.

(5) 오비탈 경계면 밖에서 전자를 발견할 확률은 10 %이다.

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(부) 양자수(l)는 오비탈의 모양(s, p, d, f)을 결정하고, 주 양자수(n)는 오비탈의 에너지 준위를 결정한다.

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

4 전자 껍질에 따른 양자수와 오비탈의 관계는 다음과 같다.

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

5 (1) 수소 원자에서는 전자가 1개로 원자핵과 전자 사이의 인력만 있으므로 주 양자수(n)가 같으면 오비탈의 에너지 준위가 같다.

(2) 다전자 원자에서는 원자핵과 전자 사이의 인력뿐만 아니라 전자 간의 반발력이 있으므로 주 양자수(n)가 같더라도 오비탈의 방위(부) 양자수(l)에 따라 에너지 준위가 달라진다.

개념 확인 문제

89쪽

① 쌓임 ② 파울리 배타 ③ 2 ④ 훈트 ⑤ 원자가 전자
⑥ 비활성 기체

1 (1) $\circ$ (2) $\circ$ (3) $\times$ (4) $\circ$ 2 (1) $\circ$ (2) $\circ$ (3) $\times$
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 전자가 2개까지 채워질 수 있다.

(2) 전자 배치 규칙을 따르며 에너지가 가장 낮은 안정한 상태의 전자 배치를 바닥상태의 전자 배치라고 한다.

(3) 훈트 규칙은 에너지 준위가 같은 여러 개의 오비탈에 전자가 배치될 때 적용되는 규칙이다.

(4) 원자가 전자는 원자의 바닥상태 전자 배치에서 가장 바깥 전자 껍질에 배치된 전자로, 화학 결합에 참여한다.

- 2 (1) (가)는 $2p$ 오비탈 1개가 비어 있는데, 다른 $2p$ 오비탈에 전자가 쌍을 이루어 배치되어 있으므로 훈트 규칙에 위배된다.
 (2) (나)는 에너지 준위가 낮은 $2s$ 오비탈에 전자가 채워지지 않은 상태에서 $2p$ 오비탈에 전자가 배치되었으므로 쌍을 원리에 위배된다.
 (3) (다)는 $2s$ 오비탈에 스핀 방향이 같은 전자가 배치되어 있으므로 파울리 배타 원리에 위배되는 불가능한 전자 배치이다.

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

- 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 양자수(n)가 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 전자 2개를 잃어 Ne의 전자 배치($1s^2 2s^2 2p^6$)를 갖는 이온이 된다.

대표 자료 분석

90~91쪽

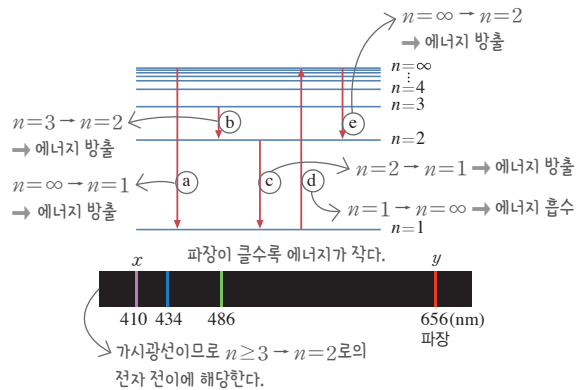
자료 ① 1 b : c = 5 : 27 2 c : e = 1 : 3 3 b 4 (1) ○
 (2) ○ (3) × (4) × (5) ×

자료 ② 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 ③ 1 B, 파울리 배타 원리 2 해설 참조 3 (1) ○ (2) ○
 (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

자료 ④ 1 A: Li, B: Na, C: Mg, D: P 2 A: 0, B: 6, C: 6, D: 9 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석



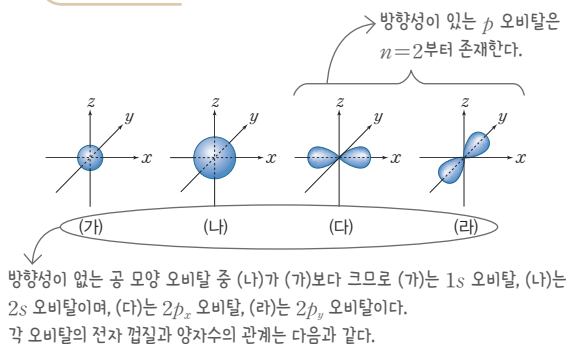
b는 $n=3 \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이이므로 방출하는 에너지는 $E = -\frac{k}{3^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{5}{36}k$ 이고, c는 $n=2 \rightarrow n=1$ 로의 전자 전이이므로 방출하는 에너지는 $E = -\frac{k}{2^2} - (-\frac{k}{1^2}) = \frac{3}{4}k$ 이다.
 따라서 b와 c에서 방출하는 빛의 에너지의 비는 $b : c = \frac{5}{36}k : \frac{3}{4}k = 5 : 27$ 이다.

1-2 c에서 방출하는 에너지는 $\frac{3}{4}k$ 이고, e는 $n=\infty \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이이므로 방출하는 에너지는 $E = -\frac{k}{\infty^2} - (-\frac{k}{2^2}) = \frac{1}{4}k$ 이다. 따라서 방출하는 에너지의 비는 $c : e = \frac{3}{4}k : \frac{1}{4}k = 3 : 1$ 인데, 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로 파장의 비는 $c : e = 1 : 3$ 이다.

1-3 y는 가시광선 영역의 빛 스펙트럼 중 파장이 가장 긴, 즉 에너지가 가장 작은 빛에 해당한다. 가시광선 영역의 빛을 방출하는 전자 전이 중 가장 에너지가 작은 빛을 방출하는 경우는 $n=3 \rightarrow n=2$ 로의 전이인 b에 해당한다.

- 1-4 (1) 에너지 준위가 낮은 전자 껍질에서 에너지 준위가 높은 전자 껍질로 전자가 전이할 때 에너지를 흡수하므로 에너지를 흡수하는 전자 전이는 d뿐이다.
 (2) 가장 큰 에너지를 방출하는 전자 전이는 $n=\infty \rightarrow n=1$ 로의 전이인 a이다.
 (3) 가장 긴 파장의 빛을 방출하는 것은 가장 작은 에너지를 방출하는 경우이므로 b이다.
 (4) 가시광선 영역에 해당하는 발머 계열의 빛은 $n \geq 3 \rightarrow n=2$ 로의 전이에 해당하므로 b와 e이다.
 (5) 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로 파장이 긴 y가 파장이 짧은 x보다 에너지가 작다.

2-1 품공 문제 분석



오비탈	$1s$	$2s$	$2p$
전자 껍질	K	L	
주 양자수(n)	1	2	
방위(부) 양자수(l)	0	0	1
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.

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

2-3 (나)는 $2s$ 오비탈이므로 주 양자수(n)는 2, 방위(부) 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.

2-4 (1) (가)와 (나)는 공 모양의 s 오비탈이므로 모두 방향성이 없다.

(2) 주 양자수(n)가 2인 오비탈은 (나)~(라) 3가지이다.

(3) (나)~(라)는 모두 주 양자수(n)가 2이므로 같은 L 전자 껍질에 존재한다.

(4) (가)와 (나)는 모두 s 오비탈이므로 오비탈의 모양을 결정하는 방위(부) 양자수(l)는 같다.

(5) (다)와 (라)의 방위(부) 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) 오비탈의 종류에 관계없이 1개의 오비탈에 전자를 2개까지만 채울 수 있다.

(8) $2p_x$ 오비탈인 (다)는 $1s$ 오비탈인 (가)보다 에너지가 높으므로 (다)에서 (가)로 전자가 전이할 때 빛을 방출한다.

3-1 품공 문제 분석

	$1s$	$2s$	$2p$	
A	↑↓	↑↓	↑	Be의 들뜬상태 → 쌍을 원리 위배
B	↑↓	↑↑	↑	존재할 수 없는 전자 배치 → 파울리 배타 원리 위배
C	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑	N의 바닥상태
D	↑↓	↑↓	↑↓ ↑ ↑	O의 들뜬상태 → 훈트 규칙 위배

A의 전자 배치는 $2s$ 오비탈에 전자가 다 채워지지 않았는데, $2p$ 오비탈에 전자가 배치되었으므로 쌍을 원리에 위배된다.

B의 전자 배치는 $2s$ 오비탈에 같은 방향의 스핀을 갖는 전자가 배치되어 있으므로 파울리 배타 원리에 위배되어 존재할 수 없는 전자 배치이다.

D의 전자 배치는 $2p$ 오비탈 중 비어 있는 오비탈이 있는데 전자가 쌍을 이루어 배치되어 있으므로 훈트 규칙에 위배된다.

3-2 들뜬상태의 전자 배치는 파울리 배타 원리를 따르지만 쌍을 원리나 훈트 규칙에 어긋나는 전자 배치로 A와 D는 들뜬상태의 전자 배치이다. B는 존재할 수 없는 전자 배치이고, C는 바닥상태의 전자 배치이다. A와 D의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^2$, D: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$

	$1s$	$2s$	$2p$
A:	↑↓	↑↓	
D:	↑↓	↑↓	↑↓ ↑ ↑

3-3 (1) 원자가 전자 수는 D가 6으로 가장 크다.

(2) 바닥상태에서 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 Ne와 같은 전자 배치를 갖는다.

(4) 바닥상태의 A와 C는 모두 주 양자수(n)가 1과 2인 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 전자가 들어 있는 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.

4-1 품고 문제 분석

2, 3주기 원소 중 이 값이 1인 원소는 C, Na, Mg이며, 그 중 홀전자 수가 1인 원소 B는 Na이고 홀전자 수가 0인 원소 C는 Mg이다.

원자	전자가 들어 있는 p 오비탈 수 전자가 들어 있는 s 오비탈 수	홀전자 수
A	0 Li($1s^2 2s^1$)	1
B	1 Na($1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^1$)	1
C	1 Mg($1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2$)	0
D	2 P($1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$)	3

2, 3주기 원소 중 이 값이 2인 원소는 P, S, Cl이며, 그 중 홀전자 수가 3인 원소 D는 P이다.

A의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$ 으로 Li이고($1s^1$ 의 전자 배치를 갖는 H도 해당 값을 가지지만 1주기 원소이므로 제외), B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^1$ 로 Na이며, C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2$ 로 Mg이고, D의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$ 으로 P이다.

4-2 모든 s 오비탈의 방위(부) 양자수(l)는 0이고, 모든 p 오비탈의 방위(부) 양자수(l)는 1이므로 s 오비탈에만 전자가 있는 A의 방위(부) 양자수(l)의 합은 0, p 오비탈의 전자가 각각 6개인 B와 C는 6, p 오비탈의 전자가 9개인 D는 9이다.

4-3 (1) A(Li)와 B(Na)는 모두 1족 원소이다.

(2) 15족 원소인 D(P)의 원자가 전자 수가 5로 가장 크다.

(3) 3주기 원소는 B(Na), C(Mg), D(P) 3가지이다.

(4) 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 B와 C가 3으로 같다.

(5) 모든 s 오비탈의 자기 양자수(m_l)는 0이고, p 오비탈은 3가지 자기 양자수(m_l)(-1, 0, +1)를 갖는다. D에서 p_x, p_y, p_z 오비탈에 같은 수의 전자가 들어 있으므로 자기 양자수(m_l)의 총합은 0이 된다.

(6) 오비탈에서 쌍을 이룬 전자의 스핀 자기 양자수(m_s)는 각각 $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ 이므로 합은 0이 된다. 따라서 전자 배치에서 쌍을 이룬 전자만 있는 경우 스핀 자기 양자수(m_s)의 총합은 0이고, 홀전자가 있는 경우는 스핀 자기 양자수(m_s)의 총합이 0이 아니다. A, B, D는 홀전자가 있고, C는 쌍을 이룬 전자만 있으므로 모든 원자의 스핀 자기 양자수(m_s)의 합이 0인 원자는 C 1가지이다.

내신 안정 문제

92~96쪽

- 01 ④ 02 ④ 03 ① 04 해설 참조 05 ② 06 ①
 07 $n=3, l=0, m_l=0, m_s=+\frac{1}{2}$ 또는 $n=3, l=0, m_l=0, m_s=-\frac{1}{2}$ 08 ② 09 ② 10 ③ 11 ② 12 ① 13 ①
 14 ② 15 X: $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$, Y: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 16 ② 17 ②
 18 ① 19 ⑤ 20 ③ 21 ③ 22 ① 23 ③

01 전자 껍질의 에너지 준위는 $K < L < M < N \dots$ 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. 눈으로 관찰할 수 있는 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 빛의 종류가 모두 6가지이므로 주 양자수(n) 4에서 전이할 때 방출되는 빛이다. 따라서 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) $n=4 \rightarrow n=1$	

모범 답안 (1) 4 (2) (나), (다)

$$(3) E_{(c)} = -\frac{k}{4^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{3}{16}k, E_{(d)} = -\frac{k}{3^2} - \left(-\frac{k}{1^2}\right) = \frac{8}{9}k \text{ 이고,}$$

파장은 에너지에 반비례하므로 파장의 비 $\lambda_{(c)} : \lambda_{(d)} = \frac{8}{9} : \frac{3}{16} = 128 : 27$ 이다.

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

05 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.

06 ㄱ. 헬륨(He)과 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.

07 M 전자 껍질이므로 주 양자수(n)는 3이고, s 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)는 0이다. 방위(부) 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	$-\frac{1}{2}$

08 ② 주 양자수(n)가 2일 때 방위(부) 양자수(l)는 0, 1의 2가지 값을 가질 수 있고, 방위(부) 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 값을 가질 수 있다.

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

④, ⑤ L 전자 껍질이므로 주 양자수(n)가 2이어야 한다.

09 수소(H) 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수(n)에 의해서만 결정된다. 따라서 주 양자수(n)가 클수록 에너지 준위가 크고, 주 양자수(n)가 같으면 오비탈의 모양과 관계없이 에너지 준위가 같다.

10 4가지 오비탈을 p 오비탈과 s 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.

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

⑤ 다전자 원자에서 에너지 준위는 $2p_x = 2p_y$ 이고, $1s < 2s$ 이므로 분류 기준이 될 수 있다.

바로알기 ③ $2s, 2p_x, 2p_y$ 오비탈은 주 양자수(n)가 2이므로 L 전자 껍질에 존재하지만, $1s$ 오비탈은 K 전자 껍질에 존재하므로 분류 기준이 될 수 없다.

11 (가)는 $2p_x$, (나)는 $1s$, (다)는 $2s$ 오비탈이다.

ㄷ. 수소(H) 원자는 전자가 1개이고 바닥상태에서는 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈에 전자가 배치되므로 $1s$ 오비탈인 (나)에 들어 있다.

바로알기 ㄱ. H 원자에서는 주 양자수(n)가 같으면 오비탈의 종류에 관계없이 에너지 준위가 같으므로 $2p_x$ 오비탈인 (가)와 $2s$ 오비탈인 (다)의 에너지 준위는 같다.

ㄴ. 방위(부) 양자수(l)는 s 오비탈은 0, p 오비탈은 1이므로 $n-l$ 는 (가)는 $2-1=1$, (나)는 $1-0=1$, (다)는 $2-0=2$ 로 (다) > (가) = (나)이다.

12 L 전자 껍질은 주 양자수(n)가 2인 전자 껍질이므로 (가)는 $2s$ 오비탈이고, (나)~(라)는 각각 방향이 서로 다른 $2p$ 오비탈이다.

ㄱ. 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 (가) < (나) = (다) = (라)이므로 L 전자 껍질에 전자가 채워질 때 (가)부터 채워진다.

바로알기 ㄴ. (가)는 $2s$ 오비탈, (나)는 $2p$ 오비탈이므로, 방위(부) 양자수(l)는 (가)가 0, (나)가 1이다.

ㄷ. (나), (다), (라)의 방위(부) 양자수(l)는 같고, 자기 양자수(m_l)는 $-1, 0, +1$ 로 서로 다르다.

13 ㄱ. 쌓음 원리는 에너지가 낮은 오비탈부터 전자가 배치되는 것이다. (가)는 에너지가 더 낮은 $2s$ 오비탈에 전자가 채워지지 않았는데 에너지가 더 높은 $2p$ 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 쌓음 원리에 위배된다.

바로알기 ㄴ. 훈트 규칙은 $2p_x, 2p_y, 2p_z$ 와 같이 에너지가 같은 오비탈에 전자가 배치될 때 홀전자 수가 가장 많은 전자 배치를 한다는 것이다. (나)는 $2p$ 오비탈 1개가 비어 있는데, 다른 $2p$ 오비탈에는 전자가 쌍을 이루므로 훈트 규칙에 위배된다.

ㄷ. (가)와 (나)는 들뜬상태의 전자 배치이고, (다)는 파울리 배타 원리에 위배되므로 존재할 수 없는 전자 배치이다. 따라서 바닥상태의 전자 배치는 없다.

14 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 3, B가 2, C가 1로 A가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 5, B가 6, C가 1로 B가 가장 크다.

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 A와 B가 5, C가 6으로 $C > A = B$ 이다.

15 원자의 전자 수비가 $X : Y = 1 : 2$ 이므로 원자 번호비가 $X : Y = 1 : 2$ 이다. 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 원자 번호 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.

16 품공 문제 분석

- X: $1s^2 2s^2 2p^5$ → 2주기 17족 원소
- Y: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ → 3주기 2족 원소
- Z: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ → 3주기 13족 원소

ㄷ. Y와 Z는 모두 오비탈의 주 양자수(n)가 3이 가장 큰 값이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 3으로 같다.

바로알기 ㄱ. X의 홀전자 수는 1이고, Y의 홀전자 수는 0이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자, 즉 주 양자수(n)가 가장 큰 오비탈에 들어 있는 전자 수이며, X는 7, Y는 2, Z는 3으로 X가 가장 크다.

17 A^+ 은 A 원자가 전자 1개를 잃고 생성된 양이온이고, B^{2-} 은 B 원자가 전자 2개를 얻어 생성된 음이온이다. 따라서 바닥상태에서 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.

18 C의 전자 배치에서 전자가 들어 있는 오비탈 수가 3이므로 가능한 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^1$ 이고, 홀전자 수는 1이다. 따라서 $x=1$ 이므로 A의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$ 이고, B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이며, D의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^1$ 이다. 즉, A는 Li, B는 O, C는 B, D는 Na이다.

ㄱ. $x=1$ 이다.

바로알기 ㄴ. 2주기 원소는 A(Li), B(O), C(B) 3가지이다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 A(Li)가 1, B(O)가 6, C(B)가 3, D(Na)가 1로 가장 큰 것은 B(O)이다.

19 주어진 조건을 만족하는 원자 A~C의 전자 배치의 예는 다음과 같으며, 이 외에도 다양한 경우가 가능하지만 어떤 전자 배치를 선택하더라도 문제의 답은 변하지 않는다.

A: $1s^2 2s^1 2p_x^1$

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

C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1$

ㄱ. 바닥상태의 전자 배치는 다음과 같다.

A: $1s^2 2s^2$

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

C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1$

따라서 A와 B는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2로 같다.

ㄴ. B는 $2p_z$ 오비탈에 전자가 없는데도 $2p_x$ 오비탈에 전자가 쌍을 이루고 있으므로 B는 훈트 규칙을 만족하지 않는다.

ㄷ. C는 바닥상태의 전자 배치이다.

20 품공 문제 분석

2p 오비탈 ←		$1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$
전자 배치	($l=1$)인 전자 수	홀전자 수
(가)	3	3
(나)	4	1
(다)	5	3

2p 오비탈에 전자가 4개이므로 홀전자 수가 1이기 위해서는 2p 오비탈에 홀전자가 존재하지 않는다. 전자 배치는 $1s^1 2s^2 2p_x^2 2p_y^2$ 또는 $1s^2 2s^1 2p_x^2 2p_y^2$ 중 하나이다.

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

ㄱ. (가)는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이므로 바닥상태의 전자 배치이다.

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 (나)가 4, (다)가 5로 (다)가 (나)보다 크다.

바로알기 ㄴ. (다)는 훈트 규칙을 만족하지만 쌍을 원리를 만족하지 않는다.

21 품공 문제 분석

오비탈	$n+l$	$l+m_l$
(가) 1s	①	②
(나) 2s	2	0
(다) 2p	3	1

1s 오비탈이다. $1s$ 오비탈의 l 과 m_l 값은 모두 0이므로 $x=0$ 이다.

2s 오비탈이다. 3s 또는 2p 오비탈인데 3s 오비탈의 $l+m_l$ 은 0이므로 2p 오비탈이고 $l=1$ 이므로 m_l 값은 0이다.

ㄱ. (가)는 1s 오비탈이므로 $x=0$ 이다.

ㄴ. (가)는 1s, (나)는 2s, (다)는 2p 오비탈이므로 에너지 준위는 (가)<(나)<(다)이다.

바로알기 ㄴ. (다)는 2p 오비탈이므로 2개의 전자가 들어 있다.

22 품공 문제 분석

A와 B의 가능한 원자의 쌍은 (3번, 12번), (4번, 16번)이다.

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)이다.

- 전자 수는 B가 A의 4배이다.
- C의 p 오비탈의 총 전자 수는 1.5이다.
- 홀전자 수는 C가 A의 3배이다.

Ne은 홀전자 수가 0이므로 C는 P이다. 홀전자 수는 C가 A의 3배이므로 A는 Li이다. 따라서 B는 Mg이다.

원자 번호는 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 P이고, A는 홀전자 수가 1인 Li이다. 따라서 B는 Mg이다.

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

바로알기 ㄴ. 원자가 전자 수는 C(P)가 5로 가장 크다.

ㄴ. 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.

23 품공 문제 분석

오비탈	l	m_l
p 오비탈	1	1, 0, -1
s 오비탈	0	0

$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 또는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2$ 이다.

- $l=1$ 인 전자 수 $\in 1$ 로 같다.
- $l=0$ 인 전자 수
- 홀전자 수는 A>B이다.

A는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이고, B는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2$ 이다.

ㄱ. 원자가 전자 수는 A가 6, B가 2이므로 A>B이다.

ㄴ. 전자가 모두 채워진 오비탈 수는 A가 3, B가 6이므로 B가 A의 2배이다.

바로알기 ㄴ. s 오비탈의 l 는 0, p 오비탈의 l 는 1이므로 모든 전자의 l 의 합은 A가 4, B가 6이다.

실력 UP 문제

97쪽

01 ② 02 ① 03 ① 04 ⑤

01 품공 문제 분석

가시광선 중 에너지가 가장 작은 빨간색이므로 $n=3 \rightarrow n=2$ 이다.

선	전자 전이	색깔	에너지(kJ/mol)
I	$n=4 \rightarrow n=2$	초록 가시광선	E_I
II	$n=3 \rightarrow n=1$	자외선	E_{II}
III	$n=3 \rightarrow n=2$	빨강 가시광선	E_{III}
IV	$n=4 \rightarrow n=3$ $n=2 \rightarrow n=1$	적외선 또는 자외선	E_{IV}

$n=3 \rightarrow n=1$ 에서보다 방출되는 에너지가 작아 하므로 $n=4 \rightarrow n=3$ 또는 $n=2 \rightarrow n=1$ 이다.

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.

ㄴ. I의 에너지 $E_I = -\frac{k}{4^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{3}{16}k$ 이고, III의 에너지 $E_{III} = -\frac{k}{3^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = \frac{5}{36}k$ 이다. 빛의 파장은 에너지에 반비례하므로 $\lambda_I : \lambda_{III} = \frac{5}{36}k : \frac{3}{16}k = 20 : 27$ 이다.

02 품공 문제 분석

(나)는 2s, 3s 중 하나이다.

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

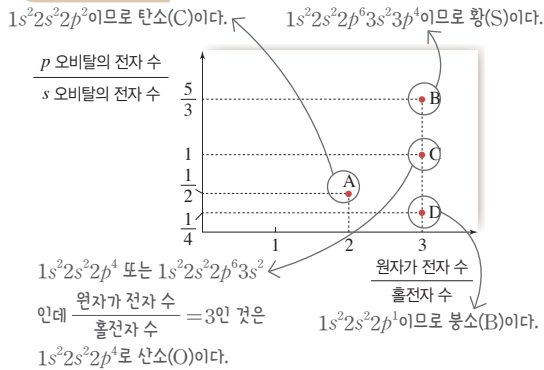
2s 오비탈: $2-0=2$, 2p 오비탈: $2-1=1$, 3s 오비탈: $3-0=3$, 3p 오비탈: $3-1=2$

$n-l$ 의 값이 $3s > 2s > 3p > 2p$ 이므로 (다)는 3s, (나)는 2s, 3p 중 하나이고, (가)는 2p이다. (나)는 공 모양이므로 2s이다.

ㄱ. (가)의 n 는 2, (다)의 n 는 3으로 (다)>(가)이다.

바로알기 ㄴ. (나)와 (다)는 모두 s 오비탈이므로 m_l 은 모두 0이다.
 ㄷ. (가)는 $2p$, (나)는 $2s$ 오비탈인데 수소(H) 원자이므로 두 오비탈의 에너지 준위는 같다.

03 품공 문제 분석



ㄱ. A(C)와 C(O)는 같은 2주기 원소이다.

바로알기 ㄴ. B(S)는 16족 원소이고, D(B)는 13족 원소이다.

ㄷ. 원자가 전자 수가 가장 작은 원소는 13족 원소인 D(B)이다.

04 품공 문제 분석

바닥상태 전자 배치가 1가지 존재하므로 $1s^22s^22p_x^12p_y^12p_z^1$ (A)이며, X는 질소(N) 원자이다. 다른 가능한 전자 배치는 $1s^22s^22p_x^22p_y^1$ (B), $1s^22s^12p_x^22p_y^12p_z^1$ (C), $1s^22s^12p_x^22p_y^2$ (D)이다.

- 전자들의 주 양자수(n) 총합은 모두 12로 같다.
- 전자들의 방위(부) 양자수(l) 총합은 (가) > (나) = (다)이다.
- (나)의 전자들의 자기 양자수(m_l) 총합은 0이다.
- 홀전자 수는 (가)와 (나)가 같다.

l의 총합은 A와 B가 각각 3이고, C와 D가 각각 4이므로 (가)는 C와 D 중 하나이고, (나)와 (다)는 각각 A와 B 중 하나이다.

(나)는 A와 B 중 하나인데 B는 m_l 의 총합이 0이 될 수 없으므로 (나)는 A이고, (다)는 B이다.

(나)의 홀전자 수가 3이므로 (가)는 C이다.

(가)의 전자 배치는 $1s^22s^12p_x^22p_y^12p_z^1$, (나)의 전자 배치는 $1s^22s^22p_x^12p_y^12p_z^1$, (다)의 전자 배치는 $1s^22s^22p_x^22p_y^1$ 이다.

ㄱ. X의 바닥상태 전자 배치는 (나)이므로 원자가 전자 수는 5이다.

ㄴ. X의 바닥상태 전자 배치는 (나) $1s^22s^22p_x^12p_y^12p_z^1$ 이다,

ㄷ. 훈트 규칙을 만족하는 전자 배치는 (가)와 (나) 2가지이다.

중단원 핵심 정리

98~99쪽

- ① (-) ② 질량 ③ 전자 ④ 원자핵 ⑤ 전자 ⑥ 1
 ⑦ -1 ⑧ 원자핵 ⑨ 양성자수 ⑩ 중성자수 ⑪ 가시광선 ⑫ -2, -1, 0, +1, +2 ⑬ 홀전자 수

중단원 마무리 문제

100~106쪽

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

01 (가) 음극선이 지나가는 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 음극선이 지나가는 길에 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 매우 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 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 = X의 수 + Z의 수이다.

ㄷ. 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되므로 X와 Z가 원자핵을 구성한다.

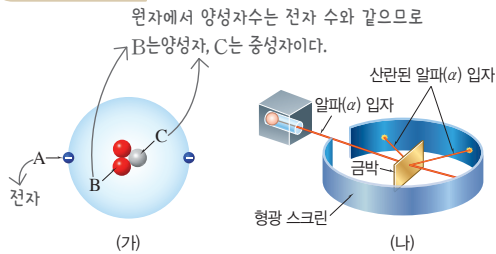
05 a는 원자 번호이고, b는 질량수이다.

ㄱ. 질량수 = 양성자수 + 중성자수이므로 중성자가 없는 ^1H 를 제외하고는 b가 a보다 항상 크다. H는 전자 수가 1이므로 +2의 전하를 띠는 양이온이 될 수 없다. 따라서 X는 H가 아니다.

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.

06 품공 문제 분석



ㄷ. 원자 번호는 B인 양성자수에 의해 결정된다.

바로알기 ㄱ. 질량수=양성자수+중성자수이므로 X의 질량수는 3이다.

ㄴ. 전자인 A는 (나)의 알파(α) 입자 산란 실험이 아닌 음극선 실험에 의해 발견되었다.

07 원자핵을 이루는 입자 중 전하를 띠는 입자는 양성자이고, 전하를 띠지 않는 입자는 중성자이며, 원자핵을 이루는 입자가 아닌 것은 전자이다. 따라서 A는 양성자, B는 중성자, C는 전자이다.

ㄱ. $^{14}_7\text{N}$ 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 작용한다.

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

08 (다)와 중성자가 합해져서 헬륨 원자핵($^4_2\text{He}^{2+}$)을 생성하므로 (다)는 $^4_2\text{He}^{2+}$ 보다 중성자가 1개 적어 질량수가 1 작은 $^3_2\text{He}^{2+}$ 이다.

(나)와 양성자가 합해져서 (다) $^3_2\text{He}^{2+}$ 을 생성하므로 (나)는 $^3_2\text{He}^{2+}$ 보다 양성자가 1개 적어 원자 번호와 질량수가 1만큼 작다. 원자 번호가 바뀌면 원소의 종류가 달라지므로 (나)는 $^2_1\text{H}^{+}$ 이다.

(가)와 중성자가 합해져서 (나) $^2_1\text{H}^{+}$ 을 생성하므로 (가)는 $^2_1\text{H}^{+}$ 보다 중성자가 1개 적어 질량수가 1 작은 $^1_1\text{H}^{+}$ 이다.

09 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 10이고 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 X(Mg)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ 이고, Y(O)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이므로 홀전자 수는 $\text{Y} > \text{X}$ 이다.

10 품공 문제 분석

음이온에서 전자 수는 양성자수보다 작으므로 ㉔은 전자, ㉑과 ㉓은 각각 양성자와 중성자 중 하나이다.

이온	㉑	㉔	㉓
X^{2+}	6	5	6
Y^{2-}	5	5	4

음이온에서 전자 수는 양성자수보다 크므로 ㉓은 양성자이다.

X^{2+} 은 X가 전자 2개를 잃은 것이므로 양성자수는 전자 수보다 2만큼 커야 한다. 따라서 X^{2+} 의 양성자수는 12, 전자 수는 10, 중성자수는 12이다. Y^{2-} 은 Y가 전자 2개를 얻은 것이므로 양성자수는 전자 수보다 2만큼 작아야 한다. 따라서 Y^{2-} 의 양성자수는 8, 전자 수는 10, 중성자수는 10이다.

ㄱ. ㉑은 중성자이다.

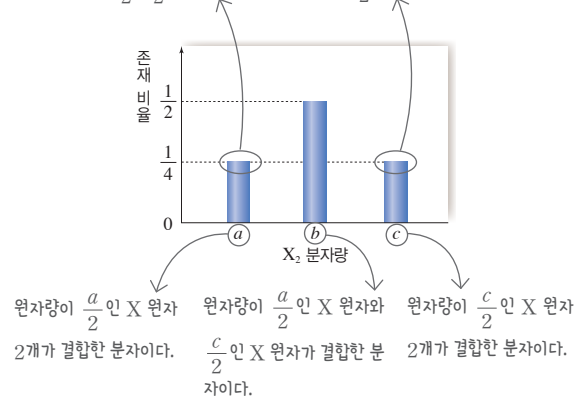
ㄷ. 질량수=양성자수+중성자수이므로 X의 질량수는 24, Y의 질량수는 18이다. 따라서 질량수비는 X : Y = 24 : 18 = 4 : 3이다.

바로알기 ㄴ. X는 원자 번호가 12이므로 3주기 원소이고, Y는 원자 번호가 8이므로 2주기 원소이다.

11 품공 문제 분석

원자량이 $\frac{a}{2} (\frac{c}{2})$ 인 X 원자 2개가 결합한 것이므로 (원자량이 $\frac{a}{2} (\frac{c}{2})$ 인 X 원자의 존재 비율) $\times$ (원자량이 $\frac{a}{2} (\frac{c}{2})$ 인 X 원자의 존재 비율) = $\frac{1}{4}$ 이다.

→ 원자량이 $\frac{a}{2} (\frac{c}{2})$ 인 X 원자의 존재 비율은 $\frac{1}{2}$ 이다.



ㄱ. b는 원자량이 $\frac{a}{2}$ 인 X 원자와 $\frac{c}{2}$ 인 X 원자가 결합한 X_2 분자의 분자량이다. 즉 $b = \frac{a}{2} + \frac{c}{2}$ 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 두 원자량의 평균값이 평균 원자량이다.

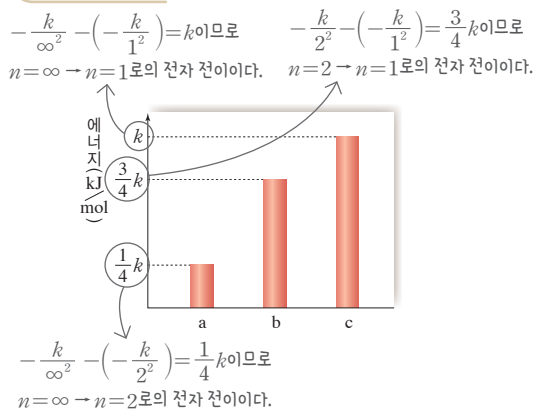
$$\text{평균 원자량} = \frac{\frac{a}{2} + \frac{c}{2}}{2} = \frac{a+c}{4} = \frac{b}{2} \text{이다.}$$

12 ^{63}X 의 동위 원소인 ^{65}X 의 양성자수는 29이므로 중성자수인 $x=65-29=36$ 이다. X의 동위 원소는 ^{63}X 와 ^{65}X 만 존재하므로 ^{63}X 의 존재 비율은 $(100-y)\%$ 이다. 따라서 X의 평균 원자량은 $63 \times \frac{(100-y)}{100} + 65 \times \frac{y}{100} = 63.6$ 이고, 이 식을 풀면 $y=30$ 이다. 따라서 $x:y=36:30=6:5$ 이다.

13 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 $E_c=E_2-E_1=-\frac{k}{2^2}-\left(-\frac{k}{1^2}\right)=\frac{3}{4}k$ 이다. 따라서 $E_a:E_c=k:\frac{3}{4}k=4:3$ 이다.

14 ㉠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.

15 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. a는 $n=\infty \rightarrow n=2$ 로의 전자 전이이므로 방출되는 빛은 발머 계열이다.

ㄴ. c에서 방출되는 에너지(kJ/mol)가 k 이므로 c는 $n=\infty \rightarrow n=1$ 로의 전자 전이이다.

ㄷ. $n=2 \rightarrow n=1$ 에서 방출되는 에너지($\frac{3}{4}k$) 다음으로 큰 에너지가 방출되는 전자 전이는 $n=\infty \rightarrow n=2$ ($\frac{1}{4}k$)이므로 두 값의 중간 값인 $\frac{1}{2}k$ 의 에너지를 갖는 빛은 방출될 수 없다.

16 ① 공 모양이므로 s 오비탈이다.

② s 오비탈은 방향성이 없다.

③ 주 양자수(n)가 1이므로 K 전자 껍질에 존재한다.

⑤ 모든 오비탈은 수용할 수 있는 최대 전자 수가 2이다.

바로알기 ④ 전자가 원운동을 한다는 것은 보어 모형에서의 개념이고, 오비탈 모형에서는 전자의 운동 궤적을 정확히 알 수 없어 존재 확률로 나타낸다.

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

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

ㄴ. (가)와 (다)는 주 양자수(n)가 2로 같다.

바로알기 ㄷ. 오비탈에 들어갈 수 있는 전자 수는 오비탈의 종류에 관계없이 모두 2이다.

18 (가)와 (나)는 모양이 다르므로 각각 s 오비탈과 p 오비탈 중 하나인데, 주 양자수(n)가 1인 경우는 s 오비탈만 존재하므로 (가)와 (나)의 주 양자수(n)는 2이다. 한편, (나)와 (다)는 같은 모양의 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.

19 수소(H) 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 $3s > 2s = 2p$ 이므로 (가)는 3s이고, (나)는 2s와 $2p$ 중 하나이다. $n+l$ 는 2s 오비탈이 2이고, $2p$ 오비탈이 3이므로 (나)는 $2p$, (다)는 2s이다.

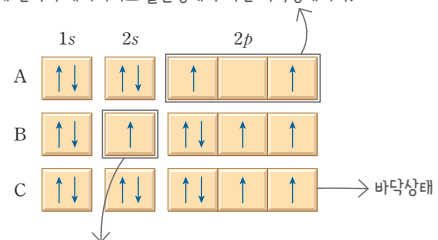
ㄱ. (가)와 (다)는 s 오비탈이므로 m_l 는 모두 0이다.

ㄷ. (나)와 (다)는 주 양자수(n)가 같으므로 같은 전자 껍질에 존재한다.

바로알기 ㄴ. (가)인 3s 오비탈의 $n+l$ 는 $3+0=3$, (나)인 $2p$ 오비탈의 $n+l$ 는 $2+1=3$ 으로 같다.

20 꼼꼼 문제 분석

3개의 $2p$ 오비탈은 에너지 준위가 같기 때문에 전자가 어떤 오비탈에 먼저 배치되어도 에너지가 같다. $\Rightarrow 2p_y$ 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 들뜬 상태에 위배된다.

ㄱ. 바닥상태의 전자 배치는 A와 C의 전자 배치 2가지이다.

바로알기 ㄴ. A의 전자 배치는 바닥상태의 전자 배치이므로 쌓음 원리를 만족한다.

ㄷ. B의 전자 배치는 쌓음 원리에 위배되는 들뜬상태의 전자 배치이다.

21 ㄴ. 쌓음 원리를 만족하지 않는 전자 배치는 (라) 1가지이다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)는 바닥상태의 전자 배치이고, (다)는 파울리 배타 원리에 위배되는 불가능한 전자 배치이며, (라)는 쌓음 원리를 만족하지 않는 들뜬상태의 전자 배치이다.

ㄷ. 방위(부) 양자수(l)는 s 오비탈이 0이고, p 오비탈이 1이므로 $2p$ 오비탈에 전자가 3개 있는 (라)는 방위(부) 양자수(l)의 합이 3이다. (다)는 존재할 수 없는 전자 배치이고, (가)와 (나)는 $2p$ 오비탈에 전자가 각각 4개 있으므로 방위(부) 양자수(l)의 합이 4이다.

22 ㄱ. D는 원자가 전자 수가 6이므로 2개의 전자를 얻어 -2 의 음이온이 되기 쉽다.

ㄴ. A와 C는 원자가 전자 수가 1로 같다. 따라서 A와 C는 모두 1족 원소이다.

바로알기 ㄷ. 바닥상태에서 B와 D는 모두 홀전자 수가 2이다.

23 주어진 조건을 만족하는 X와 Y의 전자 배치는 다음과 같다.

X: $1s^2 2s^1 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 또는 $1s^1 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$

Y: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2$

ㄱ. 홀전자 수는 X가 3, Y가 0이다.

바로알기 ㄴ. Y가 바닥상태일 때의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이다.

ㄷ. L 전자 껍질에 들어 있는 전자 수는 X가 5 또는 6, Y가 6이므로 X가 Y보다 작거나 같다.

24 원자의 전자 수는 원자 번호와 같으므로 원자 번호의 비가 2:1인 조건을 만족하는 2, 3주기 원소의 조합은 (6번, 3번), (8번, 4번), (10번, 5번), (12번, 6번), (14번, 7번), (16번, 8번), (18번, 9번)이다. 이 중 전자가 들어 있는 오비탈 수비가 3:2인 것은 (12번, 6번)이다. 따라서 전자 배치는 X가 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2$, Y가 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ 이다.

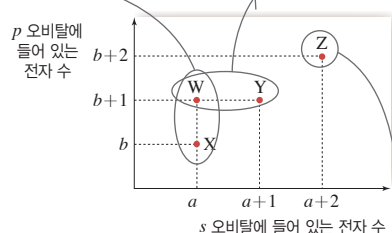
ㄴ. 홀전자 수는 X가 0이고, Y가 2이므로 $Y > X$ 이다.

바로알기 ㄱ. 원자가 전자 수는 X가 2이고, Y가 4이므로 $Y > X$ 이다.

ㄷ. X가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 $3s$ 오비탈에 있는 전자 2개를 잃으므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 1 감소한다.

25 품공 문제 분석

s 오비탈의 전자 수는 같은데 p 오비탈의 전자가 수가 1만큼 차이가 나므로 4번($1s^2 2s^2$) p 오비탈의 전자 수는 같은데 s 오비탈의 전자 수가 1만큼 차이가 나므로 ~ 10 번($1s^2 2s^2 2p^6$) 원소 중 연속된 2가지 각각 $1s^2 2s^2 2p^6$ 와 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 원소가 가능하다.



Y보다 s 오비탈의 전자 수와 p 오비탈의 전자 수가 1씩 많으므로 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이다.

W는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 인 Ne, X는 $1s^2 2s^2 2p^5$ 인 F, Y는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 인 Na, Z는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 인 Al이다.

ㄱ. 3주기 원소는 Y(Na), Z(Al) 2가지이다.

바로알기 ㄴ. 홀전자 수는 W(Ne)는 0이고 나머지 원소는 모두 1이다.

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 W(Ne)와 X(F) 모두 5이다.

26 Y는 X보다 전자가 들어 있는 오비탈 수와 홀전자 수 모두 1씩 크므로 X와 Y의 가능한 전자 배치 조합은 ($1s^2 2s^2$, $1s^2 2s^2 2p_x^1$), ($1s^2 2s^2 2p_x^1$, $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$), ($1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$, $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$)이다.

한편, Z는 Y보다 전자가 들어 있는 오비탈 수는 1 큰데 홀전자 수는 같으므로 Y는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$, Z는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 인 경우이다. 따라서 X는 $1s^2 2s^2 2p_x^1$ 이다.

ㄱ. X에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 3이고, 홀전자 수는 1이므로 $a=3$, $b=1$ 이고 $a=b+2$ 이다.

ㄴ. X의 원자가 전자 수는 3이다.

ㄷ. 전자가 2개 들어 있는 오비탈 수는 X와 Y 모두 2이다.

27 ㄱ. $n+l$ 가 2인 (가)는 $2s$ 오비탈에 있는 전자이므로 $a=0$ 이다.

ㄴ. $n+l$ 가 3인 (나)와 (다)는 $2p$ 또는 $3s$ 오비탈의 전자인데, (가)~(다)는 원자가 전자의 일부라고 했으므로 (나)와 (다)는 $2p$ 오비탈의 전자이다. 원자가 전자가 $2s$ 와 $2p$ 오비탈에 배치되어 있으므로 2주기 원소이다.

바로알기 ㄷ. (나)와 (다)는 m_l 가 같고, m_s 가 다른 값을 갖고 있으므로 같은 $2p$ 오비탈에서 쌍을 이루고 있는 전자이다. 따라서 X는 3개의 $2p$ 오비탈 중 최소 1개 이상에서 쌍을 이루어 배치되어 있으므로 가능한 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 또는 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$ 이므로 $\frac{p \text{ 오비탈 전자 수}}{s \text{ 오비탈 전자 수}} \geq 1$ 이다.

28 방위(부) 양자수(l)=0인 전자는 s 오비탈에 들어 있는 전자이고, 방위(부) 양자수(l)=1인 전자는 p 오비탈에 들어 있는 전자이므로 $\frac{\text{방위(부) 양자수}(l)=1 \text{인 전자 수}}{\text{방위(부) 양자수}(l)=0 \text{인 전자 수}}$
 $= \frac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$ 이며, 이 값이 $\frac{3}{2}$ 인 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ (Ne), $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ (P), $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ (Ca)이다. 원자 번호는 $X > Y > Z$ 이므로 X는 Ca, Y는 P, Z는 Ne이다.

ㄷ. 홀전자 수는 X(Ca)가 0, Y(P)가 3, Z(Ne)가 0으로 Y가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. Y(P)는 3주기 원소이고, Z(Ne)는 2주기 원소이다.
 ㄴ. s 오비탈에 들어 있는 전자의 자기 양자수(m_l)는 모두 0이고, p 오비탈에 들어 있는 전자의 자기 양자수(m_l)는 $-1, 0, +1$ 의 값을 갖는데, 3개의 p 오비탈에 전자가 1개씩 모두 들어 있거나 2개씩 모두 들어 있는 경우는 자기 양자수(m_l)의 합이 0이 된다. 따라서 X~Z의 자기 양자수(m_l)의 총합은 모두 0이다.

29 (1) 원자는 전기적으로 중성이므로 양성자수와 전자 수가 같다.

(2) 원자량이 10인 붕소(B)의 존재 비율이 20 %이고, 원자량이 11인 B의 존재 비율이 80 %이다. 평균 원자량은 동일 원소의 원자량과 존재 비율을 고려하여 구한 원자량이다.

모범 답안 (1) 5. 원자는 양성자수와 전자 수가 같기 때문이다.

(2) B의 평균 원자량 = $10 \times \frac{20}{100} + 11 \times \frac{80}{100} = 10.8$ 이다.

채점 기준	배점
(1) 전자 수를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
전자 수만 옳게 쓴 경우	25 %
(2) 평균 원자량을 풀이 과정과 함께 옳게 서술한 경우	50 %
평균 원자량만 옳게 쓴 경우	25 %

30 **공공 문제 분석**

(나)는 $2s$ 오비탈의 전자이므로 $l=1$ 이므로 p 오비탈인데, 질소(N) 원자는 바닥 상태 m_l 값인 $d=0$ 이다. 상태에서 $2p$ 오비탈까지만 전자가 배치되므로

(다)는 $2p$ 오비탈의 전자이고, $b=2$ 이다.

전자	n	l	m_l	m_s
(가)	a	c	0	$+\frac{1}{2}$
(나)	2	0	d	$+\frac{1}{2}$
(다)	b	1	0	$+\frac{1}{2}$

(가)에서 $m_l=0$ 이므로 s 오비탈의 전자일 수도 있고, p 오비탈의 전자일 수도 있다. 파울리 배타 원리에 따라 같은 오비탈에 같은 m_s 를 갖는 전자가 존재할 수 없으므로 (가)는 (나)와 (다)가 들어 있는 오비탈에 존재하지 않는다. 따라서 (가)는 $1s$ 오비탈의 전자이고, $a=1, c=0$ 이다.

모범 답안 전자 (나)가 들어 있는 오비탈은 $2s$ 오비탈이므로 $d=0$ 이다. 전자 (다)가 들어 있는 오비탈은 $l=1$ 이므로 $2p$ 오비탈이고 $b=2$ 이다. (가)에서 $m_l=0$ 이므로 $1s, 2s, 2p$ 모두 가능한데 (나), (다)와 같은 m_s 값을 가지므로 (가)는 $1s$ 오비탈의 전자이고 $a=1, c=0$ 이다.

채점 기준	배점
$a \sim d$ 의 값을 풀이 과정과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
(나) 또는 (다) 중 한 가지만 근거를 옳게 서술한 경우	50 %

31 A는 $2s$ 오비탈에 전자가 배치되지 않은 상태에서 에너지가 더 높은 $2p$ 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 쌓음 원리에 위배되며, 바닥상태의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$ 이다.

B는 $2p_y$ 오비탈이 비어 있는데 에너지가 같은 $2p_x$ 오비탈에 전자가 배치되어 있으므로 바닥상태의 전자 배치이다.

C는 바닥상태 전자 배치이다.

모범 답안 A, 에너지 준위가 낮은 $2s$ 오비탈에 전자를 채우지 않고 $2p$ 오비탈에 전자가 채워졌으므로 쌓음 원리에 위배되는 들뜬상태이다.

채점 기준	배점
들뜬상태를 옳게 고르고, 위배된 전자 배치 규칙과 관련하여 옳게 서술한 경우	100 %
들뜬상태만 옳게 고른 경우	30 %

수능 실전 문제

108~111쪽

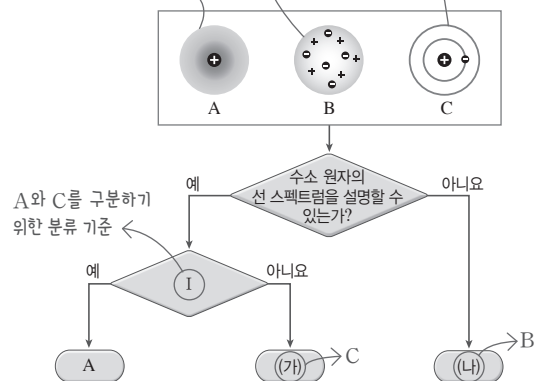
01 ④ 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ② 06 ⑤ 07 ①
 08 ③ 09 ① 10 ② 11 ② 12 ② 13 ② 14 ③
 15 ③ 16 ①

01 **공공 문제 분석**

다전자 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 없는 보어 원자 모형을 보완한 현대의 원자 모형이다.

전자를 발견한 톰슨이 제안한 원자 모형이다.

수소 원자의 선 스펙트럼을 설명하기 위해 보어가 제안한 원자 모형이다.



선택지 분석

- ☒ 기준 I로는 '원자핵이 존재하는가?'가 될 수 있다. 없다
- ☒ (나)에 해당하는 원자 모형은 B이다.
- ☒ (가)는 알파(α) 입자 산란 실험 결과를 설명할 수 있다.

전략적 풀이 ① 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.

② 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 선 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.

02 품공 문제 분석

a와 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 잃거나 얻어서 생성된 것이므로 양성자의 수와 전자의 수가 같을 수 없다. 따라서 b는 양성자이고, a는 중성자이다.

선택지 분석

- ☒ b는 양성자이다.
- ☒ 질량수는 X가 Y보다 크다.
- ☒ 전하량의 절댓값의 비는 X 이온 : Y 이온 = 1 : 1이다. 1 : 2

전략적 풀이 ① 주어진 입자의 수로부터 입자의 종류를 파악한 후, 각 입자의 수로부터 X와 Y의 질량수를 알아낸다.

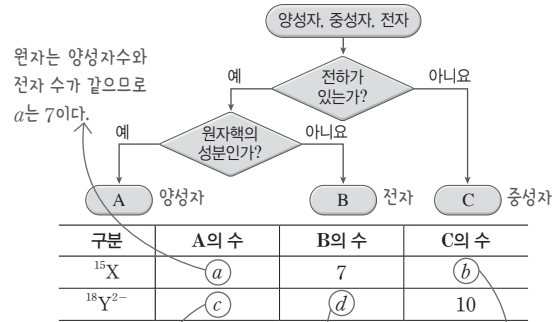
ㄱ. 이온은 원자가 전자를 잃거나 얻은 것이므로 양성자수는 전자 수와 달라야 한다. 따라서 c는 전자이므로 b가 양성자이고 a가 중성자이다.

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

② X 이온과 Y 이온의 양성자수와 전자 수를 비교하여 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 절댓값의 비는 X 이온 : Y 이온 = 1 : 2이다.

03 품공 문제 분석



양성자수 = 질량수 - 중성자수
 $\text{Y의 전자 수} = \text{양성자수} - \text{중성자수} = 18 - 10 = 8$ 이므로 c는 8이다.

중성자수 = 질량수 - 양성자수
 $\text{Y의 전자 수} = \text{양성자수} - \text{중성자수} = 15 - 7 = 8$ 이므로 b는 8이다.

선택지 분석

- ☒ A와 B는 질량이 같다. A가 크다
- ☒ $a + d > b + c$ 이다.
- ☒ Y의 원자 번호는 9이다. 8

전략적 풀이 ① 원자를 구성하는 입자의 성질을 생각하여 입자의 종류를 파악한다.

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

② 양성자수와 질량수의 관계로부터 $a \sim d$ 의 값을 파악한다.

ㄴ. $a + d = 7 + 10 = 17$ 이고, $b + c = 8 + 8 = 16$ 이다. 따라서 $a + d$ 의 값은 $b + c$ 의 값보다 크다.

③ 양성자수로 원자 번호를 알아낸다.

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

04 품공 문제 분석

동위 원소	원자량	존재 비율(%)
^aX	A	19.9
^bX	B	80.1

- $b > a$ 이다. $\rightarrow$ 질량수가 클수록 원자량이 크다.
- 평균 원자량은 w이다.

$$w = \left(A \times \frac{19.9}{100} \right) + \left(B \times \frac{80.1}{100} \right)$$

선택지 분석

☒ A. $A > B$ 이다. $A < B$

☐ B. w 는 $\frac{A+B}{2}$ 보다 크다.

☐ C. $\frac{1 \text{ g의 } ^a\text{X에 들어 있는 전체 양성자수}}{1 \text{ g의 } ^b\text{X에 들어 있는 전체 양성자수}} > 1$ 이다.

전략적 풀이 ① 평균 원자량을 구하는 방법을 생각해 본다.

ㄱ. 질량수가 클수록 원자량이 크므로 $A < B$ 이다.

ㄴ. 평균 원자량은 동위 원소의 원자량에 존재 비율을 곱하여 더한 값이므로 동위 원소의 존재 비율이 큰 쪽의 원자량에 가까운 값이 된다. 원자량이 큰 ^bX 의 존재 비율이 크므로 평균 원자량은 $\frac{A+B}{2}$ 보다 큰 값을 갖는다.

② 각 동위 원소 1 g이 몇 mol인지 생각해 본다.

ㄷ. 동위 원소는 원자 번호가 같으므로 양성자수는 같다. ^aX 1 g은 $\frac{1}{A}$ mol이고, ^bX 1 g은 $\frac{1}{B}$ mol인데 $B > A$ 이므로 1 g에 들어 있는 원자 수는 $^a\text{X} > ^b\text{X}$ 이고, 양성자수도 $^a\text{X} > ^b\text{X}$ 이다.

05 품목 문제 분석

전자 수 = 양성자수이므로 $\frac{n}{n} : \frac{n+3}{n+1} = 4 : 5$ 에서 $n=7$ 이다.

• 용기 속 X_2Y 를 구성하는 원자 X와 Y에 대한 자료

원자	^aX	^bX	^cY
양성자수	n	n	$n+1$
중성자수	$n+1$	n	$n+3$
중성자수 전자 수 (상댓값)		4	5

• 용기 속에는 $^a\text{X}^c\text{X}^c\text{Y}$, $^a\text{X}^b\text{X}^c\text{Y}$, $^b\text{X}^b\text{X}^c\text{Y}$ 만 들어 있다.

• 용기 속 $\frac{\text{전체 중성자수}}{\text{전체 양성자수}} = \frac{62}{55}$ 이다.

X_2Y 1 mol에는 X가 2 mol, Y가 1 mol 존재하고, ^aX 의 양(mol)을 x mol이라고 하면 ^bX 의 양(mol)은 $(2-x)$ mol이다.

선택지 분석

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

전략적 풀이 X_2Y 1 mol에 들어 있는 ^aX , ^bX , ^cY 의 양(mol)을 고려하여 전체 양성자수와 중성자수를 계산해 본다.

전자 수 = 양성자수이므로 $\frac{n}{n} : \frac{n+3}{n+1} = 4 : 5$ 에서 $n=7$ 이다.

따라서 ^aX 의 양성자수는 7, 중성자수는 8이고, ^bX 의 양성자수는 7, 중성자수는 7이며, Y의 양성자수는 8, 중성자수는 10이다. X_2Y 1 mol에는 X가 2 mol, Y가 1 mol 존재하고, ^aX 의 양(mol)을 x mol이라고 하면 ^bX 의 양(mol)은 $(2-x)$ mol이다.

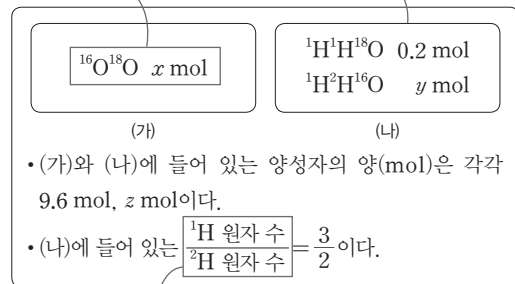
전체 양성자수는 $7 \times x + 7 \times (2-x) + 8 \times 1$, 전체 중성자수는 $8 \times x + 7 \times (2-x) + 10 \times 1$ 이므로 $\frac{\text{전체 중성자수}}{\text{전체 양성자수}} = \frac{x+24}{22} = \frac{62}{55}$ 에서 $x = \frac{4}{5}$ 이고, 용기 속에 들어 있는 ^aX 원자 수 = $\frac{2}{3}$ 이다.

06 품목 문제 분석

^{16}O 와 ^{18}O 의 양성자수는 8이다.

→ 양성자의 양(mol)은 $16x$ mol이고, 중성자의 양(mol)은 $18x$ mol이다.

^1H 와 ^2H 의 양성자수는 1이다. → 양성자의 양(mol)은 $(10 \times 0.2 + 10y)$ mol이고, 중성자의 양(mol)은 $(10 \times 0.2 + 9y)$ mol이다.



^1H 원자의 양(mol)은 $(2 \times 0.2 + y)$ mol이고, ^2H 원자의 양(mol)은 y mol이

므로 $\frac{0.4+y}{y} = \frac{3}{2}$ 에서 $y=0.8$ 이다.

선택지 분석

☐ ㉠ z 는 10이다.

☐ ㉡ (나)에 들어 있는 O 원자의 질량 = $\frac{41}{51}$ 이다.

☐ ㉢ (가)와 (나)에 들어 있는 중성자의 양(mol)의 합은 20 mol이다.

전략적 풀이 ① x, y, z 의 값을 구한 후 중성자의 양(mol)을 구한다.

ㄱ. (가)에 들어 있는 양성자의 양(mol)이 9.6 mol이므로 $16x=9.6$ 에서 $x=0.6$ 이고, (나)에 들어 있는 양성자의 양(mol)은 $10 \times 0.2 + 10y = 2 + 10 \times 0.8 = 10$ 이므로 $z=10$ 이다.

ㄷ. (가)에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 $18x=10.8$ mol이고, (나)에 들어 있는 중성자의 양(mol)은 $10 \times 0.2 + 9y = 9.2$ mol이므로 (가)와 (나)에 들어 있는 중성자의 양(mol)의 합은 20 mol이다.

② O 원자의 양(mol)과 원자량을 이용하여 O 원자의 질량비를 구한다.

ㄴ. (가)에는 ^{16}O 와 ^{18}O 가 각각 0.6 mol이 있으므로 O 원자의 질량은 $16 \times 0.6 + 18 \times 0.6 = 20.4$ (g)이고, (나)에는 ^{18}O 가 0.2 mol, ^{16}O 가 y mol 있으므로 O 원자의 질량은 $18 \times 0.2 + 16 \times 0.8 = 16.4$ (g)이다. 따라서 $\frac{\text{(나)에 들어 있는 O 원자의 질량}}{\text{(가)에 들어 있는 O 원자의 질량}} = \frac{16.4}{20.4} = \frac{41}{51}$ 이다.

07 품공 문제 분석

모양이 같은 것은 1s 오비탈과 2s 오비탈이므로
(가)와 (나)는 각각 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 양자수(n)가 가장 큰 오비탈에 들어 있으므로 (가)와 (다)는 각각 2s 오비탈과 $2p_x$ 오비탈 중 하나이다. 따라서 (가)는 2s, (나)는 1s, (다)는 $2p_x$ 오비탈이다.

선택지 분석

- ㉠ 오비탈의 크기는 (가) > (나)이다.
- ✕ 홀전자가 존재하는 오비탈은 (가)이다. (다)
- ✕ 오비탈의 에너지 준위는 (가) > (다)이다. (가) < (다)

전략적 풀이 ① 주어진 자료로부터 (가)~(다)에 해당하는 오비탈을 파악한다.

ㄱ. (가)와 (나)는 같은 모양의 오비탈이므로 각각 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.

② 바닥상태 질소(N) 원자의 전자 배치를 쓰고, 홀전자 수와 전자가 들어 있는 오비탈 수를 파악한다.

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

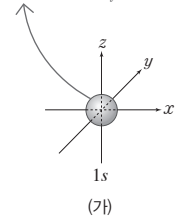
ㄷ. (가)는 2s, (다)는 $2p_x$ 오비탈이므로 오비탈의 에너지 준위는 (가) < (다)이다.

08 품공 문제 분석

주 양자수(n)=1

방위(부) 양자수(l)=0

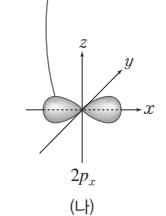
자기 양자수(m_l)=0



주 양자수(n)=2

방위(부) 양자수(l)=1

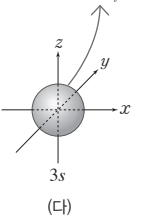
자기 양자수(m_l)=0



주 양자수(n)=3

방위(부) 양자수(l)=0

자기 양자수(m_l)=0



선택지 분석

- ㉠ 방향성이 없는 것은 2가지이다.
- ㉡ (가)와 (다)는 자기 양자수(m_l)가 같다.
- ✕ 방위(부) 양자수(l)가 가장 큰 것은 (다)이다. (나)

전략적 풀이 ① 오비탈의 모양에 따른 특징을 생각해 본다.

ㄱ. (가)와 (다)는 공 모양인 s 오비탈이므로 방향성이 없다.

② 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(부) 양자수(l)가 가장 큰 것은 p 오비탈인 (나)이다.

09 품공 문제 분석

수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 주 양자수(n)에 의해 결정된다. → 주 양자수(n)가 3 이하이므로 오비탈의 주 양자수(n)는 (나)가 1, (가)가 2, (다)가 3이다.

- 수소 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 (다) > (가) > (나)이다.
- $n+l$ 는 (가) = (다) > (나)이다.

(가)와 (다)의 $n+l$ 가 같기 위해서는 (가)의 l 는 1, (다)의 l 는 0이어야 한다. → (가)는 $2p$, (다)는 3s 오비탈이다.

선택지 분석

- ㉠ l 는 (가) > (다)이다.
- ✕ (가)와 (나)는 같은 모양의 오비탈이다. (가) $2p$, (나) 1s
- ✕ 자기 양자수(m_l)는 (다) > (나)이다. (나) = (다)

전략적 풀이 ① 주어진 정보를 분석하여 (가)~(다)가 각각 어떤 오비탈인지 파악한다.

ㄱ. (가)의 l 는 1이고, (다)의 l 는 0이다.

ㄴ. (나)의 주 양자수(n)는 1이고, 주 양자수(n)가 1인 오비탈은 s 오비탈이므로 (나)는 공 모양이고, (가)는 $2p$ 오비탈이므로 아령 모양이다.

② 2주기 원소의 바닥상태 전자 배치를 생각해 본다.

ㄷ. (나)는 1s, (다)는 3s 오비탈이고, s 오비탈의 자기 양자수(m_l)는 0이다.

10 품공 문제 분석

$n=1$ 이고, $l=0$ 인 1s 오비탈이다.

→ x 는 1이다.

$n=2$ 이므로 $2p$ 오비탈이다.

오비탈	(가)	(나)	(다)
n	x	$x+1$	y
$n+l$	1	3	3

각각 3s 오비탈 또는 $2p$ 오비탈 중 하나이다.

선택지 분석

- ✕ $x=y$ 이다. $x=1, y=3$
- ㉠ (가)와 (다)의 자기 양자수(m_l)는 같다.
- ✕ 오비탈의 에너지 준위는 (나) > (다)이다. (나) < (다)

전략적 풀이 ① 주어진 정보를 이용하여 x , y 의 값과 (가)~(다)에 해당하는 오비탈의 종류를 파악한다.

ㄱ. (가)는 $1s$, (나)는 $2p$, (다)는 $3s$ 오비탈이며, x 는 1이고, y 는 3이다.

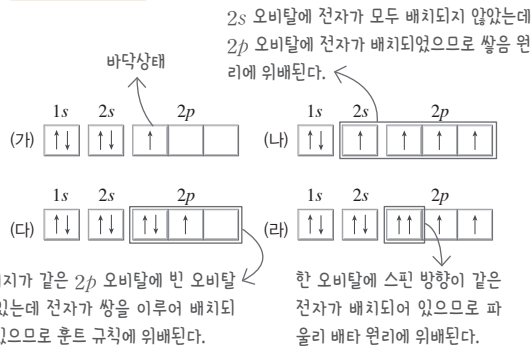
② 각 오비탈의 자기 양자수(m_l)를 생각해 본다.

ㄴ. (가)는 $1s$, (다)는 $3s$ 오비탈이고 모든 s 오비탈의 자기 양자수(m_l)는 0이다.

③ 각 오비탈의 에너지 준위를 생각해 본다.

ㄷ. 에너지 준위는 (나) $2p <$ (다) $3s$ 이다.

11 품공 문제 분석



선택지 분석

- ☒ 들뜬상태의 전자 배치는 3가지이다. (나), (다) 2가지
- ☒ 존재할 수 없는 전자 배치는 2가지이다. (라) 1가지
- ☒ 바닥상태에서 홀전자 수가 가장 큰 것은 (다)이다.

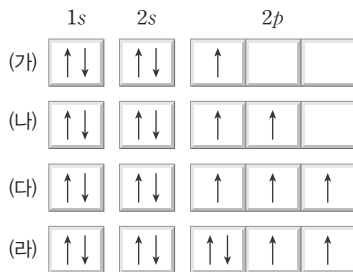
전략적 풀이 ① (가)~(라) 중 전자 배치 규칙에 위배되는 전자 배치를 파악한다.

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

ㄴ. 존재할 수 없는 전자 배치는 (라) 1가지이다.

② 각 원자의 바닥상태 전자 배치를 그려 홀전자 수를 파악한다.

ㄷ. 각 원자의 바닥상태 전자 배치는 다음과 같다.



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

12 품공 문제 분석

$2s$ 나 $2p$ 의 전자들의 n 는 짝수인 2이므로 n 의 합이 홀수이기 위해서는 n 가 1인 $1s$ 오비탈에 전자가 1개 배치되어 있어야 한다.

- 모든 전자의 n 의 합은 11이다.
- $n+l=3$ 인 전자 수는 3이다.
- $m_l=0$ 인 전자 수는 5이다.

n 가 2이고, l 가 1인 $2p$ 오비탈이다.

선택지 분석

- ☒ 훈트 규칙을 만족한다. 위배된다
- ☒ 홀전자 수는 3이다. 2
- ☒ 모든 전자의 l 의 합은 3이다.

전략적 풀이 ① 주어진 정보를 이용하여 X의 전자 배치를 생각해 본다.

모든 전자의 n 의 합이 11이 되는 전자 배치는 $1s^1 2s^2 2p^3$, $1s^1 2s^1 2p^4$ 인데, 두 번째 조건에서 $2p$ 오비탈의 전자 수가 3이므로 X의 전자 배치는 $1s^1 2s^2 2p^3$ 이며, 이 전자 배치는 $1s^1 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 과 $1s^1 2s^2 2p_x^2 2p_y^1$ 2가지가 가능하다. 세 번째 조건에서 $m_l=0$ 인 전자 수가 5이기 위해서는 s 오비탈에 전자가 3개 있으므로 $m_l=0$ 인 $2p$ 오비탈에 쌓을 이룬 전자가 있어야 한다. 따라서 X의 전자 배치는 $1s^1 2s^2 2p_x^2 2p_y^1$ 이다.

② 파악한 X의 전자 배치를 이용하여 문제를 해결한다.

ㄱ. $2p$ 오비탈 1개가 비어 있는데 다른 $2p$ 오비탈에 전자가 쌓을 이루고 있으므로 훈트 규칙에 위배된다.

ㄴ. 홀전자 수는 $1s$ 오비탈에 1, $2p_y$ 오비탈에 1로 2이다.

ㄷ. l 는 s 오비탈이 0이고, p 오비탈이 1인데, p 오비탈에 전자가 3개 있으므로 모든 전자의 l 의 합은 3이다.

13 품공 문제 분석

쌓을 원리에 위배되는 전자 배치로 가능한 전자 배치는 다음과 같다.

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

$1s^2 2s^2 2p^5$ 로 ⑦은 7이다. <

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

p 오비탈의 전자 수

s 오비탈의 전자 수

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

선택지 분석

- ☒ ㉠은 5이다. 7
☒ 바닥상태의 원자는 1가지이다.
☒ L 전자 껍질에 있는 전자 수는 Y가 Z보다 크다. 작거나 같다

전략적 풀이 ① 주어진 자료로 각 원자의 전자 배치를 파악한다.

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

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

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

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

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.

② 전자 배치 규칙으로 바닥상태의 원자를 파악한다.

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

14 품공 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

- ☒ ㉠ $a+b+c+d=9$ 이다.
☒ ㉡ (가)와 (다)는 화학적 성질이 비슷하다.
☒ ㉢ (다)에 존재하는 전자들의 스핀 자기 양자수(m_s)의 합은 0이다. 0이 아니다

전략적 풀이 ① 각 원소의 바닥상태 전자 배치를 파악하여 a~d를 구한다.

(가)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이고, (나)의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이며, (다)의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$ 이다.

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.

② 한 오비탈에서 전자들이 가질 수 있는 스핀 자기 양자수(m_s)를 생각해 본다.

ㄴ. 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 품공 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
전체 p 오비탈의 전자 수	1	1	1.5	1.5
전체 s 오비탈의 전자 수				

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

- ☒ ㉠ 홀전자 수는 D가 가장 크다.
☒ ㉡ 전자가 들어 있는 p 오비탈의 수는 B가 A보다 크다. 같다
☒ ㉢ B가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되면 C와 전자 배치가 같다.

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

A~D는 2, 3주기 원자이고 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 $B, D > A, C$ 이므로 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.

② 원자가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때의 전자 배치를 생각해 본다.

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

16 품목 문제 분석

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

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

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

- ㉠ 홀전자 수는 X가 Y보다 크다.
- ㉡ 원자가 전자 수비는 $X:Y=2:5$ 이다. 3:1
- ㉢ X가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 될 때 전자가 들어 있는 p 오비탈 수가 증가한다. 변화 없다

전략적 풀이 ① 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.

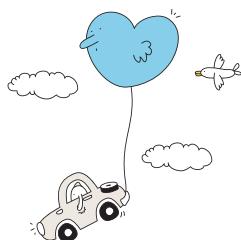
② 파악한 원소의 전자 배치를 이용하여 홀전자 수와 원자가 전자 수를 파악한다.

ㄱ. 홀전자 수는 X가 2, Y가 0이므로 X가 Y보다 크다.

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

③ 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

1 주기율표

개념 확인 문제

117쪽

- ① 되베라이너 ② 뉴랜즈 ③ 원자량 ④ 원자 번호 ⑤ 원자가 전자 수 ⑥ 전자 껍질 수 ⑦ 원자가 전자 수 ⑧ 금속 ⑨ 양 ⑩ 비금속 ⑪ 음

- 1 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\times$ 2 (1) ㉠, ㉡, ㉢ 주기 (2) 원자 번호 (3) 족 (4) 주기 3 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\circ$ (4) $\times$ 4 (1) B, C, D (2) C, E (3) B

1 (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 발견하여 최초의 주기율표를 만들었다.

2 (1) 주기율표의 세로줄을 족이라고 하며 1족~18족으로 분류하고, 주기율표의 가로줄을 주기라고 하며 1주기~7주기로 분류한다.

(2) 현대 주기율표는 원소들을 원자 번호 순으로 배열하였다.

(3) 같은 족에 속하는 원소들은 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

(4) 같은 주기에 속하는 원소들은 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.

3 (1) A는 수소로 비금속 원소이고, B는 금속 원소, C는 준금속 원소, D는 비금속 원소이다.

(2) B는 금속 원소이므로 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

(3) D는 비금속 원소이므로 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

(4) E는 비활성 기체로 실온에서 기체 상태로 존재한다.

4 (1) B, C, D는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2이므로 2주기에 속하는 원소이다. A는 1주기 원소이고, E는 3주기 원소이다.

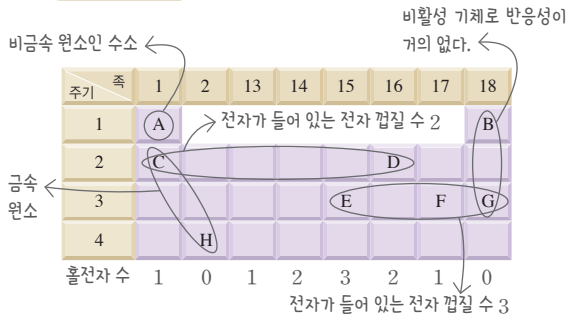
(2) C와 E는 원자가 전자 수가 4로 같으므로 14족 원소이다. A는 1족, B는 2족, D는 16족 원소이다.

(3) B는 원자가 전자 수가 2이므로 2족 원소이고, 금속 원소이다. A, C, D는 비금속 원소이고, E는 준금속 원소이다.

자료 ① 1 (1) C, H (2) A, B, D, E, F, G 2 (1) ① +1, ② 양 (2) ① -1, ② 음 (3) 비활성 (4) ① +2, 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 품목 문제 분석



주기율표의 왼쪽에 위치하는 C는 알칼리 금속 원소, H는 알칼리 토금속 원소이고, 오른쪽에 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) D, E, F는 비금속 원소이므로 열과 전기 전도성이 매우 작다.
 (4) B와 G는 비활성 기체로 실온에서 기체 상태로 존재한다.
 (5) A, C는 1족, H는 2족 원소로 원자가 전자 수가 각각 1, 2이므로 각각 전자 1개, 2개를 잃고 양이온이 되기 쉽다.
 (6) 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: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

(7) 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.

2-1 품목 문제 분석

원자 또는 이온	전자 배치
A 수소(H)	$1s^1 \rightarrow$ 1주기 1족 원소
B 리튬(Li)	$1s^2 2s^1 \rightarrow$ 2주기 1족 원소
금속 원소 C 산소(O)	$1s^2 2s^2 2p^4 \rightarrow$ 2주기 16족 원소
D^{2+} 마그네슘 이온(Mg^{2+})	$1s^2 2s^2 2p^6$
E^- 플루오린화 이온(F^-)	$1s^2 2s^2 2p^6$
D의 전자 배치: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \rightarrow$ 3주기 2족 원소	
E의 전자 배치: $1s^2 2s^2 2p^5 \rightarrow$ 2주기 17족 원소	

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 1로 같다.

2-2 오비탈의 가장 큰 주 양자수(n)가 2인 B, C, E가 모두 2주기 원소이다.

2-3 B는 2주기 1족, D는 3주기 2족 원소로 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 안정 문제

119~122쪽

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

01 ① 뒤베라이너는 화학적 성질이 비슷한 원소를 3개씩 묶어 분류한 세 쌍 원소설을 제안하였다.

② 뉴랜즈는 원소들을 원자량 순으로 배열했을 때 8번째마다 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타난다는 옥타브설을 제안하였고, 이는 현대 주기율표에서 주기 개념의 시초가 되었다.

③, ④ 멘델레예프는 원소들을 원자량 순으로 배열했을 때 화학적 성질이 비슷한 원소가 주기적으로 나타난다는 것을 발견하고, 최초의 주기율표를 작성하였다. 또한 멘델레예프는 아직 발견되지 않은 원소의 존재와 그 성질을 예언하였다.

바로알기 ⑤ 모즐리는 원소들을 원자 번호 순으로 배열하였다.

02 멘델레예프의 주기율표는 원소들을 원자량 순으로 배열하였고, 현대 주기율표는 양성자수, 즉 원자 번호 순으로 배열하였다. 현대 주기율표에서 같은 족 원소들은 원자가 전자 수가 같아 화학적 성질이 비슷하다.

03 A, B³⁺, C²⁻은 전자가 K 전자 껍질에 2개, L 전자 껍질에 8개가 배치되어 전자 배치가 모두 같다.

A는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개 있는 것으로 보아 비활성 기체이며, 원자가 전자 수는 0이다. 비활성 기체는 전자를 잃거나 얻으려는 경향이 없어 반응성이 거의 없다.

B³⁺은 B 원자가 전자 3개를 잃어 생성된 양이온이므로 B는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 3이고, 원자가 전자 수가 3인 원소이다.

C²⁻은 C 원자가 전자 2개를 얻어 생성된 음이온이므로 C는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2이고 원자가 전자 수가 6인 원소이다.

① A는 2주기 18족 원소로, 비활성 기체이다.

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.

04 품공 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 → 3주기 2족
B	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ¹ → 3주기 13족
C	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² → 4주기 2족
D	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹ 4s ¹ → 4주기 11족

ㄴ. A와 C는 원자가 전자 수가 2로 모두 2족 원소이다.

ㄷ. A와 D는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 3이므로 모두 3주기 원소이다.

바로알기 ㄱ. B는 원자가 전자 수가 7이고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2이므로 2주기 17족 원소이다.

05 품공 문제 분석

$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
 또는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

$1s^2 2s^2 2p^6$ 또는
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$

원자	A	B	C	D
전체 p 오비탈의 전자 수	1	1	1.5	1.5
전체 s 오비탈의 전자 수				
출전자 수	0	2	3	0

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
 → 금속 원소

$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$
 → 비금속 원소

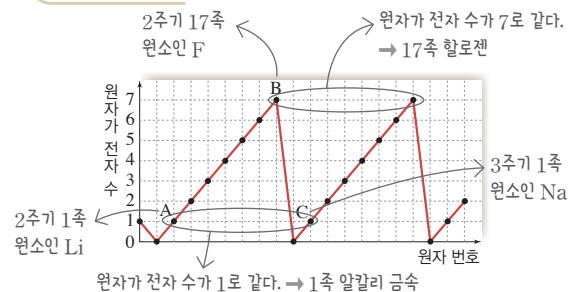
$1s^2 2s^2 2p^6$
 → 비활성 기체

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. A는 금속 원소이고, B, C, D는 비금속 원소이다. 따라서 비금속 원소는 3가지이다.

06 품공 문제 분석



원자가 전자 수는 족의 끝자리 수와 같다. 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. B와 C는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 각각 2, 3으로 다르다.

07 ㄱ. E, G는 16족 원소로 원자가 전자 수가 6으로 같다.

바로알기 ㄴ. C, F는 금속 원소, A, D는 비금속 원소이다.

ㄷ. 비활성 기체인 B는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 8로 매우 안정하여 반응성이 거의 없으므로 이온을 형성하지 않는다.

08 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. 바닥상태에서 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.

09 (가)에 의해 분류되는 (Li, H), (Mg, Cl)에서 Li와 H는 원자가 전자 수가 1이고, Mg와 Cl은 원자가 전자 수가 각각 2, 7이므로 (가)로 ‘원자가 전자 수가 1인가?’가 적절하다.

Li와 Mg은 금속이고, H와 Cl은 비금속이므로 Li와 H, Mg과 Cl을 공통적으로 구분하는 기준인 (나)는 ‘전기를 잘 통하는가?’가 적절하다.

바로알기 Li은 2주기 원소, H는 1주기 원소, Mg과 Cl은 3주기 원소이므로 ‘2주기 원소인가?’는 (가)와 (나) 모두에 적절하지 않다.

10 A는 Li, B는 F, C는 Ne이다.

ㄱ. 금속 원소는 1족 원소인 A(Li) 1가지이다.

ㄴ. A~C는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2로 같으므로 모두 2주기 원소이다.

바로알기 ㄷ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 B(F)이다. C(Ne)는 가장 바깥 전자 껍질에 전자가 8개인 비활성 기체로, 반응에 참여할 수 있는 전자인 원자가 전자 수는 0이다.

11 공공 문제 분석

주기가 커질수록, 즉 원자 번호가 커질수록 녹는점과 끓는점이 높아진다.

원소	플루오린(F)	브로민(Br)	아이오딘(I)
주기	2	4	5
녹는점(°C)	-219.6	-7.2	113.6
끓는점(°C)	-188.0	59	184.4
원자량	19	80	127
수소 화합물	HF	HBr	HI

수소와 1:1의 비로 결합하여 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 브로민(Br) 보다는 낮다. 즉, 염소는 브로민의 녹는점인 -7.2°C 보다 낮은 온도에서 녹아 액체 상태가 되므로 이보다 높은 실온(25°C)에서는 고체 상태로 존재할 수 없다.

12 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 4이므로 14족 원소이다.

② 원자가 전자 수가 4이므로 비금속 원소이다.

③ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 2이므로 2주기 원소이다.

13 공공 문제 분석

원자	전자 배치
A	$1s^{\text{㉠}}$ 1주기 1족 원소 → H
B	$1s^2 2s^{\text{㉠}}$ 2주기 1족 원소 → Li
C	$1s^2 2s^2 2p^{\text{㉡}}$ 2주기 15족 원소 → N
D	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^{\text{㉠}}$ 3주기 1족 원소 → Na

ㄱ, ㄴ. A, B, D는 원자가 전자 수가 모두 1로 같으므로 모두 1족 원소이지만, A는 수소(H)로 비금속 원소이고, B, D는 금속 원소이다.

ㄷ. C는 원자가 전자 수가 5로 가장 크다.

14 ㄴ. (다)는 준금속 원소로 금속 원소인 (나)와 비금속 원소인 (라)의 중간 성질을 갖는다.

바로알기 ㄱ. (가)는 비금속 원소로 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.

15 (가)는 수소로 비금속 원소이지만 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

(나)에 속한 원소들은 대부분 원자가 전자 수가 1~3으로 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖기 위해 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

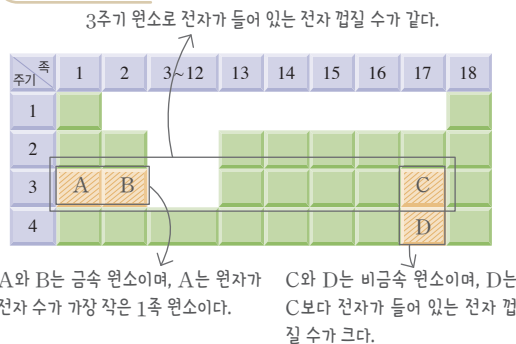
(라)에 속한 원소들은 대부분 원자가 전자 수가 5~7로 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개가 되기 위해서 전자를 잃는 것보다는 전자 1~3개를 얻는 것이 유리하므로 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다.

(마)에 속한 원소들은 비활성 기체로 반응성이 거의 없어 이온이 되지 않는다.

모범 답안 (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 %

16 품목 문제 분석



ㄱ. A는 3주기 1족, B는 3주기 2족, C는 3주기 17족, D는 4주기 17족 원소이다. 따라서 A는 알칼리 금속이다.

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.

17 B와 C는 3주기 원소이고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 D가 C보다 크므로 D는 4주기 원소이다. C와 D는 전기를 통하므로 금속 원소이고, B는 비금속 원소이므로 같은 주기에서 비금속 원소인 B의 원자 번호가 금속 원소인 C보다 크다. A는 4주기 원소인 D와 같은 족 원소인데 전기가 통하지 않는 비금속 원소이므로 1주기 1족 원소이다.

모범 답안 A—C—B—D, D는 4주기 금속 원소이고, 같은 족에 속하는 A는 전기가 통하지 않으므로 1주기 1족 원소이며, C는 3주기 금속 원소, B는 3주기 비금속 원소이기 때문이다.

채점 기준	배점
원자 번호를 순서대로 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
원자 번호를 순서대로 썼으나 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	50 %
원자 번호만 순서대로 쓴 경우	30 %

실력 UP 문제

123쪽

01 ③ 02 ③ 03 ③ 04 ②

01 분류 기준 ‘원자가 전자 수가 1인가?’에서 ㉠과 ㉡은 각각 H와 Li 중 하나이고, ㉢과 ㉣은 각각 F와 Mg 중 하나이다. 또한 분류 기준 ‘전기를 잘 통하는가?’에서 ㉢은 금속 원소인 Mg이고, ㉣은 비금속 원소인 F이다.

ㄱ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 가장 큰 것은 3주기 원소인 ㉢(Mg)이다.

ㄴ. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 17족 원소인 ㉣(F)이다.

바로알기 ㄷ. ㉠과 ㉡은 모두 주기율표의 왼쪽에 위치하므로 (가)로 ‘주기율표의 왼쪽에 위치하는가?’는 적절하지 않다.

02 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수가 같은 원소는 빛금 친 부분의 원소 중 (N와 O), (P와 S)이므로 A와 C는 이 둘의 조합 중 하나이다.

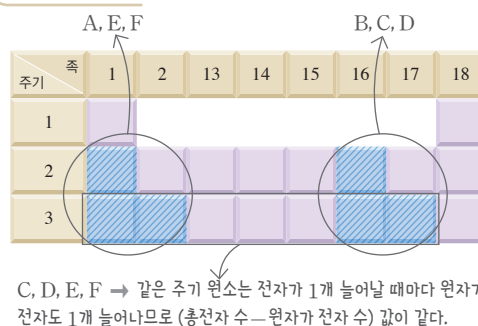
홀전자 수가 A가 B의 2배이므로 A로는 홀전자가 3개인 N나 P은 될 수 없으므로 A는 홀전자가 2개인 O와 S 중 하나이고, B는 홀전자가 1개인 Li와 Na 중 하나이다.

A가 O일 경우 $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 A보다 큰 B는 Na이다.

전자 배치는 O가 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이고, Na이 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 이다.

A가 S일 경우에는 $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}}$ 가 A보다 큰 B가 빛금 친 부분에 존재하지 않는다. 따라서 A는 O, B는 Na, C는 N이다.

03 품목 문제 분석



A, E, F는 전기를 잘 통하므로 금속 원소이고 빛금 친 부분의 원소 중 1, 2족에 속한다. 따라서 B, C, D는 빛금 친 부분의 원소 중 16, 17족에 속한다.

같은 주기 원소는 전자 껍질 수가 같으므로 전자가 1개 늘어날 때 원자가 전자도 1개 늘어나므로 (총전자 수—원자가 전자 수)가 같다. 따라서 C, D, E, F는 3주기 원소이다.

A와 F, B와 D는 화학적 성질이 비슷한 같은 족 원소이므로 A와 F는 1족, B와 D는 16족 원소이다. 따라서 A는 Li, B는 O, C는 Cl, D는 S, E는 Mg, F는 Na이다.

ㄱ. A(Li)와 B(O)는 2주기 원소이다.

ㄴ. 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 17족 원소인 C(Cl)이다.

바로알기 ㄷ. D(S)의 안정한 이온의 전자 배치는 Ar과 같고, E(Mg), F(Na)의 안정한 이온의 전자 배치는 Ne과 같다.

04 p 오비탈에 들어 있는 전자 수가 X에서 Z로 가면서 1씩 커지는데 홀전자 수는 세 원자가 b 로 같다. 이러한 조건을 갖는 2, 3주기 원자의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^5$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이므로 X는 F, Y는 Na, Z는 Al이다.

ㄷ. 전기를 잘 통하는 원소는 금속 원소이므로 Y와 Z 2가지이다.

바로알기 ㄱ. 2주기 원소는 X(F) 1가지이다.

ㄴ. Y(Na)는 1족 원소이고, Z(Al)는 13족 원소이다.



원소의 주기적 성질

개념 확인 문제

127쪽

- ① 가려막기 효과 ② 유효 핵전하 ③ 증가 ④ 증가
⑤ 작아 ⑥ 유효 핵전하 ⑦ 커 ⑧ 전자 껍질 수 ⑨ >
⑩ < ⑪ 작아 ⑫ 유효 핵전하 ⑬ 전자 껍질 수

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 2 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○
3 (1) < (2) > (3) > (4) < 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 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 염소(Cl)가 나트륨(Na)보다 크다.

(4) 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 나트륨(Na)이 리튬(Li)보다 유효 핵전하가 크다.

2 (1) b보다 안쪽 전자 껍질에 있는 a가 느끼는 유효 핵전하가 크다.

(2) 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 큰 Be의 e가 Li의 b보다 크다.

(3) c와 e는 같은 전자 껍질에 있으므로 c와 e가 느끼는 유효 핵전하는 같다.

(4) c는 e와 같은 전자 껍질에 있고, d는 e보다 안쪽 전자 껍질에 있으므로 가려막기 효과는 d가 c보다 크다.

3 (1) 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 증가하므로 원자 반지름이 커진다. 따라서 원자 반지름은 $Li < Na$ 이다.

(2) 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수는 같고 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 원자 반지름은 작아진다. 따라서 원자 반지름은 $Na > Cl$ 이다.

(3) 양이온은 원자와 핵전하량은 같고 전자 껍질 수는 원자보다 작다. 따라서 양이온의 반지름은 원자 반지름보다 작아 $Na > Na^+$ 이다.

(4) 음이온은 원자와 핵전하량, 전자 껍질 수는 같고 전자 수는 원자보다 커서 전자들 사이의 반발력이 크다. 따라서 음이온의 반지름은 원자 반지름보다 커 $F < F^-$ 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 커진다. 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 커진다. 따라서 이온 반지름이 원자 반지름보다 크다.

5 ㄱ. 금속성은 양이온이 되기 쉬운 성질이므로 금속 원소인 Li이 비금속 원소인 F보다 크다.

ㄴ. Li와 F은 같은 주기 원소이므로 원자 번호가 작은 Li이 F보다 원자 반지름이 크다.

바로알기 ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 크므로 원자 번호가 큰 F이 Li보다 크다.

ㄹ. Li와 F은 같은 주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같은데, Li^+ 은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 감소한 상태이므로 F^- 보다 이온 반지름이 작다.

개념 확인 문제

130쪽

- ① 이온화 에너지 ② 증가 ③ 감소 ④ 증가 ⑤ 원자가 전자 수

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) × 2 (1) B, C (2) E (3) D 3 (1) < (2) >
(3) > (4) > 4 (1) × (2) ○ 5 3 6 (1) × (2) ○ (3) × (4) ×

1 (1) 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 클수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 커서 전자를 떼어 내기 어려우므로 이온화 에너지는 크다.

(2) 같은 주기에서 금속 원소는 비금속 원소보다 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 작기 때문에 전자를 떼어 내기 쉬운 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 커짐에 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, C와 같은 경향을 나타내는 E가 C와 같은 족 원소이다.

(3) A~E 중 이온화 에너지가 가장 작은 D가 가장 양이온이 되기 쉽다.

3 (1) Li와 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) 차수가 증가할수록 전자 수가 감소하기 때문에 전자 사이의 반발력이 작아져 전자를 떼어 내기 어려워지므로 순차 이온화 에너지는 증가한다. 따라서 제1 이온화 에너지(E_1)는 제2 이온화 에너지(E_2)보다 작다.

(2) 원자가 전자 수는 Na이 1이고, Mg이 2이다. 따라서 두 번째 전자를 떼어 낼 때 Na은 L 전자 껍질에서 전자를 떼어 내고, Mg은 M 전자 껍질에서 전자를 떼어 내므로 E_2 는 Na이 Mg보다 크다.

5 E_4 에서 순차 이온화 에너지가 급증하므로 원소 X의 원자가 전자 수는 3이다.

6 (1) A는 E_2 에서 순차 이온화 에너지가 급증하므로 원자가 전자 수가 1인 3주기 1족 원소이고, B는 E_3 에서 순차 이온화 에너지가 급증하므로 원자가 전자 수가 2인 3주기 2족 원소이다.

(2) 1족 원소인 A가 2족 원소인 B보다 양이온이 되기 쉽다.

(3) A와 B는 같은 주기 원소이므로 2족 원소인 B의 원자 번호가 1족 원소인 A보다 크다.

(4) B는 원자가 전자 수가 2이므로 전자 2개를 잃고 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 된다. 따라서 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되기 위해서는 첫 번째와 두 번째 전자를 모두 잃어야 하므로 $E_1 + E_2 = 738 + 1451 = 2189(\text{kJ/mol})$ 이 필요하다.

대표 자료 분석

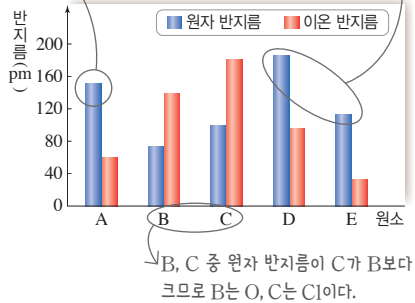
131쪽

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 품공 문제 분석

A, D, E 중 원자 반지름이 D가 가장 크므로 D는 Na이고, A, E 중 A의 원자 반지름이 E보다 크므로 A는 Li, E는 Be이다.



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.

비금속 원소는 원자가 음이온이 될 때 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 같고 전자 수가 증가하여 전자 사이의 반발력이 증가하므로 반지름이 커진다. 따라서 이온 반지름이 원자 반지름보다 큰 B와 C는 비금속 원소이다.

1-2 금속 원소의 반지름은 $\text{Na} > \text{Li} > \text{Be}$ 이므로 A는 Li, D는 Na, E는 Be이며, 비금속 원소의 반지름은 $\text{O} < \text{Cl}$ 이므로 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 B가 D보다 이온 반지름이 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 품목 문제 분석

원소	순차 이온화 에너지(kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
E_2 가 급증: 원자가 전자 수 1 → 1족				
E_3 가 급증: 원자가 전자 수 2 → 2족	(A) 520	(7298)	11875	—
	(B) 899	1757	(18489)	21007
E_4 가 급증: 원자가 전자 수 3 → 13족	(C) 801	x	3660	(25026)
	(D) 738	1451	(7733)	10542
E_3 가 급증: 원자가 전자 수 2 → 2족				

E_1 이 $B > D$ 이므로 B는 2주기, D는 3주기 원소이다.

같은 주기에서 E_1 는 1족 < 13족 < 2족이므로 A, C가 3주기 원소라면 이온화 에너지가 $A < C < D$ 가 되어야 하는데 모순이다. → A, C는 2주기 원소이다.

A는 E_2 에서 급증하므로 원자가 전자 수가 1인 1족 원소, B는 E_3 에서 급증하므로 2족 원소, C는 E_4 에서 급증하므로 13족 원소, D는 E_3 에서 급증하므로 2족 원소이다. 따라서 같은 족에 속하는 원소는 B, D이다.

2-2 B와 D는 같은 2족 원소이므로 E_1 가 큰 B가 2주기 원소, D가 3주기 원소이다. 한편, 같은 주기에서 이온화 에너지는 1족 < 13족 < 2족 원소 순이므로 A, C가 3주기 원소이면 이온화 에너지의 크기는 $A < C < D$ 가 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 두 번째 전자까지 잃어야 한다. 따라서 $E_1 + E_2 = 738 + 1451 = 2189$ (kJ/mol)이 필요하다.

(4) 비활성 기체의 전자 배치를 갖기 가장 쉬운 원소는 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 더 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 이온 반지름은 원자 번호가 작아 유효 핵전하가 작은 A가 B보다 크다.

내신 안정 문제

132~136쪽

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

01 ㄴ. b는 c보다 안쪽 전자 껍질에 있으므로 b가 느끼는 유효 핵전하는 c보다 크다.

바로알기 ㄱ. b와 같은 전자 껍질에 있는 전자가 가려막기 효과를 나타내므로 b가 느끼는 유효 핵전하는 +4보다 작다.

ㄷ. c와 같은 전자 껍질에 있는 a보다 안쪽 전자 껍질에 있는 b의 가려막기 효과가 더 크다.

02 Be는 Li에 비해 L 전자 껍질에 전자 1개가 더 많아 가려막기 효과가 더 크지만, 핵전하가 +1만큼 더 크므로 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Be이 Li보다 크다.

모범 답안 가려막기 효과의 증가보다 핵전하가 증가하는 영향이 더 크기 때문에 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 Be이 Li보다 크다.

채점 기준	배점
가려막기 효과와 핵전하를 모두 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
핵전하만 언급하여 서술한 경우	50 %

03 ① Li와 Na는 같은 족 원소이므로 원자 번호가 큰 Na이 Li보다 반지름이 크다.

② Li와 Be는 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 F^- 과 Na^+ 은 등전자 이온이므로 원자 번호가 작아 유효 핵전하가 작은 F^- 이 Na^+ 보다 반지름이 크다.

04 ㄱ. 주기율표에서 오른쪽 아래로 갈수록 원자핵의 전하가 커지기 때문에 가장 왼쪽 위에 존재하는 H의 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 작다.

ㄴ. 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.

05 반지름에 영향을 미치는 요인은 유효 핵전하, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수, 전자 수(전자 사이의 반발력)이다.

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 알아보기에 적합하다.

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 알아보기에 적합하다.

바로알기 (나)는 핵전하와 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같고 전자 수만 다르므로 전자 수(전자 사이의 반발력)가 반지름에 미치는 영향을 알아보기에 적합하다.

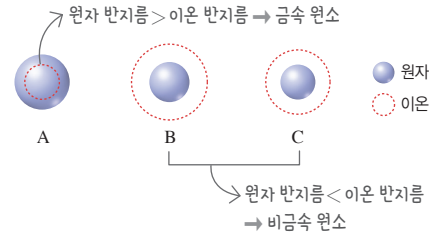
06 A는 Li, B는 O, C는 F, D는 Mg이다.

ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아지므로 원자 반지름은 $A(Li) > B(O) > C(F)$ 이고, 주기가 바뀌면 전자 껍질 수 증가로 원자 반지름이 커진다. 따라서 원자 반지름이 가장 작은 원소는 C(F)이다.

ㄴ. Ne의 전자 배치를 갖는 이온은 $C^-(F^-)$, $D^{2+}(Mg^{2+})$ 이다. 두 이온은 전자 수와 전자 껍질 수는 같은데 핵전하는 $C^-(F^-) < D^{2+}(Mg^{2+})$ 이므로 이온 반지름은 $C^-(F^-) > D^{2+}(Mg^{2+})$ 이다.

바로알기 ㄱ. 2주기 원소는 A(Li), B(O), C(F) 3가지이고, D(Mg)는 3주기 원소이다.

07 품공 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~C의 이온의 전자 배치에서 A 이온의 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 B 이온이나 C 이온의 전자가 들어 있는 전자 껍질 수보다 작다.

08 원자 A와 B의 바닥상태 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, $1s^2 2s^2 2p^5$ 이다.

ㄴ. A는 3주기 2족 금속 원소이고 B는 2주기 17족 비금속 원소이므로 A는 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.

09 품공 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)	152	112	73	71
이온 반지름(pm)	60	31	140	136

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작다.
→ 원자 번호는 $A < B < C < D$ 이다.

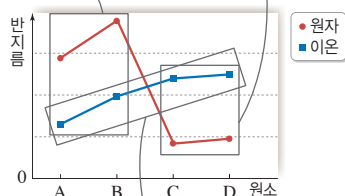
ㄴ. C와 D는 원자 반지름 < 이온 반지름이므로 C와 D의 이온은 음이온이다.

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.

10 품공 문제 분석

원자 반지름 > 이온 반지름
→ 3주기 금속 원소
원자 반지름 < 이온 반지름
→ 2주기 비금속 원소



등전자 이온이므로 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작아진다. → 원자 번호: A > B > C > D

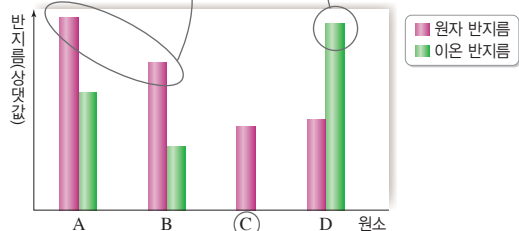
ㄴ. A, B는 3주기 금속 원소이므로 비금속 원소인 C, D보다 원자가 전자 수가 작고, 같은 주기에서 원자 반지름이 큰 B의 원자 번호가 A보다 작으므로 원자가 전자 수도 B가 A보다 작다.

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. 이때 A와 B의 이온은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개가 되고, C와 D의 이온은 전자가 들어 있는 전자 껍질이 3개가 되므로 잘못된 가정이다.

11 품공 문제 분석

원자 반지름 > 이온 반지름
→ A와 B는 금속 원소이다.
원자 반지름 < 이온 반지름
→ D는 비금속 원소이다.



원자 반지름이 비금속 원소인 D보다 작으므로 C는 비금속 원소이다.

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.

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 %

12 ㄱ. 같은 족에서 원자 번호가 커질수록(주기가 커질수록) 이온화 에너지가 감소하므로 (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 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 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.

13 같은 주기에서 이온화 에너지의 크기는 17족 > 15족 > 16족 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 제1 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 썼으나 까닭이 미흡한 경우	50 %
원소만 옳게 쓴 경우	30 %

14 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 커질수록 이온화 에너지가 크지만 N > O, Mg > Al의 예외가 있다. 따라서 이온화 에너지의 크기는 Ne > F > N > O > Mg > Al > Na 순이므로 A는 Na, B는 Al, C는 Mg, D는 O, E는 N, F는 F, G는 Ne이다.

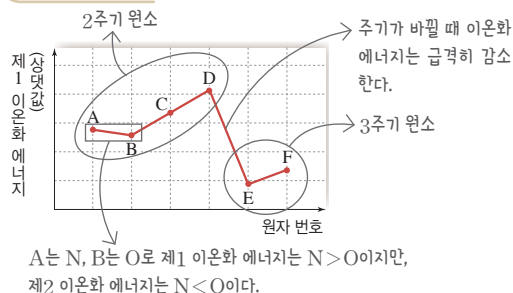
ㄱ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 B(Al)이다.

바로알기 ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 작으므로 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 된다.

따라서 원자 번호가 가장 큰 B(Al)의 이온 반지름이 가장 작다.

15 품공 문제 분석



ㄱ. 주기가 바뀔 때 이온화 에너지가 급격히 감소하므로 A~D는 2주기 원소이고, E, F는 3주기 원소이다.

ㄴ. 같은 주기에서 제1 이온화 에너지의 크기는 2족 > 13족, 15족 > 16족이지만, 제2 이온화 에너지의 크기는 2족 < 13족, 15족 < 16족이다. 따라서 제2 이온화 에너지는 $B(O) > A(N)$ 이다.

ㄷ. Ne의 전자 배치를 갖는 이온은 $C^-(F^-)$, $E^+(Na^+)$ 으로 두 이온의 전자 수와 전자 껍질 수는 같은데 핵전하는 $C^-(F^-) < E^+(Na^+)$ 이므로 이온 반지름은 $C^-(F^-) > E^+(Na^+)$ 이다.

16 품공 문제 분석

E_2 에서 급증하므로 1족 원소이다.

E_3 에서 급증하므로 2족 원소이다.

E_4 에서 급증하므로 13족 원소이다.

원소	순차 이온화 에너지(kJ/mol)				
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
A	496	4562	6910	9546	13400
B	x	1817	2745	11578	14800
C	738	1451	7733	10542	13600

같은 주기에서 E_1 는 2족 > 13족이므로 13족 원소인 B의 E_1 는 2족 원소인 C보다 작다.

ㄱ. 같은 주기에서 제1 이온화 에너지는 2족 > 13족이므로 x 는 738보다 작다.

ㄴ. A는 1족, B는 13족, C는 2족 원소이므로 원자가 전자 수는 $A < C < B$ 이다.

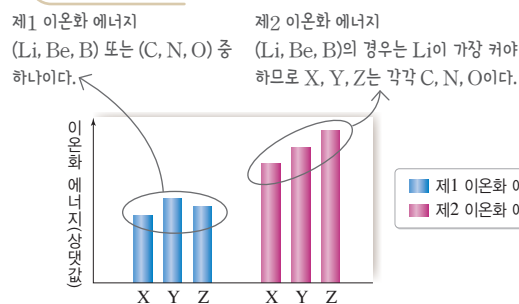
바로알기 ㄷ. C는 2족 원소이므로 전자 2개를 잃고 C^{2+} 을 형성하기 쉽고, 산소(O) 원자는 16족 원소이므로 전자 2개를 얻어 O^{2-} 을 형성하기 쉽다. 두 이온이 결합할 때 양이온과 음이온의 총 전하량이 같아야 하므로 C^{2+} 과 O^{2-} 은 1 : 1의 개수비로 결합하여 화합물 CO를 생성한다.

17 ㄱ. 제1 이온화 에너지는 주기율표에서 오른쪽 위로 갈수록 대체로 증가한다. 따라서 가장 오른쪽 위에 위치한 C의 제1 이온화 에너지가 가장 크다.

ㄴ. 원자 반지름은 주기율표에서 왼쪽 아래로 내려갈수록 커진다. 따라서 가장 왼쪽 아래에 위치한 D의 원자 반지름이 가장 크다.

바로알기 ㄷ. E는 이온화 에너지 경향에서 예외가 되는 13족 원소로 제1 이온화 에너지는 앞의 원소에 비해 작지만 제2 이온화 에너지는 크기 때문에 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 가 다른 원소들에 비해 큰 편이다. 하지만 1족 원소인 A는 원자가 전자 수가 1이므로 두 번째 전자를 떼어 낼 때는 안쪽 전자 껍질에 들어 있는 전자를 떼어 내기 때문에 제2 이온화 에너지는 제1 이온화 에너지에 비해 매우 크다. 따라서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 $A > E$ 이다.

18 품공 문제 분석



ㄴ. X는 C, Y는 N, Z는 O이다. 바닥상태 전자 배치에서 홀전자 수는 $X(C)$ 와 $Z(O)$ 모두 2로 같다.

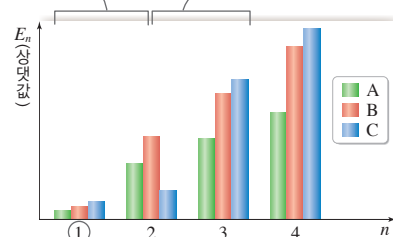
바로알기 ㄱ. Y는 N이다.

ㄷ. 바닥상태의 전자 배치는 Y(N)가 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 이고 Z(O)가 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 이다. 따라서 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수는 서로 같다.

19 품공 문제 분석

A와 B는 E_2 가 E_1 보다 매우 크므로 원자가 전자 수는 1이다. → A와 B는 1족 원소이다.

C는 E_3 가 E_2 보다 매우 크므로 원자가 전자 수는 2이다. → C는 2족 원소이다.



E_1 는 B가 A보다 크다. → 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지는 감소한다. → A는 4주기 원소이고, B는 3주기 원소이다.

① 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 이온화 에너지가 감소하는데, E_1 는 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 C는 $E_1 < E_2 \ll E_3 < E_4$ 로 E_3 가 E_2 보다 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 커질수록 원자 반지름은 커진다. 따라서 원자 반지름은 A가 B보다 크다.

20 품공 문제 분석

등전자 이온 중 유효 핵전하가 가장 작은 7번 원소의 이온 반지름이 가장 크다. → C는 N이다.

- 이온 반지름은 C가 가장 크다.
- 제2 이온화 에너지는 D가 가장 크다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $B > A$ 이다.

2주기인 7, 8번 원소가 3주기인 12, 13번 원소보다 이온화 에너지가 크고, 제2 이온화 에너지는 8번인 O가 7번인 N보다 크다. → D는 O이다.

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가한다. → B는 Al, A는 Mg이다.

A는 Mg, B는 Al, C는 N, D는 O이다.

ㄱ. 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 원자 반지름이 증가하므로 A(Mg)의 원자 반지름이 가장 크다.

바로알기 ㄴ. 제2 이온화 에너지는 B(Al)가 A(Mg)보다 크다.

ㄷ. 제1 이온화 에너지는 $C(N) > D(O)$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $C(N) < D(O)$ 이므로 제2 이온화 에너지 제1 이온화 에너지는 $C(N) < D(O)$ 이다.

21 품공 문제 분석

Li와 Be은 2개, B는 3개, C는 4개, N, O, F, Ne은 5개의 오비탈에 전자가 들어 있다.

- 전자가 들어 있는 오비탈 수는 모두 같다.
- 홀전자 수는 D가 A의 2배이다.
- 제2 이온화 에너지의 크기는 $B < D$ 이다.

홀전자 수는 N가 3, O가 2, F가 1, Ne이 0이다. → A는 F, D는 O이다.

B는 N와 Ne 중 하나인데 이 중 D(O)보다 제2 이온화 에너지가 작은 것은 N이다.

A는 F, B는 N, C는 Ne, D는 O이다.

ㄱ. 원자가 전자 수는 A(F)가 7, B(N)가 5, C(Ne)가 0, D(O)가 6으로 가장 큰 것은 A(F)이다.

ㄴ. 제1 이온화 에너지는 $O < N < F < Ne$ 이므로 제1 이온화 에너지가 가장 작은 것은 D(O)이다.

ㄷ. 같은 주기에서 유효 핵전하는 원자 번호가 커질수록 증가하므로 C(Ne)가 가장 크다.

실력 UP 문제

137쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ④ 04 ③

01 원자가 전자 수는 $Na < Mg < O < F$ 이고, 원자 반지름은 $F < O < Mg < Na$, 이온 반지름은 $Mg < Na < F < O$ 이다. (가)가 원자가 전자 수라면 Y가 Na이므로 Y의 원자 반지름은 가장 크고 이온 반지름은 세 번째로 크므로 모순된다. (나)가 원자가 전자 수라면 W가 Na인데 역시 나머지 자료와 맞지 않는다. 따라서 (다)가 원자가 전자 수이고, (가)가 원자 반지름, (나)가 이온 반지름이다.

ㄱ. W는 Mg, X는 Na, Y는 F, Z는 O이다.

ㄴ. (가)는 원자 반지름이다.

바로알기 ㄷ. 원자 반지름이 가장 큰 Na의 이온 반지름은 세 번째로 크다. 같은 주기 금속 원소들끼리 또는 같은 주기 비금속 원소들끼리는 원자 반지름이 클수록 이온 반지름이 크다.

02 세 원자의 홀전자 수의 합이 7이 되는 홀전자 수의 조합은 (1, 3, 3)과 (2, 2, 3) 2가지이다. A와 B는 같은 족 원소이고(홀전자 수가 같고) B와 C는 바닥상태에서 전자가 들어 있는 오비탈 수가 같아야 하므로 (1, 3, 3)의 경우 (F, N, P), (Cl, N, P) 2가지가 가능하고, (2, 2, 3)의 경우 (O, S, N), (O, S, P)의 2가지가 가능하다.

(F, N, P)와 (Cl, N, P)의 경우 A와 B는 N와 P 중의 하나이고 C는 F 또는 Cl인데, F와 Cl는 제2 이온화 에너지가 가장 작지 않으므로 세 번째 조건에 맞지 않는다.

(O, S, N)와 (O, S, P)의 경우 A와 B는 O와 S 중의 하나이고 C는 N 또는 P인데, C가 N인 경우 제2 이온화 에너지가 가장 작지 않기 때문에 모순되고, C가 P인 경우 P의 제2 이온화 에너지가 가장 작으므로 조건에 맞는다. 따라서 제2 이온화 에너지가 가장 큰 A는 O, B는 S, C는 P이다.

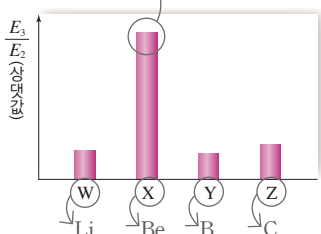
ㄱ. A는 O이다.

ㄴ. 제1 이온화 에너지는 $A(O) > C(P) > B(S)$ 순이다.

ㄷ. 유효 핵전하는 같은 족에서는 주기가 커질수록, 같은 주기에서는 원자 번호가 커질수록 증가하므로 $B(S) > C(P) > A(O)$ 순이다.

03 품목 문제 분석

$\frac{E_3}{E_2}$ 가 가장 큰 원소는 2족 원소인 Be이다. 2족 원소는 세 번째 전자를 떼어 낼 때 안쪽 전자 껍질의 전자를 떼어 내기 때문에 다른 원자들에 비해 $\frac{E_3}{E_2}$ 가 매우 크다.



ㄴ. 제2 이온화 에너지는 1족 원소인 W(Li)가 가장 크고, 13족 원소인 Y(B)는 2족 원소인 X(Be)와 14족 원소인 Z(C)보다 크다. 또한 14족 원소 Z(C)는 2족 원소 X(Be)보다 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지가 크다.

ㄷ. 바닥상태에서 홀전자 수는 W(Li)가 1, X(Be)가 0, Y(B)가 1, Z(C)가 2로 Z(C)가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. 제1 이온화 에너지는 2족 원소인 X(Be)가 13족 원소인 Y(B)보다 크다.

04 품목 문제 분석

이온 반지름이 1보다 큰 원소는 비금속 원소이므로 (가), (나)는 N, O, F 중 하나이다.

- 이온 반지름 > 원자 반지름
- 제2 이온화 에너지는 (다) > (나) > (가)이다.
- 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 (가) > (나) > (다)이다.

제2 이온화 에너지는 $\text{Na} > \text{Ne} > \text{O} > \text{F} > \text{N} > \text{Al} > \text{Mg}$ 이고, (다)는 금속 원소이므로 Na이다. 같은 주기에서 유효 핵전하는 원자 번호가 커질수록 증가하므로 (가)는 F, (나)는 O이다.

ㄱ. 제1 이온화 에너지는 2주기 17족 원소인 (가)(F)가 가장 크다.

ㄷ. O, F, Na 중 제1 이온화 에너지가 가장 작은 것은 Na이고, 제2 이온화 에너지가 가장 큰 것은 안쪽 전자 껍질의 전자를 떼어 내는 Na이다. 따라서 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 가 가장 큰 것은 Na인 (다)이다.

바로알기 ㄴ. 원자 반지름은 같은 주기에서는 원자 번호가 작아질수록, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 크므로 $\text{Na} > \text{O} > \text{F}$ 이다. 따라서 원자 반지름이 가장 작은 것은 F인 (가)이다.

중단원 핵심 정리

138~139쪽

- 원자량
- 원자 번호
- 원자 번호
- 원자가 전자 수
- 전자 껍질 수
- 원자가 전자 수
- 알칼리 금속
- 할로젠
- 증가
- 증가
- 작아
- 커
- 작
- 크
- 작
- 크
- 크
- 원자가 전자 수

중단원 마무리 문제

140~146쪽

- | | | | | | | |
|------|----------|----------|------|------------|------|------|
| 01 ② | 02 ④ | 03 ② | 04 ④ | 05 ⑤ | 06 ⑤ | 07 ⑤ |
| 08 ③ | 09 ⑤ | 10 ② | 11 ③ | 12 ③ | 13 ① | 14 ① |
| 15 ② | 16 ① | 17 ④ | 18 ⑤ | 19 B, D: O | 20 ⑤ | |
| 21 ② | 22 ④ | 23 ③ | 24 ① | 25 ① | 26 ② | 27 해 |
| 설 참조 | 28 해설 참조 | 29 해설 참조 | | | | |

01 ㄴ. ㉠은 원자량이다.

바로알기 ㄱ. 세 쌍 원소는 화학적 성질이 비슷한 원소와 관련된 것이므로 현대 주기율표의 족과 관련이 있다.

ㄷ. ㉡은 원자량으로, 현대 주기율표는 원자량이 아닌 원자 번호 순으로 배열한다.

02 플루오린(F), 염소(Cl), 브로민(Br)은 모두 17족 원소이다.

ㄴ. 원자가 전자 수가 7로 같다.

ㄷ. 원자가 전자 수(ns^2np^5)가 같으므로 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 수도 4로 같다.

바로알기 ㄱ. F는 2주기, Cl는 3주기, Br은 4주기 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 각각 2, 3, 4로 다르다.

03 ② A는 수소로 C, D와 함께 비금속 원소이고, B는 금속 원소이다.

바로알기 ① 알칼리 금속은 1족 원소로 B의 일부이고, 할로젠은 17족 원소로 C의 일부이다.

③ 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 주기에 따라 다르다.

④ 금속 원소인 B는 수은(액체)을 제외하고 실온에서 모두 고체 상태이며, A, C, D는 브로민(액체)을 제외하고 모두 고체나 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 • $\frac{\text{이온 반지름}}{\text{원자 반지름}} < 1$ 인 원소는 양이온이 되기 쉬운 원소이므로 X는 A, B, D 중 하나이다.

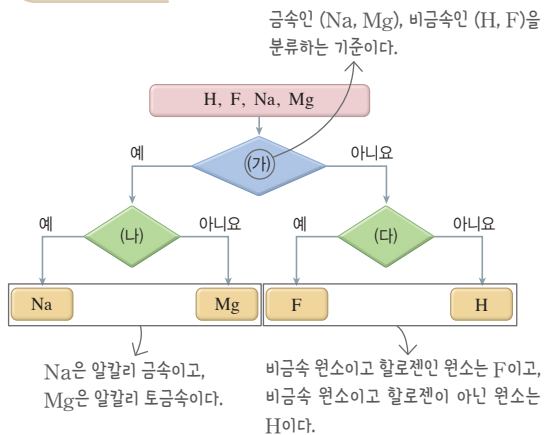
- A는 수소(H)로 전기를 통하지 않는다.
 - 안정한 산화물의 화학식이 X_2O 이므로 X는 이온이 될 때 +1의 양이온이 되는 1족 원소이다.
- 따라서 X에 해당하는 원소는 D이다.

05 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 A는 1주기 1족, F는 4주기 1족 원소이므로 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 다르고, 원자가 전자 수가 같다.
- ③ C는 2주기 2족, D는 2주기 17족 원소이므로 원자가 전자 수는 다르고, 전자가 들어 있는 전자 껍질 수가 같다.
- ④ B는 비활성 기체로 반응성이 거의 없어 이온이 되지 않는다.

06 품공 문제 분석



(가)에는 '금속 원소인가?', (나)에는 '알칼리 금속인가?', (다)에는 '할로젠 원소인가?'가 분류 기준으로 적합하다.

07 ⑤ X는 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.

08 A는 2주기 1족, B는 2주기 16족, C는 2주기 17족, D는 3주기 1족 원소이다.

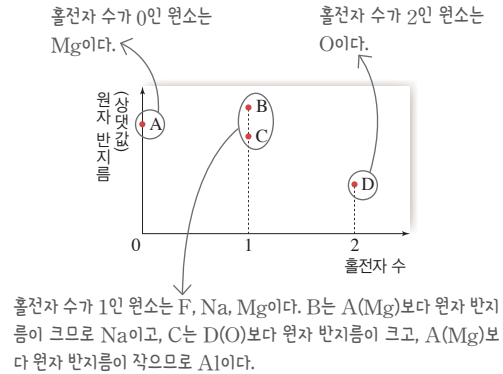
ㄱ. A와 D는 원자가 전자 수가 각각 1이므로 모두 1족 원소이다.

ㄴ. 양이온이 되기 쉬운 원소는 A와 D 2가지이다.

바로알기 ㄴ. 2주기 원소는 A, B, C 3가지이다.

09 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 $B(Li) > A(H)$ 이고, 같은 주기에서도 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하므로 $C(Be) > B(Li)$ 이다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하의 크기는 $C(Be) > B(Li) > A(H)$ 이다.

10 품공 문제 분석



ㄷ. A~D의 이온은 전자 수가 같은 등전자 이온이므로 이온 반지름이 가장 큰 원소는 유효 핵전하가 가장 작은 D(O)이다.

바로알기 ㄱ. A는 Mg, B는 Na, C는 Al, D는 O이다.

ㄴ. 2주기 원소는 D(O) 1가지이다.

11 품공 문제 분석

원자 번호: $B < A < D < E < C$

원자 반지름 < 이온 반지름 → 비금속 원소

원자	A	B	C	D	E
원자 반지름(pm)	160	186	99	143	103
이온 반지름(pm)	65	95	181	50	184

원자 반지름 > 이온 반지름 → 금속 원소

①, ② A, B, D는 금속 원소로 양이온이 되기 쉽다.

④ B는 안정한 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.

12 A, B는 이온 반지름 > 원자 반지름이므로 비금속 원소인 O, F 중 하나이고, 원자 반지름이 $A < B$ 이므로 A는 F, B는 O이다.

C, D는 원자 반지름 > 이온 반지름이므로 금속 원소인 Na, Mg 중 하나이고, 원자 반지름이 $C < D$ 이므로 C는 Mg, D는 Na이다.

ㄱ. A는 F, B는 O, C는 Mg, D는 Na이다.

ㄴ. 금속 원소는 C(Mg)와 D(Na)이다.

바로알기 ㄷ. 원자 번호가 가장 큰 것은 C(Mg)이다.

13 AB_2 는 A^{2+} 과 B^- 으로 이루어져 있으며, A^{2+} 은 A가 전자 2개를 잃고 생성된 이온이므로 A는 Mg이고, B^- 은 B가 전자 1개를 얻어 생성된 이온이므로 B는 F이다.

ㄱ. 원자 반지름은 $A(Mg) > B(F)$ 이다.

바로알기 ㄴ. A(Mg)는 3주기, B(F)는 2주기 원소이다.

ㄷ. $A^{2+}(Mg^{2+})$ 과 $B^-(F^-)$ 은 전자 수가 같은 등전자 이온이므로 유효 핵전하가 큰 A^{2+} 의 반지름이 더 작다.

14 전체 p 오비탈의 전자 수가 1이고, 홀전자 수가 각각 0, 2
전체 s 오비탈의 전자 수

인 A, B의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다.

전체 p 오비탈의 전자 수
전체 s 오비탈의 전자 수

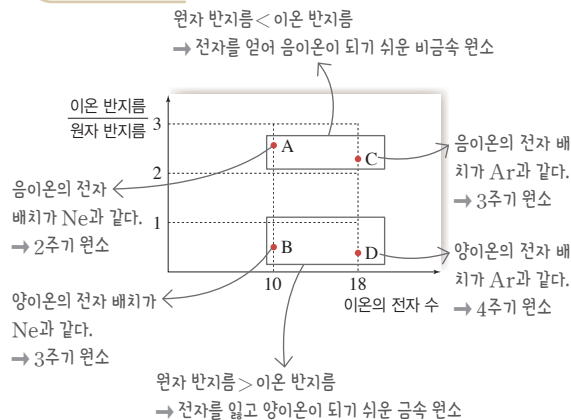
가 1.5이고, 홀전자 수가 각각 3, 0인
C, D의 전자 배치는 각각 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$, $1s^2 2s^2 2p^6$ 이다.

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.

15 품공 문제 분석



ㄷ. 원자 반지름은 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 커지므로 4주기 금속 원소인 D가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. A는 2주기, D는 4주기 원소이다.

ㄴ. 등전자 이온은 원자 번호가 커서 유효 핵전하가 큰 원소의 이온 반지름이 더 작으므로 이온 반지름은 B가 A보다 작다.

16 Li와 Na는 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.

Na^+ 과 F^- 은 등전자 이온이므로 원자 번호가 작은 F^- 의 반지름이 Na^+ 의 반지름보다 크다. 따라서 이온 반지름의 크기는 $Li^+ < Na^+ < F^- < Cl^-$ 순이므로 A~D는 각각 Li, Na, F, Cl이다.

ㄱ. 원자 반지름은 Na이 Li보다 크고, Cl이 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 D(Cl)의 이온 반지름보다 작다.

17 주기율표에서 왼쪽 아래로 갈수록 양이온이 되기 쉬우므로 (가)는 $_{19}K$ 이고, 오른쪽 위로 갈수록 이온화 에너지가 대체로 커지므로 (나)는 $_2He$ 이며, 같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커지므로 (다)는 $_{10}Ne$ 이다. 따라서 원자 번호를 합한 값은 (가)+(나)+(다) = $19+2+10=31$ 이다.

18 ㄱ. 같은 주기에서 제1 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.

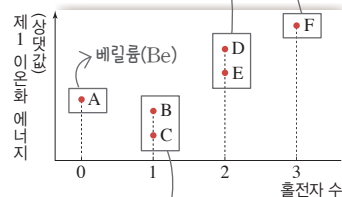
ㄴ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 주기율표에서 오른쪽 아래로 갈수록 커지므로 $Z > Y$ 이다.

ㄷ. Y, Z가 모두 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되었을 때 Y 이온은 2주기 원소인 Ne의 전자 배치를, Z 이온은 3주기 원소인 Ar의 전자 배치를 갖는다. 따라서 전자가 들어 있는 전자 껍질이 1개 많은 Z 이온의 반지름이 Y 이온의 반지름보다 크다.

19 품공 문제 분석

홀전자 수가 2이므로 탄소(C), 산소(O) 중 하나인데, 제1 이온화 에너지가 큰 D가 산소(O), E가 탄소(C)이다.

홀전자 수가 3이므로 질소(N)이다.



홀전자 수가 1이므로 리튬(Li), 붕소(B), 플루오린(F) 중 하나인데, 제1 이온화 에너지가 질소(N)보다 작아야 하고 1족 < 13족이므로 B는 붕소(B), C는 리튬(Li)이다.

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, 제1 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, 제1 이온화 에너지가 질소(N)보다 작아야 하므로 플루오린(F)은 해당되지 않고, 제1 이온화 에너지가 1족 < 13족이므로 B는 붕소(B), C는 리튬(Li)이다. 홀전자 수가 0인 베릴륨(Be)과 네온(Ne) 중 탄소(C)보다 제1 이온화 에너지가 작은 A는 베릴륨(Be)이다.

20 같은 주기에서 원자 반지름이 작으면 제1 이온화 에너지는 대체로 크므로 원자 반지름이 가장 작은 C의 제1 이온화 에너지가 가장 커야 하는데, 그렇지 않으므로 C는 예외가 나타나는 붕소(B) 또는 산소(O) 중 하나이다. C가 붕소(B)라면 A, B는 C보다 원자 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. 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): $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$

ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 것은 C(O)이다.

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크므로 C(O)가 B(C)보다 크다.

21 공공 문제 분석

원자	순차 이온화 에너지(E_n , kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	496			
B	578	1817	2745	11578
C	738	1451		10542

E_1 의 크기는 $A < B < C$ 순으로
B(A)가 중간값을 갖는다.

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_1 가 A와 C의 중간값을 갖는 경우는 (Na, Mg, Al)뿐이다. (Mg, Al, Si), (Al, Si, P)에서는 Al의 E_1 가 가장 작다. 따라서 A는 Na, B는 Al, C는 Mg이다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 커질수록 증가하므로 원자 번호가 가장 큰 B(Al)가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. $\frac{E_2}{E_1}$ 가 가장 큰 원소는 1족 원소인 A(Na)이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 B(Al)가 3, C(Mg)가 2이다.

22 제2 이온화 에너지는 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자 1 mol을 떼어 낸 상태에서 두 번째 전자를 떼어 내는 것이기 때문에 원자 번호에 따른 변화가 제1 이온화 에너지와 같은 모양으로 나타나면서 한 번썩 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 2주기 18족 원소인 D(Ne)이다.

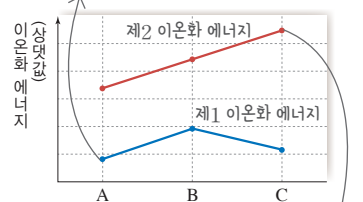
ㄷ. 원자가 전자 수가 1인 1족 원소는 제2 이온화 에너지가 매우 크기 때문에 $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 가 가장 크다.

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)이고, E(Na)~H(Si)는 3주기 원소이다.

23 공공 문제 분석

(Li, Be, B) 또는 (C, N, O)의 제1 이온화 에너지가 그래프와 같은 결과를 나타낸다.



(Li, Be, B)라면 Li의 제2 이온화 에너지가 가장 커야 하므로 모순된다. 따라서 (C, N, O)이다.

A는 C, B는 N, C는 O이다.

ㄱ. 바닥상태에서 홀전자 수가 가장 큰 것은 B(N)이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 A(C)가 4, B(N)가 5, C(O)가 6이므로 총합은 $4+5+6=15$ 이다.

바로알기 ㄷ. 제3 이온화 에너지는 $B(N) < A(C) < C(O)$ 순이다.

24 홀전자 수는 $O(2) > Na(1) = F(1) > Mg(0)$ 이므로 W는 O, X는 Mg, Y는 Na 또는 F 중 하나이다. 원자 반지름은 $Na > Mg > O > F$ 순이므로 Y는 Na, Z는 F이다.

ㄱ. 홀전자 수는 Z(F)가 1, X(Mg)가 0이므로 $Z > X$ 이다.

바로알기 ㄴ. Y(Na)와 Z(F)의 안정한 이온은 전자 수가 같은 등전자 이온으로 핵전하량이 작은 Z(F)의 이온 반지름이 더 크다.

ㄷ. 제2 이온화 에너지가 가장 큰 것은 1족 원소인 Y(Na)이다.

25 제1 이온화 에너지는 $E > D > C > B > A$ 순이고, 제2 이온화 에너지는 $E > C > D > A > B$ 순이다. 한편 7~13번 원소의 제1 이온화 에너지는 $Ne > F > N > O > Mg > Al > Na$ 순이고, 제2 이온화 에너지는 $Na > Ne > O > F > N > Al > Mg$ 순이다.

- E는 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지가 A~E 중 가장 크므로 Ne이다.
 - A와 B는 제1, 제2 이온화 에너지가 모두 작고, A와 B에서 제1 이온화 에너지는 B가 크고, 제2 이온화 에너지는 A가 크다. 이를 만족하는 경우는 A: Al, B: Mg이다.
 - C와 D에서 제1 이온화 에너지는 D가 크고, 제2 이온화 에너지는 C가 크다. 이를 만족하는 경우의 조합은 (C: O, D: F)과 (C: O, D: N) 2가지인데 이 중 원자가 전자 수가 $D > C$ 인 조건을 만족하는 것은 (C: O, D: F)이다.
 - Na는 제1 이온화 에너지는 가장 작고, 제2 이온화 에너지는 가장 크므로 해당되지 않는다.
- ㄱ. A는 Al, B는 Mg, C는 O, D는 F, E는 Ne이므로 2주기 원소는 C, D, E 3가지이다.

바로알기 ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 것은 A(Al)이다.
 ㄷ. A(Al)는 +3의 양이온을 형성하기 쉽고, C(O)는 -2의 음이온을 형성하기 쉬우므로 $A : B = 2 : 3$ 의 개수비로 결합하여 A_2C_3 를 형성한다.

26 원자가 전자 수는 $F > O = S > P$ 순이고, 원자 반지름은 $P > S > O > F$ 순이며, 제1 이온화 에너지는 $F > O > P > S$ 순이다.

W의 제1 이온화 에너지는 3번째 또는 4번째로 크므로 W는 P와 S 중 하나이다. W가 P라고 하면 원자가 전자 수가 P가 가장 작으므로 원자가 전자 수가 $W > X$ 라는 첫 번째 조건에 위배된다. 따라서 W는 S이고, X는 W보다 원자가 전자 수가 작으므로 P이다. Z와 Y는 각각 O와 F 중 하나인데 제1 이온화 에너지가 $Z > Y$ 이므로 Z는 F, Y는 O이다.

이를 종합하면 W는 S, X는 P, Y는 O, Z는 F이다.
 ㄴ. 제2 이온화 에너지는 $O > F > S > P$ 순이므로 Y(O)가 가장 크다.

바로알기 ㄱ. W(S)는 3주기, Z(F)는 2주기 원소이다.
 ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 커지므로 $W(S) > X(P)$ 이다.

27 원자 반지름이나 이온 반지름에는 전자가 들어 있는 전자 껍질 수, 유효 핵전하, 전자 수(전자 사이의 반발력)가 영향을 미친다. 이 중 유효 핵전하가 반지름에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 유효 핵전하를 제외한 나머지 2가지 요인이 같은 입자들의 반지름을 비교해야 한다.

그래프에 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.

모범 답안 $N^{3-}, O^{2-}, F^{-}, Na^{+}, Mg^{2+}, Al^{3+}$, 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	30 %

28 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.

모범 답안 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 %

29 마그네슘(Mg)의 E_1 와 E_2 는 M 전자 껍질($n=3$)에서 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지이고, E_3 와 E_4 는 L 전자 껍질($n=2$)에서 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. 같은 전자 껍질에서 전자를 떼어 낼 때는 차수에 따라 필요한 에너지가 서서히 증가하지만, 안쪽 전자 껍질에서 전자를 떼어 낼 때는 원자핵과 전자 사이의 거리가 감소하여 인력이 크게 증가하기 때문에 이온화 에너지도 크게 증가한다.

모범 답안 마그네슘(Mg)의 E_1 와 E_2 , E_3 와 E_4 는 각각 같은 전자 껍질에서 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지이므로 큰 차이가 나지 않지만, E_2 와 E_3 는 서로 다른 전자 껍질에서 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지이므로 차이가 크게 나 $\frac{E_3}{E_2}$ 값이 상대적으로 큰 값을 갖는다.

채점 기준	배점
E_2 와 E_3 가 서로 다른 전자 껍질에서 전자를 떼어 내기 때문이라는 의미를 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
마그네슘(Mg)의 원자가 전자가 2개이기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

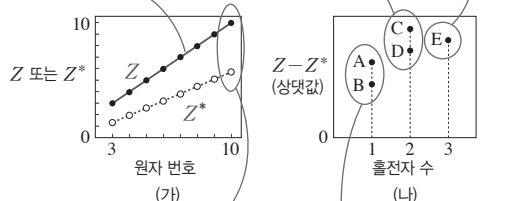
수능 실전 문제

148~151쪽

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

01 품공 문제 분석

가려막기 효과 때문에 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하(Z^*)가 원자 번호에 따른 핵전하(Z)보다 작다. ←
 홀전자 수가 2인 원소는 C, O로 $Z-Z^*$ 가 큰 C가 O, D가 C이다. ←
 홀전자 수가 3인 원소는 N뿐이다. ←



원자 번호가 커질수록 $Z-Z^*$ 가 증가한다.

홀전자 수가 1인 원소는 Li, B, F인데, F의 $Z-Z^*$ 는 C(O), D(C)보다 크므로 A는 B, B는 Li이다.

선택지 분석

- ⌗ (가)에서 •은 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하이다.
 ⌗ A~E 중 원자 번호가 가장 큰 원소는 E이다. C(O)
 Ⓒ 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈의 수는 D가 B의 2배이다.

전략적 풀이 ① 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.

② 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 $Z-Z^*$ 는 산소(O), 탄소(C)보다 크므로 A는 붕소(B), B는 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.

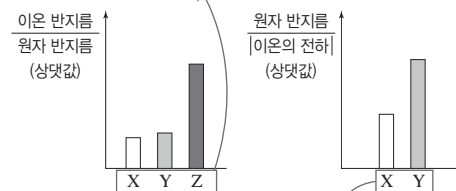
따라서 원자 번호가 가장 큰 원소는 C(O)이다.

③ 파악한 실제 원소 중 B와 D의 바닥상태 원자에서 전자가 들어 있는 오비탈 수를 비교한다.

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.

02 품공 문제 분석

금속 원소는 원자 반지름 > 이온 반지름이고, 비금속 원소는 원자 반지름 < 이온 반지름이므로 X, Y는 금속, Z는 비금속 원소이다.



금속인 X, Y는 Na, Mg 중 하나이다.

원자 반지름은 Na이 Mg보다 크고, |이온의 전하|는 Mg^{2+} 이 Na^+ 보다 크므로 X는 Mg, Y는 Na이다.

선택지 분석

- Ⓐ X는 Mg이다.
 ⌗ 원자 반지름이 가장 작은 것은 X이다. Z(F)
 Ⓒ 이온 반지름의 크기는 $Z > Y > X$ 이다.

전략적 풀이 ① 자료를 분석하여 X~Z에 해당하는 원소들을 파악한다.

ㄱ. X는 Mg, Y는 Na, Z는 F이다.

② 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. 원자 반지름은 $Y(Na) > X(Mg) > Z(F)$ 이므로 원자 반지름이 가장 작은 것은 Z(F)이다.

ㄷ. X~Z의 이온은 전자 수가 같은 등전자 이온이므로 유효 핵전하가 클수록 이온 반지름이 작다. 따라서 이온 반지름은 $Z(F) > Y(Na) > X(Mg)$ 이다.

03 품공 문제 분석

원자	A	B	C	D
$a-b$	0	2	4	6

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

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

N: $1s^2 2s^2 2p^3$

F: $1s^2 2s^2 2p^5$

선택지 분석

- ⌗ 원자 반지름이 가장 작은 원소는 C이다. D(F)
 Ⓐ A, C, D 중 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름이 가장 작은 것은 A이다.
 Ⓒ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $D > B$ 이다.

전략적 풀이 ① 주어진 원자들의 원자가 전자 수(a)와 홀전자 수(b)를 구한 후 A~D에 해당하는 원소를 파악한다.

• N: $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1 \Rightarrow a-b=5-3=2$

• F: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1 \Rightarrow a-b=7-1=6$

• Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \Rightarrow a-b=1-1=0$

• S: $1s^2 2s^2 2p^6 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1 \Rightarrow a-b=6-2=4$

따라서 A~D는 각각 Na, N, S, F이다.

② 파악한 실제 원소의 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 갖는 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)와 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.

04 공공 문제 분석

(A, B)는 ($_{12}\text{Mg}$, $_3\text{Li}$), ($_{16}\text{S}$, $_4\text{Be}$) 중 하나이다.

- 양성자수의 비는 A : B = 4 : 1이다.
- 같은 족에 속하는 원자 수는 2이다.
- C에는 바닥상태 전자 배치에서 홀전자가 존재하며,
 $\frac{p \text{ 오비탈의 전자 수}}{s \text{ 오비탈의 전자 수}} = 1$ 이다.

(A, B)가 ($_{12}\text{Mg}$, $_3\text{Li}$)이라면 C는 Na, Be, Mg, O 중 홀전자가 있는 것은 Be 또는 Na이고, ($_{16}\text{S}$, $_4\text{Be}$)이라면 C는 Na, O이며, 이 중 s 오비탈과 p 오비탈의 전자 수가 같은 것은 O($1s^2 2s^2 2p^4$)이다.

선택지 분석

- ㉠ A와 C는 같은 족에 속한다.
- ㉡ 원자 반지름이 가장 작은 원소는 B이다. C
- ㉢ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 원소는 A이다.

전략적 풀이 ① 주어진 조건을 만족하는 실제 원소들을 파악한다.

(A, B)는 ($_{12}\text{Mg}$, $_3\text{Li}$) 또는 ($_{16}\text{S}$, $_4\text{Be}$)이며, (A, B)가 ($_{12}\text{Mg}$, $_3\text{Li}$)이면 C는 Be 또는 Na이고, (A, B)가 ($_{16}\text{S}$, $_4\text{Be}$)이면 C는 O 또는 Mg이다. 두 경우에서 C는 바닥상태에서 홀전자가 존재해야 하므로 Na, O가 가능하고, 이 중 s 오비탈의 전자 수와 p 오비탈의 전자 수가 같은 원소는 O이다. 따라서 C가 O일 때 가능한 (A, B)는 ($_{16}\text{S}$, $_4\text{Be}$)이다. 따라서 A는 S, B는 Be, C는 O이다.

ㄱ. A(S)와 C(O)는 같은 족에 속한다.

② 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

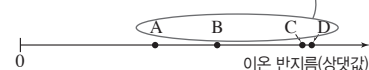
ㄴ. 같은 족 원소인 A(S)와 C(O) 중 주기가 작은 C(O)의 원자 반지름이 A(S)보다 작고, 같은 주기 원소인 B(Be)와 C(O) 중 원자 번호가 큰 C(O)의 원자 반지름이 B(Be)보다 작다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 크므로 C(O)가 B(Be)보다 크며, 같은 족에서도 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 커지므로 A(S)가 C(O)보다 크다.

05 공공 문제 분석

등전자 이온이므로 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 커 이온 반지름이 작아진다.

→ A는 Mg, B는 Na, C는 F, D는 O이다.



선택지 분석

- ㉠ A, B는 금속 원소이다.
- ㉡ 원자 반지름은 A가 가장 크다. B
- ㉢ 가장 바깥 전자 껍질의 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 이온은 A 이온이다.

전략적 풀이 ① 이온 반지름의 크기를 비교하여 A~D에 해당하는 실제 원소들을 파악한다.

A~D 이온은 등전자 이온으로 원자 번호가 클수록 이온 반지름이 작아진다. 따라서 A~D는 각각 Mg, Na, F, O이다.

ㄱ. A(Mg), B(Na)는 금속 원소이고, C(F), D(O)는 비금속 원소이다.

② 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

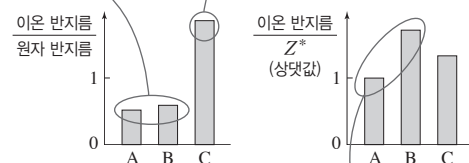
ㄴ. 3주기 금속 원소인 A, B는 2주기 비금속 원소인 C, D보다 원자 반지름이 크고, 같은 3주기 원소인 A, B 중 원자 번호가 작은 B(Na)의 원자 반지름이 A(Mg)보다 크다.

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 핵전하가 가장 큰 A(Mg) 이온이 가장 크다.

06 공공 문제 분석

원자 반지름 > 이온 반지름
 → A, B는 $_{19}\text{K}$, $_{20}\text{Ca}$ 중 하나이다.

원자 반지름 < 이온 반지름
 → C는 $_{17}\text{Cl}$ 이다.



이온 반지름: $\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$, Z^* : $\text{K} < \text{Ca}$

→ $\frac{\text{이온 반지름}}{Z^*}$ 은 $\text{K} > \text{Ca}$ 이므로 A는 Ca, B는 K이다.

선택지 분석

- ㉡ 원자 반지름은 A가 가장 크다. B
- ㉢ B와 C는 1 : 1로 결합하여 안정한 화합물을 형성한다.
- ㉣ 이온 반지름은 C > B > A 순이다.

전략적 풀이 ① 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 $K < Ca$ 이므로 $\frac{\text{이온 반지름}}{Z^*}$ 은 $K > Ca$ 이 되어 A는 Ca, B는 K이다.

ㄱ. 주기율표에서 가장 왼쪽 아래에 위치하는 B(K)의 원자 반지름이 가장 크다.

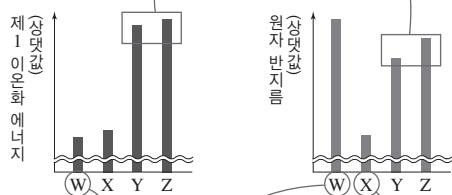
② 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. B(K)와 C(Cl)는 1 : 1로 결합하여 화합물 BC(KCl)를 형성한다.

ㄷ. A~C의 이온은 등전자 이온이므로 원자 번호가 작을수록 이온 반지름이 크다. 따라서 이온 반지름은 $C(Cl) > B(K) > A(Ca)$ 순이다.

07 품공 문제 분석

같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 작아지고, 이온화 에너지는 대체로 커진다. $\rightarrow$ 원자 반지름이 $Y < Z$ 이고, 이온화 에너지도 $Y < Z$ 이므로 Y와 Z는 이온화 에너지의 예외적인 경향이 나타나는 원소이다. $\rightarrow$ Y는 16족, Z는 15족 원소이다.



원자 반지름이 가장 크고, 이온화 에너지는 가장 작다. $\rightarrow$ 3주기 13족 또는 14족 원소이다.

X는 13족 원소(B 또는 Al)이고 W~Z 중 원자 반지름이 가장 작다. Al은 주어진 조건의 원소 중 반지름이 가장 크므로 X는 B이다.

선택지 분석

- ☒ 2주기 원소는 2가지이다. X(B) 1가지
- ☒ 제2 이온화 에너지는 $Y > Z$ 이다.
- ☒ 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 가장 큰 것은 Z이다. Y(S)

전략적 풀이 ① 원자 반지름으로부터 X에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

W~Z는 2, 3주기 13~16족 원소이므로 B, C, N, O, Al, Si, P, S 중 하나이다. X는 13족 원소이므로 B 또는 Al인데, X가 Al이라면 원자 반지름이 가장 커야 하는데 가장 작으므로 X는 Al이 아니라 B이다. 그래프에서 W, Y, Z의 원자 반지름이 모두 X(B)보다 큰데 C, N, O의 원자 반지름은 X(B)보다 작으므로 W, Y, Z는 각각 Al, Si, P, S 중 하나이다.

② 이온화 에너지를 비교하여 W, Y, Z에 해당하는 원소를 파악한다. 원자 반지름이 작을수록 이온화 에너지는 대체로 커지는데, Y는 Z보다 원자 반지름이 작고 이온화 에너지도 작다. 따라서 이온화 에너지의 예외적인 경향이 나타나는 원소이므로 Y는 S, Z는 P이다. W는 Al이나 Si 중 하나인데 문제에 주어진 자료만으로는 어떤 원소인지 알 수 없다.

ㄱ. 2주기 원소는 X(B) 1가지이다.

③ 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. Y(S)는 16족, Z(P)는 15족 원소이므로 제2 이온화 에너지는 $Y > Z$ 이다.

ㄷ. 같은 족과 주기에서는 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 증가하므로 $Y(S) > Z(P) > W(Al \text{ 또는 } Si) > X(B)$ 이다.

08 품공 문제 분석

$Ca > Mg > Al$ $Ca > Mg > Al$ $Mg > Al$

원자	원자 반지름(pm)	이온 반지름(pm)	제1 이온화 에너지(kJ/mol)
A		50	578
B	160		738
C	197	100	

- C가 Al일 경우: 원자 반지름과 이온 반지름이 가장 작아야 하므로 조건에 맞지 않는다.
 - C가 Mg일 경우: 원자 반지름과 이온 반지름이 중간 값이어야 한다. 즉, B보다 원자 반지름이 크므로 A보다는 원자 반지름과 이온 반지름이 작아야 하는데 조건에 맞지 않는다.
- $\rightarrow$ C는 Ca이다.
- 제1 이온화 에너지가 큰 B가 Mg, 작은 A가 Al이다.

선택지 분석

- ☒ B는 Mg이다.
- ☒ 원자가 전자 수는 B와 C가 같다.
- ☒ 원자 반지름이 가장 작은 원자는 A이다.

전략적 풀이 ① 원자 반지름과 이온 반지름의 크기로부터 C를 파악하고, 제1 이온화 에너지로부터 A와 B를 파악한다.

ㄱ. 원자 반지름은 $Ca > Mg > Al$ 이고, 이온 반지름도 $Ca > Mg > Al$ 인데, C의 원자 반지름은 B보다 크고 이온 반지름은 A보다 크므로 C는 Ca이다. A와 B는 각각 Mg과 Al 중 하나인데, 제1 이온화 에너지는 B가 A보다 크므로 B는 Mg, A는 Al이다.

② 파악한 실제 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. 따라서 원자 반지름이 가장 작은 원자는 A이다.

09 품공 문제 분석

2, 3주기 원소는 전자가 들어 있는 오비탈 수가 2 이상이므로 전자가 들어 있는 오비탈 수는 Z가 가장 크다. → Z는 3주기 원소이다.

- 2주기 원소는 2가지이다.
- X~Z의 홀전자 수와 전자가 들어 있는 오비탈 수

원소	X	Y	Z
홀전자 수	1	2	3
전자가 들어 있는 오비탈 수	a	b	a+b-1

2주기 원소는 2가지이므로 X, Y는 2주기 원소이며, X는 Li, B, F 중 하나이고, Y는 C, O 중 하나이다.

선택지 분석

- ㉠ $a=b$ 이다.
- ㉡ 원자가 전자 수는 X가 가장 크다.
- ㉢ 제2 이온화 에너지는 $Y>X$ 이다.
- ㉣ 제1 이온화 에너지

전략적 풀이 ① 원소 Z가 어떤 원소인지 파악한 후, $a+b$ 값을 이용하여 원소 X, Y를 파악한다.

Z는 3주기 원소이고 홀전자 수가 3이므로 Z는 P이며, P에서 전자가 들어 있는 오비탈 수 $a+b-1=9$ 이므로 $a+b=10$ 이다. X와 Y는 2주기 원소이고, X와 Y의 전자가 들어 있는 오비탈 수의 합($a+b$)이 10이면서 홀전자 수가 각각 1, 2인 조건을 만족하는 원소는 F와 O이다. 따라서 X는 F, Y는 O이다.

㉠. a 와 b 는 각각 5로 같다.

㉡ 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

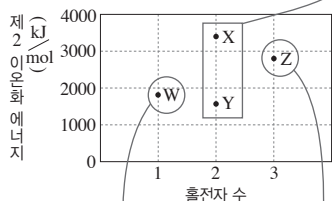
㉢. 원자가 전자 수는 17족 원소인 X(F)가 가장 크다.

㉣. 제1 이온화 에너지는 $X(F)>Y(O)$ 이고, 제2 이온화 에너지는 $X(F)<Y(O)$ 이므로 제2 이온화 에너지 제1 이온화 에너지는 $Y>X$ 이다.

10 품공 문제 분석

홀전자 수가 2인 원소는 O, Si이고, 제2 이온화 에너지는 $O>Si$ 이므로 X는 O, Y는 Si이다. <

- W~Z의 원자 번호는 각각 7~14 중 하나이다.
- W~Z의 홀전자 수와 제2 이온화 에너지



홀전자 수가 1인 원소는 F, Na, Al인데, 제2 이온화 에너지가 Y(Si)보다 크고 Z(N)보다 작으므로 Al이다.

홀전자 수가 3인 원소는 N이다.

선택지 분석

- ㉠ W는 Al이다.
- ㉡ 2주기 원소는 3가지이다. 2가지
- ㉢ 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 Z이다.

전략적 풀이 ① 주어진 홀전자 수를 갖는 원소들을 파악하고, 이들 중 제2 이온화 에너지 조건을 만족하는 원소를 찾는다.

• 홀전자 수가 2인 원소는 O, Si이고, 제2 이온화 에너지는 $O>Si$ 이므로 X는 O, Y는 Si이다.

• 홀전자 수가 3인 원소는 N이다.

• 홀전자 수가 1인 원소는 F, Na, Al인데 Na의 제2 이온화 에너지는 가장 크므로 해당되지 않고 F의 제2 이온화 에너지는 Z(N)보다 크므로 해당되지 않는다. 따라서 W는 Al이다.

㉠. W는 Al이다.

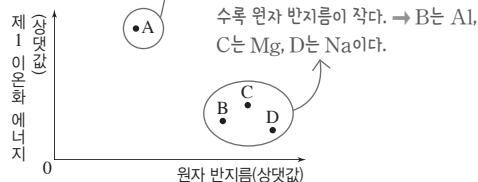
㉡ 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

㉢. X(O)와 Z(N)는 2주기 원소이고, W(Al)와 Y(Si)는 3주기 원소이다.

㉣. 제1 이온화 에너지는 $Z(N)>X(O)>Y(Si)>W(Al)$ 이므로 Z가 가장 크다.

11 품공 문제 분석

B, C, D에 비해 원자 반지름이 매우 작고 이온화 에너지가 매우 크다. → 2주기 비금속 원소인 F이다.



선택지 분석

- ㉠ 원자 반지름이 작을수록 제1 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 ① 이온화 에너지와 원자 반지름의 크기로부터 A와 B, C, D의 주기를 파악하고, 원자 반지름의 주기성으로부터 A~D에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

A는 B~D에 비해 원자 반지름이 매우 작고 이온화 에너지가 크므로 2주기 비금속 원소이며, 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, 제1 이온화 에너지는 전자 배치의 특성으로 인해 C(Mg)가 B(Al)보다 크다.
 ㄴ. A~D 중 B(Al)의 원자 번호가 가장 크다.

② 등전자 이온의 반지름을 생각해 본다.

ㄷ. Ne과 같은 전자 배치를 갖는 A~D의 이온은 등전자 이온이다. 따라서 원자 번호가 가장 작아 유효 핵전하가 가장 작은 A(F)의 이온 반지름이 가장 크다.

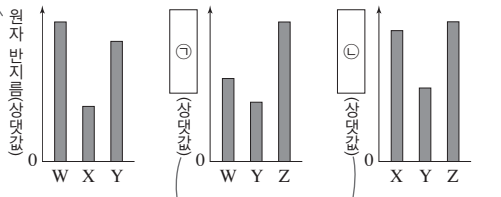
12

공공 문제 분석

원자 반지름: $\text{Na} > \text{Mg} > \text{N} > \text{O}$

→ (W, X, Y)는 (Na, O, N), (Mg, O, N), (Na, N, Mg), (Na, O, Mg) 중 하나이다.

- W~Z는 각각 N, O, Na, Mg 중 하나이다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.
- ㉠, ㉡은 각각 이온 반지름, 제1 이온화 에너지 중 하나이다.



이온 반지름: $\text{N} > \text{O} > \text{Na} > \text{Mg}$
 제1 이온화 에너지: $\text{N} > \text{O} > \text{Mg} > \text{Na}$

선택지 분석

- ㉠ ㉠은 이온 반지름이다.
- ✕ 원자 반지름은 $\text{X} > \text{Z}$ 이다. $\text{Z} > \text{X}$
- ✕ 제1 이온화 에너지는 $\text{W} > \text{Y}$ 이다. $\text{Y} > \text{W}$

전략적 풀이 ① 원자 반지름 자료로부터 가능한 원자의 조합을 찾고, 나머지 자료와 비교하여 W~Z에 해당하는 실제 원소를 파악한다.
 원자 반지름은 $\text{Na} > \text{Mg} > \text{N} > \text{O}$ 순이므로 (W, X, Y)는 (Na, O, N), (Mg, O, N), (Na, N, Mg), (Na, O, Mg) 중 하나이다. 한편, 이온 반지름은 $\text{N} > \text{O} > \text{Na} > \text{Mg}$ 순이고, 제1 이온화 에너지는 $\text{N} > \text{O} > \text{Mg} > \text{Na}$ 순이다. (W, X, Y)가 (Na, O, N) 라면 이온 반지름과 제1 이온화 에너지 모두 W가 가장 작는데 ㉠에서 $\text{W} > \text{Y}$ 이므로 모순이며, (W, X, Y)가 (Mg, O, N)인 경우에도 마찬가지로 모순이다. 따라서 W는 Na, Y는 Mg이고, X는 N 또는 O 중 하나이다.
 ㉡에서 $\text{W}(\text{Na}) > \text{Y}(\text{Mg})$ 이므로 ㉡은 이온 반지름이고, ㉠은 제1 이온화 에너지이다. 또한 X, Z는 각각 N, O 중 하나인데 ㉡의 이온화 에너지는 $\text{X} < \text{Z}$ 이므로 X는 O, Z는 N이다.
 따라서 W는 Na, X는 O, Y는 Mg, Z는 N이다.
 ㄱ. ㉠은 이온 반지름이고, ㉡은 제1 이온화 에너지이다.

② 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

ㄴ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 감소하므로 원자 반지름은 $\text{Z}(\text{N}) > \text{X}(\text{O})$ 이다.

ㄷ. 제1 이온화 에너지는 $\text{Y}(\text{Mg}) > \text{W}(\text{Na})$ 이다.

13

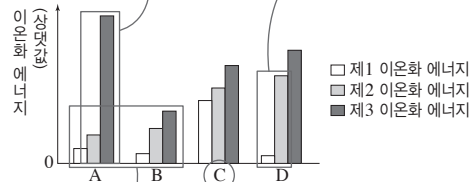
공공 문제 분석

$E_2 \ll E_3$

→ A는 2족 원소인 Mg이다.

$E_1 \ll E_2$

→ D는 1족 원소인 Na이다.



E_1 은 A가 크지만 E_2 은 B가 크다.

→ B는 13족 원소인 Al이다.

3주기 금속 원소인 A, B, D보다 E_1 가 크다.
 → C는 2주기 비활성 기체인 Ne이다.

선택지 분석

- ㉠ 2주기 원소는 1가지이다.
- ✕ 원자 번호가 가장 큰 원소는 A이다. B
- ✕ 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되는 데 필요한 에너지는 A가 B보다 크다. 작다

전략적 풀이 ① 순차 이온화 에너지의 상대적 크기로부터 A~D에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

원자 번호가 연속이므로 A~D는 2주기 비금속 원소와 3주기 금속 원소이다.

A는 $E_2 \ll E_3$ 이므로 3주기 2족 원소인 Mg이다.

B는 제1 이온화 에너지가 A(Mg)보다 작지만 제2 이온화 에너지는 A(Mg)보다 크다. Al은 원자가 전자의 전자 배치가 $3s^2 3p^1$ 로 $3s^2$ 인 Mg에 비해 에너지가 높은 p 오비탈에 전자가 배치되어 있어 제1 이온화 에너지가 작다. 하지만 제2 이온화 에너지는 Al이 $3s^2$ 의 상태에서, Mg이 $3s^1$ 의 상태에서 전자를 떼어 내는 것이므로 유효 핵전하가 큰 Al이 Mg보다 크다.

C는 제1 이온화 에너지가 가장 크고, A, B, D가 3주기 금속 원소이므로 2주기 원소인 Ne이다.

따라서 A는 Mg, B는 Al, C는 Ne, D는 Na이다.

ㄱ. 2주기 원소는 C(Ne) 1가지이다.

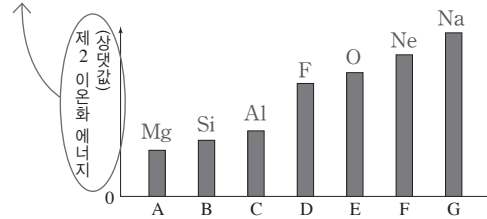
ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 B(Al)이다.

② 비활성 기체의 전자 배치를 갖기 위해 떼어 내야 하는 전자의 물수를 생각해 본다.

ㄷ. A는 2족 원소인 Mg으로 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되기 위해서는 두 번째 전자까지 떼어 내야 하므로 $E_1 + E_2$ 가 필요하고, B는 13족 원소인 Al으로 세 번째 전자까지 떼어 내야 하므로 $E_1 + E_2 + E_3$ 가 필요하다.

14 품공 문제 분석

제2 이온화 에너지는 기체 상태의 원자 1 mol에서 전자 1 mol을 떼어 낸 상태에서 두 번째 전자 1 mol을 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 ${}_{7}\text{N}$ 과 ${}_{8}\text{O}$, ${}_{12}\text{Mg}$ 과 ${}_{13}\text{Al}$ 에서 예외가 나타나지만, 제2 이온화 에너지는 ${}_{8}\text{O}$ 와 ${}_{9}\text{F}$, ${}_{13}\text{Al}$ 과 ${}_{14}\text{Si}$ 에서 예외가 나타나며, 제1 이온화 에너지는 ${}_{10}\text{Ne}$ 이 가장 크고, 제2 이온화 에너지는 ${}_{11}\text{Na}$ 가 가장 크다.

→ 제1 이온화 에너지는 $\text{Na} < \text{Al} < \text{Mg} < \text{Si} < \text{O} < \text{F} < \text{Ne}$ 순이고, 제2 이온화 에너지는 $\text{Mg} < \text{Si} < \text{Al} < \text{F} < \text{O} < \text{Ne} < \text{Na}$ 순이다.

선택지 분석

- ㉠ C는 Al이다.
- ㉡ 원자 반지름은 E가 D보다 크다.
- ㉢ 제1 이온화 에너지는 G가 가장 작다.

전략적 풀이 ① 원자 번호에 따른 제2 이온화 에너지의 그래프는 제1 이온화 에너지의 그래프가 한 칸씩 이동한 형태라는 것에 중점을 두어 A~G에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

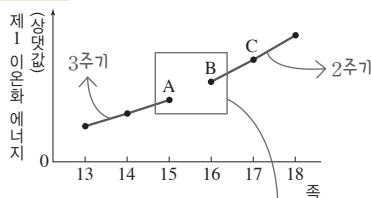
㉠. A는 Mg, B는 Si, C는 Al, D는 F, E는 O, F는 Ne, G는 Na이다.

② 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

㉡. D(F)와 E(O)는 같은 2주기 원소이므로 원자 번호가 작은 E(O)의 원자 반지름이 D(F)보다 크다.

㉢. 제1 이온화 에너지는 같은 주기에서 대체로 증가하고, 주기가 바뀔 때 급격히 작아지므로 3주기 1족 원소인 G(Na)가 가장 작다.

15 품공 문제 분석



같은 주기에서 이온화 에너지는 15족 > 16족인데, 자료에서는 15족 < 16족이므로 B는 2주기 원소, A는 3주기 원소이다.

선택지 분석

- ㉠ 원자 번호는 B가 A보다 크다. **작다**
- ㉡ 제2 이온화 에너지는 B가 C보다 크다.
- ㉢ 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 음이온의 반지름은 B가 A보다 크다. **작다**

전략적 풀이 이온화 에너지의 예외적인 경우를 생각하여 A~C에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

㉠. 같은 주기에서 이온화 에너지는 15족 > 16족인데, 자료에서는 15족 < 16족이므로 A는 3주기 15족 원소(P), B는 2주기 16족 원소(O), C는 2주기 17족 원소(F)이다. 따라서 원자 번호는 A가 B보다 크다.

② 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

㉡. B(O)와 C(F)의 제2 이온화 에너지는 각각 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$, $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ 상태에서 전자를 떼어 내는 것이므로 $2p_x$ 오비탈에 전자가 쌍을 이루고 있는 C(F)의 제2 이온화 에너지가 B(O)의 제2 이온화 에너지보다 작다.

㉢. A(P)는 3주기, B(O)는 2주기 원소이므로 모두 음이온이 되었을 때 A 이온은 B 이온보다 전자 껍질이 1개 더 많다. 따라서 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 음이온의 반지름은 A(P)가 B(O)보다 크다.

16 품공 문제 분석

홀전자 수는 Li이 1, C가 2, N가 3, O가 2, F이 1이다.
→ (가)와 (나)는 Li와 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, 6이다. → (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

- ㉠ (가)는 N이다. **O**
- ㉡ 원자 반지름이 가장 큰 원소는 (라)이다.
- ㉢ 제2 이온화 에너지가 가장 큰 원소는 (다)이다. (라) 제1 이온화 에너지

전략적 풀이 ① 주어진 조건으로부터 (가)~(마)에 해당하는 실제 원소를 파악한다.

㉠. 홀전자 수가 (가)=(나)이므로 (가)와 (나)는 C와 O 또는 Li와 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.

② 파악한 실제 원소의 주기적 성질을 생각해 본다.

㉡. 모두 2주기 원소이므로 원자 번호가 가장 작은 (라)의 원자 반지름이 가장 크다.

㉢. 1족 원소인 (라)의 제2 이온화 에너지는 안쪽 전자 껍질에 있는 전자를 떼어 낼 때 필요한 에너지이므로 제1 이온화 에너지에 비해 매우 크다.

화학 결합과 분자의 세계

1 화학 결합

1 이온 결합

개념 확인 문제

157쪽

- ① 산소(O_2) ② 수소(H_2) ③ 염소(Cl_2) ④ 나트륨(Na)
 ⑤ 전자 ⑥ 비활성 기체 ⑦ 옥텟 규칙 ⑧ 양이온 ⑨ 음이온

- 1 (1) A: 수소, B: 산소 (2) A : B = 2 : 1 2 (1) × (2) ○ (3) ○
 3 (1) × (2) ○ (3) ○ 4 (1) C, D (2) A, B (3) 네온(Ne)

1 (－)극(A)에서는 물 분자가 전자를 얻어 수소(H_2) 기체가 발생하고, (+)극(B)에서는 물 분자가 전자를 잃어 산소(O_2) 기체가 발생하며, 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(Cl_2) 기체가 발생하고, (－)극에서는 나트륨 이온(Na^+)이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 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 A는 산소(O), B는 플루오린(F), C는 나트륨(Na), D는 마그네슘(Mg)이다.

(1) 원자가 전자가 1~2개인 원자는 전자를 잃고 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루려는 경향이 있다. 따라서 원자가 전자가 1개인 C(Na)와 2개인 D(Mg)는 전자를 잃어 양이온이 된다.

(2) 원자가 전자가 6~7개인 원자는 전자를 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루려는 경향이 있다. 따라서 원자가 전자가 6개인 A(O)와 7개인 B(F)는 전자를 얻어 음이온이 된다.

(3) 비금속 원자인 A(O)는 전자 2개를 얻고, B(F)는 전자 1개를 얻어 같은 주기의 비활성 기체인 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이룬다.

금속 원자인 C(Na)는 전자 1개를 잃고, D(Mg)는 전자 2개를 잃어 앞 주기의 비활성 기체인 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이룬다.

개념 확인 문제

161쪽

- ① 정전기적 인력 ② 낮은 ③ 고체 ④ 액체(수용액) ⑤ 수용액(액체) ⑥ 짧을 ⑦ 클

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × 2 (1) 나트륨 이온(Na^+): 네온(Ne), 염화 이온(Cl^-): 아르곤(Ar) (2) 정전기적 인력 3 (1) 염화 칼륨 (2) $MgCl_2$ (3) 산화 칼슘 (4) Al_2O_3 4 (1) ○ (2) × (3) × 5 (1) > (2) < (3) > (4) <

1 (1) 금속 원자는 전자를 잃고, 비금속 원자는 전자를 얻어 이온 결합을 형성한다.

(2) 양이온과 음이온은 정전기적 인력에 의해 이온 결합을 형성한다.

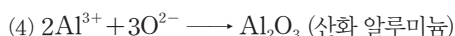
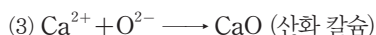
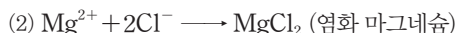
(3) 나트륨(Na) 원자의 전자 1개가 염소(Cl) 원자로 이동하여 생성된 나트륨 이온(Na^+)과 염화 이온(Cl^-)이 정전기적 인력에 의해 결합을 형성한다.

(4), (5) 양이온과 음이온 사이의 거리가 가까워질수록 인력이 커져 에너지가 낮아지지만, 두 이온 사이의 거리가 너무 가까워지면 반발력이 커지므로 에너지가 급격하게 높아진다. 양이온과 음이온 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 이온 결합이 형성된다.

2 (1) 나트륨은 전자 1개를 잃고 양이온이 되고, 염소는 전자 1개를 얻어 음이온이 된다. 따라서 나트륨 이온(Na^+)은 네온(Ne)과, 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 나타낸다. 이때 이온 결합 물질이 전기적으로 중성이 되도록 양이온의 전체 전하의 양과 음이온의 전체 전하의 양이 같아야 한다.



4 (1) 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 정전기적 인력에 의해 강하게 결합되어 있으므로 녹는점과 끓는점이 높고, 실온에서 대부분 고체 상태로 존재한다.

(2) 이온 결합 물질은 고체 상태에서는 이온들이 강하게 결합하고 있어 자유롭게 이동할 수 없으므로 전기 전도성이 없지만, 액체 상태와 수용액 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

(3) 외부에서 힘을 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 같고, 이온 사이의 거리는 NaCl이 NaBr보다 짧으므로 녹는점은 NaCl이 NaBr보다 높다.

(2) NaF과 CaO의 경우 두 이온 사이의 거리가 비슷하므로 녹는점은 전하량이 큰 CaO이 NaF보다 높다.

(3) MgO과 SrO의 경우 이온의 전하량은 같고, 이온 사이의 거리는 MgO이 SrO보다 짧으므로 녹는점은 MgO이 SrO보다 높다.

(4) NaF과 Na₂O의 경우 두 이온 사이의 거리가 비슷하고 이온의 전하량은 Na₂O이 NaF보다 크다. 따라서 녹는점은 Na₂O이 NaF보다 높다.

A는 반발력에 의한 에너지 변화를 나타낸 것이고, C는 인력에 의한 에너지 변화를 나타낸 것이다. 인력과 반발력에 의한 전체 에너지 변화를 나타낸 것은 B이다.

1-2 (가)는 인력이 반발력보다 우세하게 작용하는 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_0 는 결합이 형성되었을 때의 두 이온 사이의 거리이므로 양이온과 음이온의 반지름의 합과 같다.

(2) 이온 사이의 거리가 r_0 일 때보다 가까울 때는 반발력이 인력보다 우세하게 작용하여 에너지가 급격하게 높아진다.

(3) E 가 클수록 이온 결합력이 크므로 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_0 가 작을수록, r_0 가 비슷할 때에는 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 높다.

(6) Mg는 3주기 원소이고, Ca는 4주기 원소이므로 r_0 는 CaO이 MgO보다 크다.

(7) r_0 는 KCl > MgO이고, 이온의 전하량은 KCl < MgO이므로 이온 결합력은 KCl < MgO이다. 따라서 E 는 KCl이 MgO보다 작다.

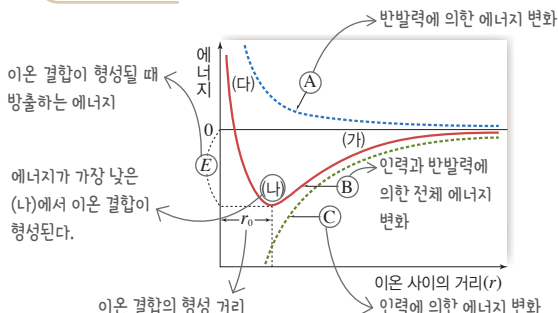
대표 자료 분석

162쪽

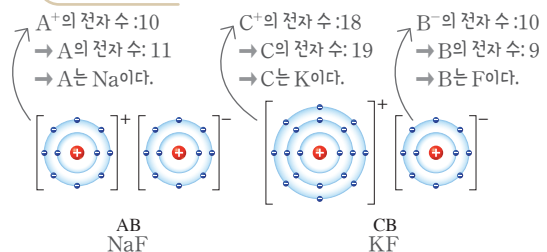
자료 1 1 B 2 (나) 3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

자료 2 1 A: Na, B: F, C: K 2 A: 네온(Ne), B: 네온(Ne), C: 아르곤(Ar) 3 A₂O, C₂O 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ×

1-1 품공 문제 분석



2-1 품공 문제 분석



A는 3주기 1족 원소인 나트륨(Na), B는 2주기 17족 원소인 플루오린(F), C는 4주기 1족 원소인 칼륨(K)이다.

2-2 안정한 이온이 될 때 A와 B는 각각 네온(Ne)과, C는 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 이룬다.

2-3 A와 C는 안정한 이온이 될 때 각각 전하가 +1인 양이온이 되고, 산소(O)는 전하가 -2인 음이온이 되므로 이들이 결합한 화합물의 화학식은 각각 A₂O, C₂O이다.

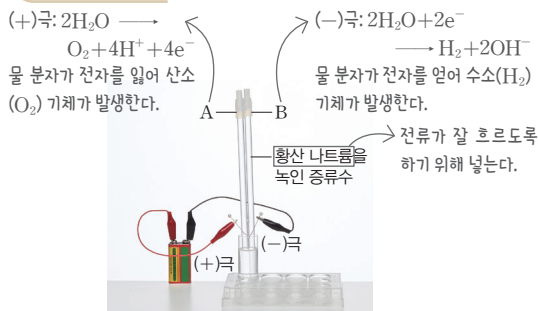
- 2-4** (1) A(Na)는 3주기, B(F)는 2주기 원소이다.
 (2) A(Na)와 C(K)는 1족 원소이다.
 (3) A는 3주기 원소이고, C는 4주기 원소이므로 이온 사이의 거리는 AB가 CB보다 짧다.
 (4) 이온 결합 물질은 이온의 전하량이 같은 경우 이온 사이의 거리가 짧을수록 이온 결합력이 커 녹는점이 높으므로 CB의 녹는점은 AB의 녹는점보다 낮다.

내신 안정 문제

163~166쪽

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

01 품공 문제 분석

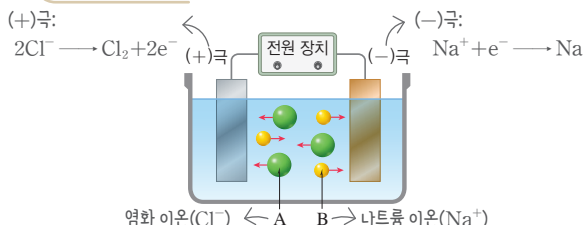


물을 전기 분해하면 (+)극에서는 물 분자가 전자를 잃어 산소 기체가, (-)극에서는 물 분자가 전자를 얻어 수소 기체가 발생한다.

- ① A는 (+)극이므로 산소 기체가 모인다.
 ② B는 (-)극이므로 수소 기체가 모여며, 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 품공 문제 분석



① A는 (+)극으로 이동하므로 음이온이고, B는 (-)극으로 이동하므로 양이온이다. 따라서 A는 염화 이온(Cl^-)이고, B는 나트륨 이온(Na^+)이다.

② B는 양이온인 Na^+ 이므로 (-)극에서 전자를 얻어 금속 Na이 된다.

③ (+)극에서는 Cl^- 이 전자를 잃고 황록색 기체인 염소(Cl_2) 기체가 발생한다.

④ (-)극에서는 Na^+ 이 전자를 얻어 은백색 물질인 나트륨(Na)이 생성된다.

바로알기 ⑤ 염화 나트륨 용융액의 전기 분해에서 화학 반응식은 $2\text{NaCl} \longrightarrow 2\text{Na} + \text{Cl}_2$ 이므로 (+)극과 (-)극에서 염소 기체와 나트륨이 1 : 2의 입자 수비로 생성된다.

03 이온 결합 물질인 염화 나트륨(NaCl)과 공유 결합 물질인 물(H_2O)이 전기 분해를 통해 성분 원소로 분해되는 것은 각 성분 원소가 화학 결합(이온 결합, 공유 결합)을 할 때 전자가 관여하였기 때문이다.

모범 답안 각 화합물은 전기 분해를 통해 성분 원소로 분해되므로 성분 원소가 화학 결합을 할 때 전자가 관여하였음을 알 수 있다.

채점 기준	배점
이온 결합과 공유 결합 또는 화학 결합 시 전자가 관여함을 서술한 경우	100 %
전자가 관여함을 서술하지 못한 경우	0 %

04 ① 비활성 기체는 주기율표의 18족에 속하는 원소를 말한다.

④ 원자들은 화학 결합을 통해 전자를 주고받거나 다른 전자와 공유하여 옥텟 규칙을 만족시키는 안정한 전자 배치를 이루려고 한다.

⑤ 금속 원자가 안정한 이온이 될 때는 전자를 잃고, 비금속 원자가 안정한 이온이 될 때는 전자를 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다.

바로알기 ② 비활성 기체는 안정한 전자 배치를 이루므로 반응성이 거의 없다.

③ 비활성 기체의 가장 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자 수는 1주기 원소인 헬륨(He)은 2이고, 2, 3주기 원소인 네온(Ne)과 아르곤(Ar)은 각각 8로 모두 같지는 않다.

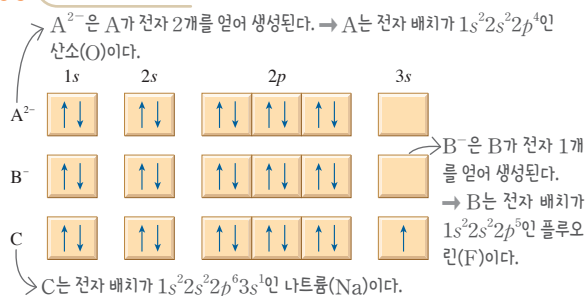
05 A는 헬륨(He), B는 리튬(Li), C는 네온(Ne), D는 마그네슘(Mg), E는 염소(Cl)이다.

ㄱ. 비활성 기체는 18족 원소로, A(He)와 C(Ne)가 해당된다.

바로알기 ㄴ. B는 리튬(Li)으로, 안정한 이온이 될 때 전자 1개를 잃고 A인 헬륨(He)과 같은 전자 배치를 이룬다.

ㄷ. D와 E가 각각 안정한 이온이 되면 D는 네온(Ne)과, E는 아르곤(Ar)과 같은 전자 배치를 이룬다.

06 품목 문제 분석

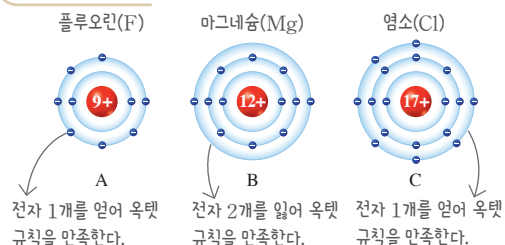


ㄱ. A는 산소(O)로, 원자가 전자는 6개($2s^2 2p^4$)이다.

바로알기 ㄴ. B는 플루오린(F)으로, 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 나트륨(Na)으로, 원자가 전자가 1개($3s^1$)이므로 전자 1개를 잃으면서 옥텟 규칙을 만족한다.

07 품목 문제 분석



ㄴ. 안정한 이온이 될 때 A는 전자 1개를 얻어 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이루고, B는 전자 2개를 잃어 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이룬다.

ㄷ. 안정한 이온이 될 때 음이온이 되는 원자는 비금속 원자인 A와 C이다.

바로알기 ㄱ. B는 원자가 전자가 2개이므로 전자 2개를 잃으면 옥텟 규칙을 만족한다.

08 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.

바로알기 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.

09 A는 나트륨(Na), B는 산소(O)이다.

ㄷ. 이온 결합이 형성될 때 전자는 금속 원소인 A(Na)에서 비금속 원소인 B(O)로 이동한다.

바로알기 ㄱ. A는 3주기 1족, B는 2주기 16족 원소이다.

ㄴ. A_2B 는 이온 결합 물질로, 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

10 ㄱ. 이온 결합은 양이온과 음이온의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 지점에서 형성되므로 r_0 는 이온 결합이 형성되는 거리이다.

ㄴ. 이온 사이의 거리가 r_0 일 때보다 멀 때는 인력이 반발력보다 우세하게 작용하고, r_0 일 때보다 가까울 때는 반발력이 인력보다 우세하게 작용한다.

ㄷ. E가 클수록 이온 결합력이 크고, 이온 결합력이 클수록 이온 결합 물질의 녹는점이 높다.

11 r_0 는 이온 반지름이 클수록 크고, E는 이온 결합력이 클수록 크다. 이온 결합력은 양이온과 음이온 사이에 작용하는 정전기적 인력이 클수록 크므로 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 크다.

바로알기 r_0 E

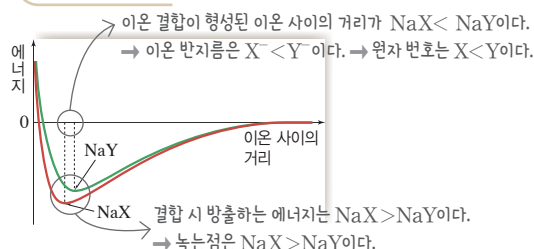
- ① $LiF < NaCl$ $LiF > NaCl$
- ② $LiCl < NaCl$ $LiCl > NaCl$
- ③ $MgO < CaO$ $MgO > CaO$
- ⑤ $NaCl < KCl$ $NaCl > KCl$

12 품목 문제 분석

- A: $1s^2 2s^1 \rightarrow A^+: 1s^2$
- B: $1s^2 2s^2 2p^5 \rightarrow B^-: 1s^2 2s^2 2p^6$
- C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \rightarrow C^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6$
- D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 \rightarrow D^{2-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- E: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \rightarrow E^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

구분	양이온	음이온	개수비	화합식
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

13 품목 문제 분석



나. 이온 결합을 형성할 때 방출하는 에너지가 클수록 이온 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 $\text{NaX} < \text{NaY}$ 이므로 이온 반지름은 $\text{X}^- < \text{Y}^-$ 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 있으므로 전기 전도성이 있다.

14 마그네슘 이온과 산화 이온의 전하는 각각 +2, -2이므로 1 : 1의 개수비로 결합한다. 따라서 $x : y = 1 : 1$ 이다. 또, 알루미늄 이온과 산화 이온의 전하는 각각 +3과 -2이므로 2 : 3의 개수비로 결합한다. 따라서 $a : b = 2 : 3$ 이다.

나. $x : y = 1 : 1$ 이고, $a : b = 2 : 3$ 이므로 $\frac{y}{x} \times \frac{b}{a} = \frac{3}{2}$ 이다.

ㄷ. 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 양이온의 전하량 합과 음이온의 전하량 합은 같다.

바로알기 ㄱ. $a : b = 2 : 3$ 이다.

15 ① 이온 결합 물질은 대체로 물에 잘 녹으며, 물에 녹으면 양이온과 음이온이 물 분자에 둘러싸여 물속으로 흩어져 자유로운 이동이 가능해진다.

② 이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 정전기적 인력으로 강하게 결합하고 있으므로 녹는점과 끓는점이 높다.

③, ④ 이온 결합 물질은 고체 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동할 수 없으므로 전기 전도성이 없지만, 액체 상태와 수용액 상태에서는 이온들이 자유롭게 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

바로알기 ⑤ 이온 결정은 비교적 단단하지만, 외부에서 힘을 가하면 이온 층이 밀리면서 같은 전하를 띤 이온 사이에 반발력이 작용하므로 부서지기 쉽다.

16 이온 결합력은 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 크고, 이온 결합력이 클수록 녹는점이 높다. 이온 사이의 거리는 $\text{NaBr} > \text{NaF}$ 이고, 이온의 전하량은 $\text{MgO} > \text{NaF}$ 이므로 녹는점이 가장 높은 (다)는 NaF과 이온 사이의 거리가 비슷하고 이온의 전하량이 큰 MgO에 해당한다. NaF과 NaBr 중 이온 사이의 거리가 짧은 NaF이 NaBr보다 녹는점이 높으므로 (가)는 NaBr이고, (나)는 NaF이다.

나. 이온 결합력이 가장 큰 화합물은 녹는점이 가장 큰 (다)이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 NaBr이다.

ㄷ. (가)와 (나)를 구성하는 양이온은 Na^+ 으로 같고, 음이온은 각각 Br^- , F^- 이므로 이온 사이의 거리가 더 짧은 (나)(NaF)가 (가)(NaBr)보다 녹는점이 높다. 따라서 (가)와 (나)의 녹는점 차이는 이온 사이의 거리 때문이다.

17 A와 B는 전하가 -1인 음이온이고, C와 D는 전하가 +2인 양이온이다.

나. C와 D는 전하가 +2인 양이온이므로 전하량이 Na^+ 의 2배이다.

ㄷ. NaA와 NaB의 전하량이 같으므로 이온의 전하량은 녹는점에 영향을 미치지 않는다. 두 물질의 녹는점에 영향을 미치는 요인은 이온 사이의 거리이다.

바로알기 ㄱ. 이온 사이의 거리는 NaA가 NaB보다 짧으므로 원자 번호는 A가 B보다 작다.

18 AB_2 는 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이고, DB_2 는 액체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 이온 결합 물질이 아니다. 화합물 AB_2 가 생성될 때 A와 B가 1 : 2의 개수비로 결합하므로 A 이온의 전하량은 B 이온의 전하량의 2배임을 알 수 있다. 따라서 A는 마그네슘(Mg), B는 플루오린(F), C는 나트륨(Na), D는 산소(O)이다.

ㄱ. CB는 NaF으로 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 따라서 ㉠은 '있음'이다.

나. A는 마그네슘(Mg), C는 나트륨(Na)으로 모두 금속 원소이다.

ㄷ. AD는 산화 마그네슘(MgO)으로 이온 결합 물질이다.

19 ㄱ. 고체 상태에서는 전기 전도성이 없지만, 가열할 때 온도 (가)에서 전기 전도성이 나타나므로 (가)는 X의 녹는점이며, X는 이온 결합 물질이다.

나. 고체 상태의 X에 힘을 가하면 이온 층이 밀리면서 두 층의 경계면에서 같은 전하를 띤 이온들이 만나 반발력이 작용하여 부서지기 쉽다.

바로알기 ㄷ. X와 이온의 전하량이 같고 X보다 이온 사이의 거리가 긴 화합물인 경우 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력이 X에 비해 작아 녹는점이 (가)보다 낮다.

20 **모범 답안** X를 구성하는 양이온과 음이온은 같은 비활성 기체의 전자 배치를 이루므로 음이온의 원소는 2주기 비금속 원소이고, 양이온의 원소는 3주기 금속 원소이다.

채점 기준	배점
주기를 옮겨 비교하고, 그 까닭을 옮겨 서술한 경우	100 %
주기만 옮겨 서술한 경우	30 %

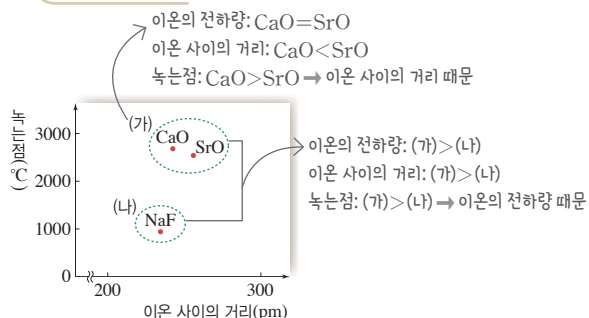
01 ③ 02 ④ 03 ② 04 ③

01 ㄱ. 물을 전기 분해하면 (+)극에는 산소 기체가, (-)극에는 수소 기체가 모여며, 모인 기체의 부피비는 산소 : 수소 = 1 : 2이다. 따라서 A와 B에 모인 기체의 부피비는 1 : 2이다.

ㄷ. 화합물을 전기 분해하면 각 성분 물질이 얻어지는 것을 통해 각 원소가 화학 결합을 할 때에는 전자가 관여함을 알 수 있다. 따라서 이 실험으로 물을 이루고 있는 수소(H)와 산소(O)의 화학 결합에는 전자가 관여함을 알 수 있다.

바로알기 ㄴ. (-)극에 연결된 시험관인 B에 모인 기체는 수소(H₂)이다.

02 품공 문제 분석

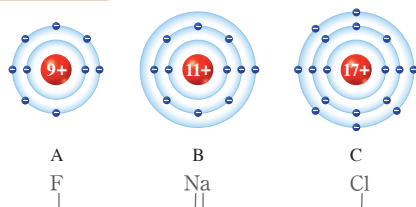


ㄴ. (가)에서 CaO과 SrO의 이온의 전하량은 같은데 CaO이 SrO보다 녹는점이 높은 까닭은 CaO이 SrO보다 이온 사이의 거리가 짧기 때문이다.

ㄷ. (가)와 (나)를 구성하는 양이온과 음이온의 전하는 각각 '+2, -2'와 '+1, -1'이다. 따라서 (가)가 (나)보다 녹는점이 높은 주된 까닭은 (가)가 (나)보다 이온의 전하량이 크기 때문이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 CaO과 SrO의 이온의 전하는 +2, -2이므로 이온의 전하량은 같다.

03 품공 문제 분석



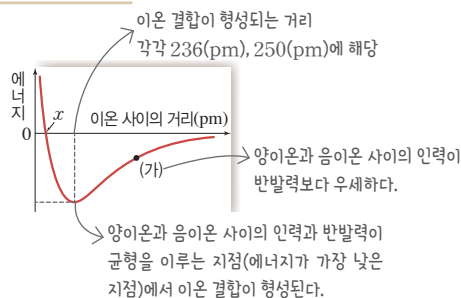
BA(NaF) BC(NaCl)
 이온 사이의 거리: $\text{BA(NaF)} < \text{BC(NaCl)}$
 $\rightarrow$ 이온 결합력: $\text{BA(NaF)} > \text{BC(NaCl)}$
 $\rightarrow$ 녹는점: $\text{BA(NaF)} > \text{BC(NaCl)}$

A는 플루오린(F), B는 나트륨(Na), C는 염소(Cl)이다.

ㄷ. B(Na)가 양이온이 되면 전자 1개를 잃고 네온(Ne)의 전자 배치를 이루며, A(F)가 음이온이 되면 전자 1개를 얻어 네온(Ne)의 전자 배치를 이룬다.

바로알기 ㄱ, ㄴ. 이온 사이의 거리는 BC(NaCl)가 BA(NaF)보다 길기 때문에 이온 결합력은 BC(NaCl)가 BA(NaF)보다 작다. 따라서 녹는점은 BC(s)가 BA(s)보다 낮다.

04 품공 문제 분석



ㄱ. NaX와 NaY가 각각 가장 안정한 상태일 때는 에너지가 가장 낮은 상태이다. 따라서 NaX에서 x는 가장 안정한 상태일 때의 이온 사이의 거리(pm)인 236보다 작다.

ㄷ. 이온 사이의 거리가 NaX가 NaY보다 짧으므로 이온 결합력은 NaX가 NaY보다 크다. 따라서 1 atm에서 녹는점은 NaX(s)가 NaY(s)보다 높다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 Na⁺과 X⁻ 사이에 작용하는 힘은 인력이 반발력보다 우세하다.

공유 결합과 금속 결합

개념 확인 문제

171쪽

- ① 공유 ② 낮은 ③ 결합 길이 ④ 분자 결정(분자성 고체)
 ⑤ 공유 결정(원자 결정) ⑥ 분자 ⑦ 공유(원자) ⑧ 없다
 ⑨ 분자 ⑩ 공유(원자)

1 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\circ$ (4) $\times$ 2 ㉠ 1, ㉡ 2, ㉢ 2, ㉣ 헬륨, ㉤ 네온 3 (가) ㄴ, ㄷ (나) ㄱ, ㄴ 4 (1) B (2) 결합 길이: 74 pm, 결합 에너지: 436 kJ/mol 5 (1) $\circ$ (2) $\times$ (3) $\times$

1 (1) 공유 결합은 비금속 원자들이 전자를 공유하여 이루어지는 결합이다.

(2) 베릴륨(Be)과 붕소(B)를 제외한 1, 2주기 원자들이 공유 결합을 형성하면 같은 주기 비활성 기체의 전자 배치를 이룬다.

(3) 두 원자에 서로 공유되어 결합에 참여하는 전자쌍을 공유 전자쌍이라고 한다.

(4) 두 원자 사이에 1개의 전자쌍을 공유하여 형성되는 결합을 단일 결합이라 하고, 2개, 3개의 전자쌍을 공유하는 결합을 각각 2중 결합, 3중 결합이라고 한다.

2 • 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루려면 수소 원자는 전자 1개가 필요하고, 산소 원자는 전자 2개가 필요하다.

- 물 분자에서 산소 원자는 수소 원자 2개와 각각 전자쌍 1개씩을 공유하므로 공유 전자쌍은 2개이며, 단일 결합이 2개 있다.
- 물 분자에서 수소 원자는 1주기 비활성 기체인 헬륨과 같은 전자 배치를 이루고, 산소 원자는 2주기 비활성 기체인 네온과 같은 전자 배치를 이룬다.

3 ㄱ. N_2 에서 두 N 원자는 3개의 전자쌍을 공유하는 3중 결합을 한다.

ㄴ. O_2 에서 두 O 원자는 2개의 전자쌍을 공유하는 2중 결합을 한다.

ㄷ. HF에서 H와 F 원자는 1개의 전자쌍을 공유하는 단일 결합을 한다.

ㄹ. HCN에서 H와 C 원자는 1개의 전자쌍을 공유하는 단일 결합을 하고, C와 N 원자는 3개의 전자쌍을 공유하는 3중 결합을 한다.

ㅁ. CO_2 에서 C와 2개의 O 원자는 각각 2개씩의 전자쌍을 공유하는 2중 결합을 한다.

ㅂ. CH_4 에서 C와 4개의 H 원자는 각각 1개씩의 전자쌍을 공유하는 단일 결합을 한다.

4 (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. 에너지가 가장 낮은 지점에서 공유 결합이 형성되므로 436 kJ/mol이 수소 분자의 결합 에너지이다.

5 (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)

개념 확인 문제

174쪽

- ① 금속 ② 자유 전자 ③ 자유 전자 ④ 은백색 ⑤ 고체(액체) ⑥ 액체(고체) ⑦ 고체 ⑧ 높 ⑨ 공유 ⑩ 이온
⑪ 금속

- 1 자유 전자 2 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ 3 (가) 전성(퍼짐성) (나) 연성(뽐힘성) 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 5 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣ 6 ㉠ 있음, ㉡ 있음, ㉢ 없음, ㉣ 있음

1 (가)는 자유 전자로, 금속 원자에서 떨어져 나와 한 원자에 속해 있지 않고 수많은 금속 양이온 사이를 자유롭게 이동할 수 있다.

2 (1) 금속 결합은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의해 이루어진다.

(2) 외부 힘에 의해 금속이 변형되어도 자유 전자가 결합을 유지시키기 때문에 금속의 연성과 전성이 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 금속을 얇은 판처럼 넓게 펼 수 있는 전성(퍼짐성)을 이용한 것이고, 구리 전선은 금속을 가늘고 길게 뽑을 수 있는 연성(뽐힘성)을 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 대체로 높은 까닭은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 금속 결합력이 강하기 때문이다.

5 (1) 구리(Cu)는 구리 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의한 결합(금속 결합)으로 이루어진 물질이다.

(2) 염화 수소(HCl)는 염소 원자와 수소 원자 사이에 전자쌍 1개를 공유하는 결합(공유 결합)으로 이루어진 물질이다.

(3) 다이아몬드(C)는 탄소 원자 1개가 다른 탄소 원자 4개와 정사면체 모양으로 연속적으로 결합(공유 결합)하여 이루어진 물질이다.

(4) 산화 마그네슘(MgO)은 산화 이온과 마그네슘 이온 사이의 정전기적 인력에 의한 결합(이온 결합)으로 이루어진 물질이다.

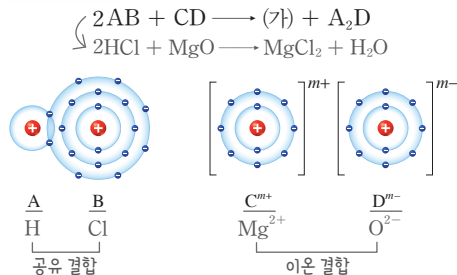
6 염화 나트륨은 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서는 전기 전도성이 없고, 액체와 수용액 상태에서는 전기 전도성이 있다. 설탕은 공유 결합 물질이므로 고체, 액체, 수용액 상태에서 모두 전기 전도성이 없다. 마그네슘은 금속 결합 물질이므로 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있다.

대표 자료 분석

175~176쪽

- 자료 1** 1 A: H, B: Cl, C: Mg, D: O 2 CB_2 3 (가): 이온 결합, A_2D : 공유 결합 4 (1) $\circ$ (2) $\times$ (4) $\times$
- 자료 2** 1 B 2 (가) 436 kJ/mol (나) 74 pm 3 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\circ$ (4) $\times$ (5) $\times$ (6) $\times$ (7) $\circ$ (8) $\times$
- 자료 3** 1 (가) 금속 결합 (나) 공유 결합 (다) 이온 결합 2 (가) 3 (가), (다) 4 (1) $\circ$ (2) $\times$ (3) $\circ$ (4) $\times$
- 자료 4** 1 A 2 B와 D, 공유 결합 3 C 4 (1) $\circ$ (2) $\circ$ (3) $\circ$ (4) $\times$ (5) $\times$ (6) $\times$ (7) $\times$ (8) $\times$ (9) $\circ$

1-1 품공 문제 분석



AB는 A와 B가 1개의 전자쌍을 공유하며 결합한 화합물이므로 A는 1주기 1족 원소인 수소(H)이고, B는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다. 또, CD는 C와 D가 서로 전자를 주고받아 형성된 화합물로, A와 D의 화합물의 화학식이 A_2D 이므로 D는 2주기 16족 원소인 산소(O)이다. 따라서 C는 3주기 2족 원소인 마그네슘(Mg)이다.

1-2 (가)는 B와 C로 이루어진 화합물로, C는 전자 2개를 잃어 양이온이 되고, B는 전자 1개를 얻어 음이온이 된 후 결합하여 형성된 것이다. 따라서 이 화합물의 화학식은 CB_2 이다.

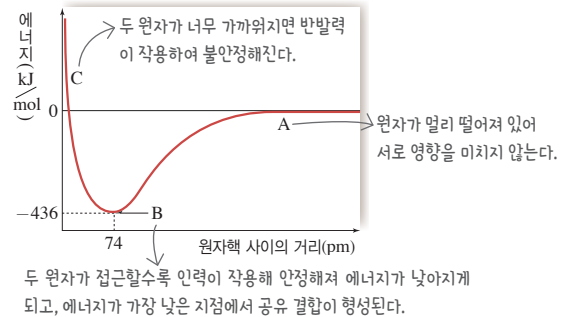
1-3 (가)는 $CB_2(MgCl_2)$ 로 이온 결합 물질에 해당하고, $A_2D(H_2O)$ 는 공유 결합 물질에 해당한다.

1-4 (1) C는 2족 원소, D는 16족 원소이므로 이들이 화학 결합을 형성할 때 C는 전자 2개를 잃으면서 전하가 +2인 양이온이 되고, D는 전자 2개를 얻으면서 전하가 -2인 음이온이 된다.

따라서 $m=2$ 이다.

- (2) A_2 는 H_2 로, 공유 전자쌍이 1개인 단일 결합으로 생성된다. D_2 는 O_2 로, 공유 전자쌍이 2개인 2중 결합으로 생성된다.
- (3) A, B, D는 비금속 원소이고, C는 금속 원소이므로 AB(HCl)은 공유 결합 물질이고, CD(MgO)는 이온 결합 물질이다.
- (4) AB(HCl)를 이루는 화학 결합은 공유 결합이며, 생성물인 (가)($MgCl_2$)와 $A_2D(H_2O)$ 중 공유 결합 물질에 해당하는 것은 A_2D 이다.

2-1 품공 문제 분석



공유 결합이 형성될 때 성분 원자들 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루는 지점에서 에너지가 가장 낮다. 따라서 두 수소 원자 사이의 인력과 반발력이 균형을 이룬 지점은 B이다.

2-2 (가) 에너지가 가장 낮은 지점에서 결합이 형성되므로 B에서의 에너지인 436 kJ/mol이 결합 에너지이다.

(나) 공유 결합이 형성될 때 두 원자핵 사이의 거리인 74 pm가 결합 길이이다.

2-3 (1) A~C 중 두 수소 원자 사이에 반발력이 가장 우세한 지점은 원자핵 사이의 거리가 가장 가까운 C이다.

(2) A에서는 두 수소 원자가 멀리 떨어져 있어 서로 영향을 미치지 않지만, B로 갈수록 두 수소 원자가 서로 접근하여 수소 원자 사이의 인력이 점점 커진다.

(3) 두 수소 원자는 에너지가 가장 낮은 지점인 B에서 공유 결합을 하고, 이때 공유 전자쌍 1개를 형성한다.

(4) 두 수소 원자는 에너지가 가장 낮은 지점인 B에서 가장 안정하여 수소 분자를 생성한다.

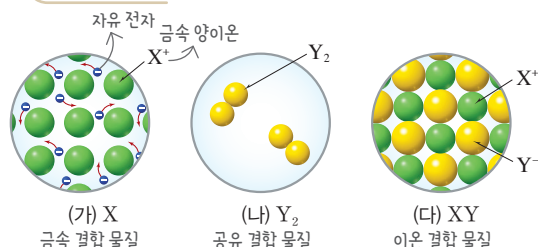
(5) B에서 C로 갈수록 에너지가 높아지는 것은 수소 원자 사이의 거리가 너무 가까워져 반발력이 커지기 때문이다.

(6) 수소 원자의 반지름은 수소 분자의 결합 길이의 절반에 해당한다. 수소 분자의 결합 길이는 74 pm이므로 수소 원자의 반지름은 37 pm이다.

(7) 수소 분자의 결합 에너지가 436 kJ/mol이므로 1 mol의 기체 상태의 수소 분자에서 원자 사이의 결합을 끊는 데 필요한 에너지는 436 kJ이다.

(8) 수소 분자보다 공유 결합력이 큰 분자는 더 안정하여 B에서 보다 더 낮은 에너지에서 결합이 형성된다.

3-1 공공 문제 분석



(가)는 금속 양이온과 자유 전자로 이루어진 금속 결합 물질이고, (나)는 이원자 분자로 이루어진 공유 결합 물질이며, (다)는 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온으로 이루어진 이온 결합 물질이다.

3-2 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 금속 결합 물질이므로 (가)가 해당된다.

3-3 (가)는 금속 양이온과 자유 전자, (다)는 금속 원소의 양이온과 비금속 원소의 음이온 사이의 정전기적 인력으로 각각 결합이 형성된다.

3-4 (1) (가)는 금속 결합 물질이므로 연성(뽽힘성)과 전성(펴짐성)이 있다.

(2) (나)는 비금속 원소로 이루어진 이원자 분자로, 공유 결합에 의해 생성된 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

(3) (가)는 금속 결합 물질로, 외부 힘에 의해 금속이 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합이 유지되므로 전성(펴짐성)이 있다. 반면 (다)는 이온 결합 물질로, 외부 힘에 의해 쉽게 부서진다.

(4) (다)는 이온 결합 물질이므로 결합할 때 양이온이 되는 X는 금속 원소이고, 음이온이 되는 Y는 비금속 원소이다.

4-1 공공 문제 분석

물질	녹는점 (°C)	끓는점 (°C)	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)

양이온과 음이온의 정전기적 인력에 의해 형성된 물질은 이온 결합 물질이다. A는 고체 상태에서 전기 전도성이 없지만, 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 이온 결합 물질이다.

4-2 B와 D는 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없으므로 공유 결합 물질이다.

4-3 그림은 금속 양이온 사이를 자유 전자가 자유롭게 이동하는 금속 결정을 나타낸 모형이다. 따라서 그림의 모형으로 나타낼 수 있는 물질은 금속 결합 물질인 C이다.

4-4 (1) A의 결정은 이온 결정이므로 외부 힘에 의해 쉽게 부서진다.

(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 물질이며, 녹는점과 끓는점이 높으므로 공유 결합 물질 중 공유 결정에 해당된다.

(6) 자유 전자가 존재하는 것은 금속 결합 물질인 C이다.

(7) 다이아몬드나 석영은 공유 결합 물질 중 공유 결정으로 존재하므로 D와 같은 종류의 결정이다.

(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·안정 문제

177~180쪽

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

01 ③ 비금속 원소들은 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해 전자를 공유하여 결합을 형성한다.

바로알기 ① 공유 결합은 전자를 공유하여 형성된다.

② 비금속 원자들이 공유 결합을 형성할 때 원자는 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루기 위해 부족한 전자 수만큼을 공유하는 것이지, 원자가 전자 수만큼을 공유하는 것은 아니다.

④ 이온 사이의 정전기적 인력으로 형성된 결합은 이온 결합이다.

⑤ 대부분의 공유 결합 물질은 상태에 관계없이 전기 전도성이 없다.

02 품공 문제 분석

원소	A C	B O	C Ne
전자 배치	$1s^2 2s^2 2p^2$	$1s^2 2s^2 2p^4$	$1s^2 2s^2 2p^6$

비활성 기체는 안정한 전자 배치를 이루므로 결합을 형성하지 않는다.

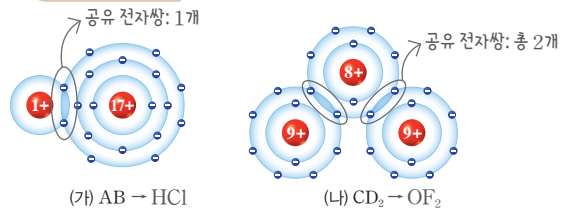
비금속 원소들이 결합할 때 공유 결합을 형성한다. A, B, C는 모두 비금속 원소이지만 비활성 기체인 C는 결합을 형성하지 않고, A와 B만 공유 결합을 형성한다.

03 ㄱ. 물 분자는 원자가 전자가 6개인 산소(O) 원자 1개와 원자가 전자가 1개인 수소(H) 원자 2개가 공유 결합을 형성하여 이루어진 화합물이다.

ㄴ. 물 분자 내에서 산소는 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 가지며 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 ㄷ. 물 분자는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개가 전자쌍을 공유하여 생성된 화합물로 공유 결합 물질이다. 전자를 주고 받아 정전기적 인력으로 형성되는 결합은 이온 결합이다.

04 품공 문제 분석



(가) A와 B는 전자쌍 1개를 공유하므로 A의 원자가 전자는 1개이고, B의 원자가 전자는 7개이다. $\Rightarrow$ A는 1주기 1족 원소인 수소(H)이고, B는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.

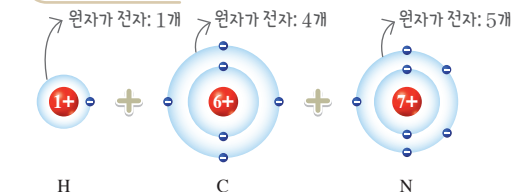
(나) C는 2개의 D와 전자쌍 2개를 공유하므로 C의 원자가 전자는 6개이고, D의 원자가 전자는 7개이다. $\Rightarrow$ C는 2주기 16족 원소인 산소(O)이고, D는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)이다.

ㄱ. B와 D는 모두 원자가 전자가 7개이므로 17족 원소이다.

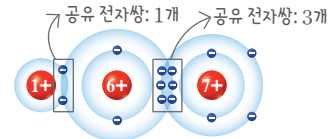
바로알기 ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 1이고, (나)가 2이다.

ㄷ. A는 원자가 전자가 1개, C는 원자가 전자가 6개이므로 두 원소로 이루어진 화합물 중 원자 수가 가장 작은 화합물의 화학식은 A_2C 이다.

05 품공 문제 분석



수소(H), 탄소(C), 질소(N)의 원자가 전자는 각각 1개, 4개, 5개이다. 따라서 H와 C는 전자쌍 1개를 공유하며, C와 N는 전자쌍 3개를 공유하여 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이룬다.



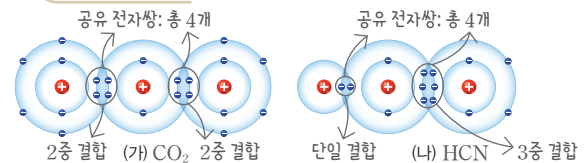
ㄹ 사이안화 수소(HCN)의 분자 모형

모범답안 (1) (가) 1개 (나) 3개

(2) H는 원자가 전자가 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 않고 서술한 경우 30 %

06 품공 문제 분석



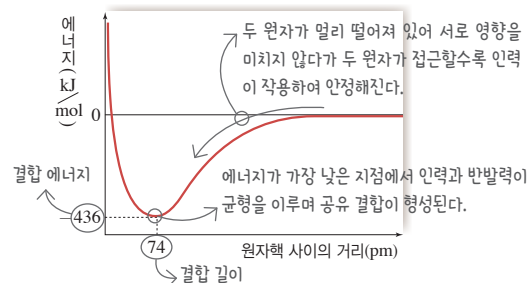
(가)는 원자가 전자가 4개인 탄소(C)와 6개인 산소(O)로 이루어진 화합물 CO_2 이고, (나)는 원자가 전자가 4개인 탄소(C)와 1개인 수소(H), 5개인 질소(N)로 이루어진 화합물 HCN이다.

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 4로 같다.

ㄴ. (가)에서 C와 O 사이의 결합은 공유 전자쌍이 2개인 2중 결합이고, (나)에서 H와 C 사이의 결합은 공유 전자쌍이 1개인 단일 결합, C와 N 사이의 결합은 공유 전자쌍이 3개인 3중 결합이다.

바로알기 ㄷ. (가)에서 C, O와 (나)에서 C, N는 공유 결합을 통해 비활성 기체인 네온(Ne)의 전자 배치를 이루지만, (나)에서 H는 헬륨(He)의 전자 배치를 이룬다.

07 품공 문제 분석



ㄴ. 기체 상태의 분자 1 mol에서 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 두 수소 원자 사이가 멀어 인력이 우세하게 작용하지만, 74 pm보다 작을 때에는 두 수소 원자 사이가 너무 가까워 반발력이 우세하게 작용한다.

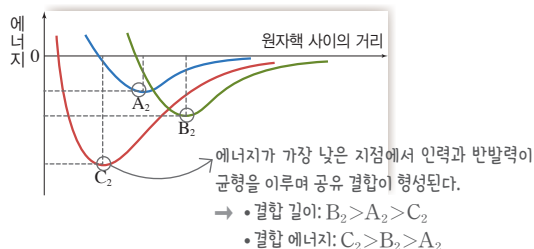
08 2주기 원소 중 이원자 분자를 형성하는 원소는 질소(N), 산소(O), 플루오린(F)이다. 원자 반지름이 $C > B > A$ 이므로 C는 질소(N), B는 산소(O), A는 플루오린(F)임을 알 수 있다.

ㄱ. 원자가 전자 수는 $A(F) > B(O) > C(N)$ 이다.

바로알기 ㄴ. $A_2(F_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 1, $B_2(O_2)$ 의 공유 전자쌍 수는 2이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 B_2 가 A_2 의 2배이다.

ㄷ. $A_2(F_2)$ 는 단일 결합, $B_2(O_2)$ 는 2중 결합, $C_2(N_2)$ 는 3중 결합으로 생성된다. 따라서 다중 결합이 있는 분자는 B_2 와 C_2 이다.

09 품공 문제 분석



ㄷ. 결합 에너지는 공유 결합의 세기를 나타내는 척도로, 결합 에너지가 클수록 결합이 강하고 안정하다. 따라서 결합 에너지가 가장 큰 C_2 의 결합 세기가 가장 강하다.

바로알기 ㄱ. 결합 에너지가 가장 큰 것은 이원자 분자를 생성할 때 방출하는 에너지가 가장 큰 C_2 이다.

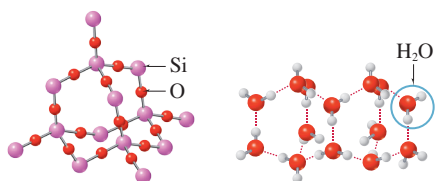
ㄴ. 결합 길이가 가장 짧은 것은 원자핵 사이의 거리가 가장 짧은 C_2 이다.

10 ① 공유 결합 물질은 일반적으로 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

② 공유 결합 물질 중 분자 결정은 분자 사이의 인력이 약해 비교적 녹는점과 끓는점이 낮으며, 승화성이 있는 물질이 존재한다.

④ 석영은 규소 원자들과 산소 원자들이 그물처럼 연결되어 결합을 형성한다.

⑤ 얼음은 물 분자들이 분자 사이의 인력에 의해 규칙적으로 배열된 물질이다.

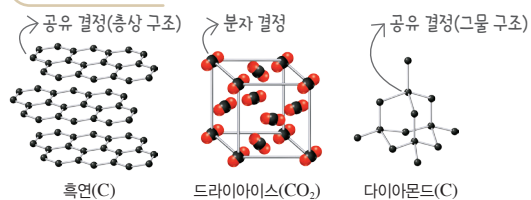


④ 석영의 공유 결정 모형

④ 얼음의 분자 결정 모형

바로알기 ③ 분자 결정의 녹는점과 끓는점은 분자 사이의 인력이 클수록 높다. 결합 에너지는 공유 결합을 형성하는 원자 사이의 인력이 클수록 크므로 공유 결정의 녹는점과 끓는점에 영향을 미친다.

11 품공 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 1개가 다른 탄소 원자 3개와 결합한 층상 구조이고, 다이아몬드는 탄소 원자 1개가 다른 탄소 원자 4개와 강하게 결합한 3차원 그물 구조이다.

12 ② 열 전도성, ③ 전기 전도성, ④ 전성, ⑤ 연성은 모두 자유 전자에 의해 나타나는 성질이다.

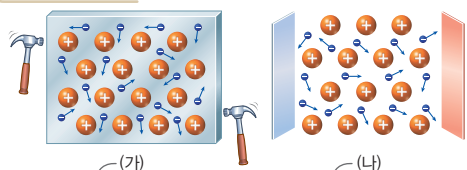
바로알기 ① 금속의 밀도가 큰 것은 원자량이 크기 때문이다.

13 ㄱ. 금속 X(s)의 결합 모형에서 A는 자유 전자에 해당한다.

ㄴ. 금속을 가열하면 자유 전자가 열에너지를 얻게 되고, 큰 열에너지를 가진 자유 전자가 인접한 자유 전자와 금속 양이온에 열에너지를 전달한다. 따라서 금속 X(s)는 열 전도성이 크다.

바로알기 ㄷ. 금속 X(s)에 외부에서 힘을 가하여도 자유 전자인 A가 이동하여 금속 결합이 유지된다.

14 품공 문제 분석



외부에서 금속에 힘을 가하면 이온 층이 밀리지만 자유 전자가 결합을 유지시킨다.

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 유지되므로 연성(뽀침성)과 전성(펼침성)이 나타난다.

15 품공 문제 분석

→ A, B, C는 비금속 원소이다.

주기	족	1	2	13	14	15	16	17	18
1		A-H							
2					B-C			C-F	
3			D-Mg						

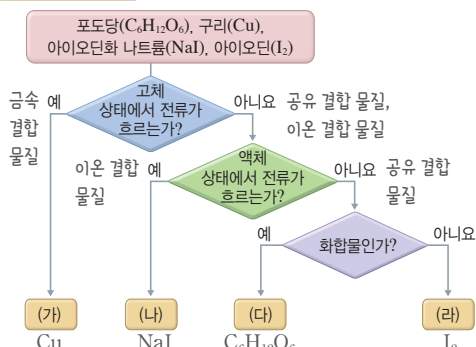
→ D는 금속 원소이다.

ㄱ. AC(HF)는 공유 결합 물질이므로 분자로 존재한다.

ㄷ. DC₂(MgF₂)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.

16 품공 문제 분석



ㄷ. (나)(NaI)와 (라)(I₂)는 공통적으로 아이오딘(I)을 포함하고 있다.

바로알기 ㄱ. (가)는 구리(Cu)이다. 아이오딘화 나트륨(NaI)은 (나)에 해당한다.

ㄴ. (다)(C₆H₁₂O₆)는 공유 결합 물질로, 물에 녹았을 때 전하를 띠는 입자가 없으므로 수용액 상태에서 전류가 흐르지 않는다.

17 X는 액체 상태에서는 전기 전도성이 있지만, 고체 상태에서는 전기 전도성이 없으므로 이온 결합 물질이다.

ㄷ. X는 이온 결합 물질이므로 X(s)에 외부에서 힘을 가하면 쉽게 부스러진다.

바로알기 ㄱ. X는 이온 결합 물질이다.

ㄴ. (나)에서 X의 불꽃 반응색이 보라색이므로 X를 구성하는 금속 원소는 칼륨(K)이다. 나트륨(Na)의 불꽃 반응색은 노란색이다.

18 품공 문제 분석

물질	녹는점 (°C)	끓는점 (°C)	전기 전도성		물질의 종류 (결정의 종류)
			고체	액체	
A	-114	78.8	×	×	공유 결합 물질 (분자 결정)
B	97.8	882	○	○	금속 결합 물질 (금속 결정)
C	802	1413	×	○	이온 결합 물질 (이온 결정)
D	1670	2250	×	×	공유 결합 물질 (공유 결정)

ㄱ. B는 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르므로 금속 결합 물질이다. 따라서 B에는 자유 전자가 존재한다.

ㄴ. A와 D는 고체 상태와 액체 상태에서 모두 전류가 흐르지 않으므로 공유 결합 물질이다. 따라서 A와 D는 비금속 원소 사이에 전자쌍을 공유하여 생성된 물질이다.

ㄷ. C는 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만, 액체 상태에서는 전류가 흐르므로 이온 결합 물질이다. 이온 결합 물질은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 물질이다.

실력 UP 문제

181쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ② 04 ③

01 품공 문제 분석

원자	전자 배치	
A	1s ² 2s ² 2p ⁴ → 2주기 16족 원소—O	$\left. \begin{array}{l} AB_2(OF_2) \\ CB(NaF) \end{array} \right\} AD_2(OCl_2)$
B	1s ² 2s ² 2p ⁵ → 2주기 17족 원소—F	
C	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ¹ → 3주기 1족 원소—Na	
D	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁵ → 3주기 17족 원소—Cl	

A는 산소(O), B는 플루오린(F), C는 나트륨(Na), D는 염소(Cl)이다.

ㄱ. A는 원자가 전자가 6개이고, B는 원자가 전자가 7개이므로 이들이 결합한 화합물 AB₂(OF₂)는 공유 결합 물질이다.

ㄴ. CB(NaF)는 이온 결합 물질로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.

바로알기 ㄷ. A는 원자가 전자가 6개이고, D는 원자가 전자가 7개이므로 A 1개는 D 2개와 결합하여 AD₂(OCl₂)의 안정한 화합물을 생성한다.

02 품공 문제 분석

2. 3주기 원소 중 실온에서 이원자 분자이면서 기체로 존재하는 물질은 N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 이다.

원자 반지름은 $C < D$ 이고, C와 D가 각각 이원자 분자를 이룰 때 단일 결합을 한다. $\rightarrow$ 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

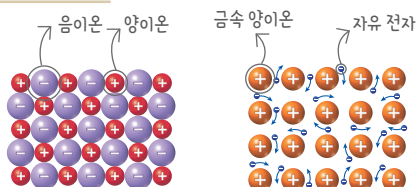
A~C는 2주기 원소이고, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 감소한다. $\rightarrow$ 원자 반지름이 $A > B > C$ 이므로 A는 2주기 15족 원소인 질소(N)이고, B는 2주기 16족 원소인 산소(O)이다.

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. 따라서 공유 전자쌍 수는 A_2 가 B_2 보다 크다.

ㄴ. 이원자 분자를 이룰 때 Ne과 같은 전자 배치를 이루는 원소는 2주기 원소인 A, B, C이다.

ㄷ. A는 원자가 전자가 5개, D는 원자가 전자가 7개이므로 A 1개는 D 3개와 각각 단일 결합을 형성한다. 따라서 이 화합물의 공유 전자쌍 수는 3이다.

03 품공 문제 분석



(가) 이온 결정

외부에서 힘을 가하면 이온 층이 밀리면서 같은 전하를 띤 이온들이 만나 서로 반발한다.

(나) 금속 결정

외부에서 힘을 가하면 금속이 변형되어도 자유 전자가 이동하여 금속 결합이 유지된다.

(가)는 이온 결합 물질, (나)는 금속 결합 물질의 결정이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있다.

바로알기 ㄱ. 이온 결합 물질인 (가)에서 (-)전하를 띤 입자는 음이온이고, 금속 결합 물질인 (나)에서 (-)전하를 띤 입자는 자유 전자이다.

ㄷ. 외부에서 힘을 가하면, 이온 결합 물질인 (가)는 같은 전하를 띤 입자들 사이의 반발력에 의해 부서지지만, 금속 결합 물질인 (나)는 자유 전자에 의해 금속 결합이 유지되므로 부서지지 않고 전성(펴짐성) 또는 연성(뺨힘성)이 나타난다.

04 ㄱ. A는 녹는점이 높고 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있으므로 금속 결합 물질에 해당한다.

ㄴ. C는 녹는점이 비교적 낮고 고체와 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 없으므로 공유 결합으로 이루어진 물질이며, 분자로 구성되어 있다.

바로알기 ㄷ. A는 금속 결합 물질, B는 이온 결합 물질로 A와 B는 액체 상태에서 모두 전기 전도성이 있다. A와 B에 전류를 흘려 주면 이온 결합 물질인 B의 경우 양이온은 (-)극 쪽, 음이온은 (+)극 쪽으로 이동하는 반면, 금속 결합 물질인 A의 경우 금속 양이온은 이동하지 않고 자유 전자만 (+)극 쪽으로 이동한다.

중단원 핵심 정리

182~183쪽

- ① 산소(O_2) ② 수소(H_2) ③ 염소(Cl_2) ④ 나트륨(Na)
 ⑤ 전자 ⑥ 옥텟 ⑦ 8 ⑧ 양이온 ⑨ 음이온 ⑩ 정전기적 인력
 ⑪ 개수비 ⑫ 반발력 ⑬ 고체 ⑭ 액체 ⑮ 높다 ⑯ 없다
 ⑰ 비금속 ⑱ 결합 길이 ⑲ 결합 에너지 ⑳ 없다
 ㉑ 고체 ㉒ 정전기적 인력 ㉓ 자유 전자 ㉔ 자유 전자 ㉕ 자유 전자
 ㉖ 자유 전자 ㉗ 자유 전자 ㉘ 공유 ㉙ 금속 ㉚ 높다

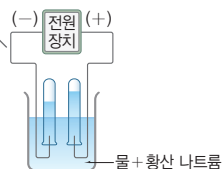
중단원 마무리 문제

184~187쪽

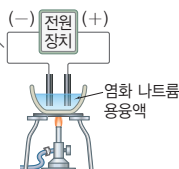
- 01 ④ 02 ③ 03 ② 04 ② 05 ⑤ 06 ⑤
 07 ③ 08 ① 09 ② 10 ④ 11 ① 12 ②
 13 해설 참조 14 해설 참조 15 해설 참조 16 해설 참조

01 품공 문제 분석

- (+)극: 물 분자가 전자를 잃어 산소(O_2) 기체가 발생한다.
- (-)극: 물 분자가 전자를 얻어 수소(H_2) 기체가 발생한다.



- (+)극: 염화 이온이 전자를 잃어 염소(Cl_2) 기체가 발생한다.
- (-)극: 나트륨 이온이 전자를 얻어 금속 나트륨(Na)이 생성된다.



A는 (-)극에서 얻어지는 고체이므로 나트륨(Na)이고, B_2 는 (-)극에서 얻어지는 기체로 원자 사이에 단일 결합으로 이루어져 있으므로 수소(H_2)이다. C_2 는 (+)극에서 얻어지는 기체로 원자 사이에 단일 결합으로 이루어져 있으므로 염소(Cl_2)이다.

ㄴ. A(Na)와 C(Cl)는 NaCl의 성분 원소이다.

ㄷ. B는 수소(H)이므로 원자가 전자가 1개이고, C는 염소(Cl)이므로 원자가 전자가 7개이다. 따라서 B와 C로 이루어진 화합물은 전자쌍을 공유하여 결합되는 공유 결합 물질이다.

바로알기 ㄱ. B는 1족 원소인 수소(H)이다.

02 품목 문제 분석

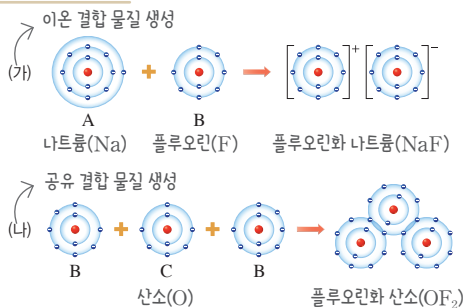
이온식	A^+	B^{2-}	C^{2+}	D^-
전자 수	10	10	18	18
원자의 전자 수	11	8	20	17
원소	나트륨(Na)	산소(O)	칼슘(Ca)	염소(Cl)

ㄱ. A와 B의 이온인 A^+ 과 B^{2-} 은 화합물이 전기적으로 중성이 되도록 2 : 1의 개수비로 결합하여 A_2B 를 생성한다.

ㄴ. 이온의 전하량은 A와 D의 화합물보다 B와 C의 화합물이 더 크다. 따라서 이온 사이의 거리가 비슷할 경우 녹는점은 A와 D의 화합물보다 B와 C의 화합물이 더 높다.

바로알기 ㄴ. C는 4주기 원소이고, D는 3주기 원소이다.

03 품목 문제 분석

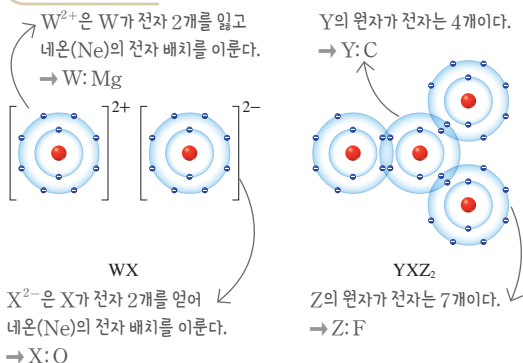


ㄴ. (가)와 (나)의 화합물에서 A~C는 모두 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이루며 옥텟 규칙을 만족한다.

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 품목 문제 분석



W^{2+} 은 W가 전자 2개를 잃고 네온(Ne)의 전자 배치를 이루므로 마그네슘 이온(Mg^{2+})이며, X^{2-} 은 X가 전자 2개를 얻어 네온(Ne)의 전자 배치를 이루므로 산화 이온(O^{2-})이다. YXZ_2 에서 각 원소가 가진 원자가 전자는 X(O)가 6개, Y가 4개, Z가 7개이므로 Y는 탄소(C), Z는 플루오린(F)이다.

ㄴ. W~Z의 원자가 전자 수는 W가 2, X가 6, Y가 4, Z가 7이므로 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 Z이다.

바로알기 ㄱ. X(O), Y(C), Z(F)는 모두 2주기 원소이지만, W(Mg)는 3주기 2족 원소이다.

ㄴ. W(Mg)와 Z(F)로 이루어진 화합물의 화학식은 WZ_2 (MgF_2)이다.

05 ㄱ. 이온 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루어 에너지가 가장 낮은 거리에서 이온 결합이 형성된다. 따라서 이온 사이의 거리가 r 일 때 Na^+ 과 Cl^- 사이의 인력과 반발력이 균형을 이루게 된다.

ㄴ. F^- 은 Cl^- 보다 이온 반지름이 작으므로 NaF이 생성될 때 이온 사이의 거리는 r 보다 작다.

ㄴ. K^+ 은 Na^+ 보다 이온 반지름이 크므로 이온 결합력은 KCl이 NaCl보다 작다. 따라서 KCl이 생성될 때 방출하는 에너지는 E 보다 작다.

06 ㄱ. AX, AY, BZ에서 양이온과 음이온은 모두 1 : 1의 개수비로 결합한다. 이온 결합 물질의 녹는점은 이온 사이의 거리가 짧을수록, 이온의 전하량이 클수록 높으므로 녹는점이 매우 높은 BZ가 AX나 AY에 비해 이온의 전하량이 큼을 알 수 있다. 따라서 전하량은 B 이온이 A 이온보다 크다.

ㄴ. AX와 AY에서 이온 사이의 거리가 $AX < AY$ 이므로 원자 반지름은 $X < Y$ 이다. X와 Y는 이온의 전하가 같으므로 같은 족 원소이고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 커진다. 따라서 Y가 X보다 원자 번호가 크므로 바닥상태에서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 Y가 X보다 크다.

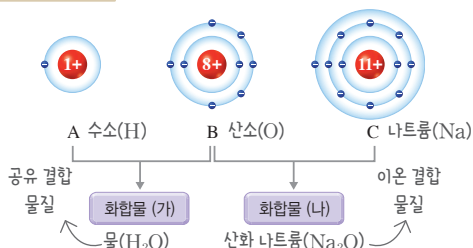
ㄴ. AX와 BZ는 이온 사이의 거리가 $AX < BZ$ 인데, 녹는점은 BZ가 훨씬 높다. 이것은 BZ를 이루는 이온의 전하량이 AX를 이루는 이온의 전하량보다 크기 때문이다.

07 ㄱ. 결합 에너지는 공유 결합이 형성되는 과정에서 에너지가 가장 낮은 지점에서의 에너지에 해당하므로 H_2 는 436 kJ/mol이고, Cl_2 는 242 kJ/mol이다. 따라서 결합 에너지는 H_2 가 Cl_2 보다 크다.

ㄴ. 결합 길이는 두 원자가 공유 결합을 이룰 때 두 원자핵 사이의 거리에 해당하므로 H_2 는 74 pm이고, Cl_2 는 199 pm이다. 따라서 결합 길이는 H_2 가 Cl_2 보다 짧다.

바로알기 ㄴ. 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 품공 문제 분석



ㄱ. (나)는 이온 결합 물질로 액체 상태에서 전기 전도성이 있다.
바로알기 ㄴ. (가)는 비금속 원소인 A와 B가 결합한 물질이므로 공유 결합으로 이루어진 물질이며, (나)는 비금속 원소인 B와 금속 원소인 C가 결합한 물질이므로 이온 결합으로 이루어진 물질이다.
 ㄷ. 분자 결정으로 이루어진 (가)의 녹는점은 이온 결정으로 이루어진 (나)의 녹는점보다 낮다.

09 품공 문제 분석

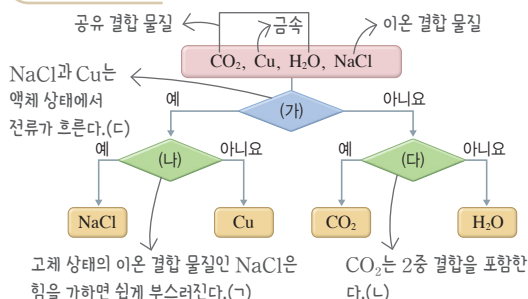
→ A, B, C, E는 비금속 원소이다.

주기	족	1	2	13	14	15	16	17	18
1		①H							
2							②B	③C	
3		④Na						⑤Cl	
4			⑥Ca						

→ D, F는 금속 원소이다.

ㄴ. B(O)와 C(F)의 이온 반지름의 크기는 비슷하며, D₂B(Na₂O)는 전하가 +1인 양이온과 -2인 음이온 사이의 이온 결합 물질이고, DC(NaF)는 전하가 +1인 양이온과 -1인 음이온 사이의 이온 결합 물질이므로 D₂B가 DC보다 이온 사이의 정전기적 인력이 커서 녹는점이 더 높다.
바로알기 ㄱ. A(H)와 B(O)로 이루어진 화합물은 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.
 ㄷ. E(Cl)와 F(Ca)가 결합하여 Fe₂(CaCl₂)를 생성할 때 F는 전자 2개를 잃어 양이온이 되고, E는 전자 1개를 얻어 음이온이 되므로 전자는 F에서 E로 이동한다.

10 품공 문제 분석



11 A~E의 원자 번호는 각각 6, 8, 9, 11, 12이므로 A~E는 각각 탄소(C), 산소(O), 플루오린(F), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg) 중 하나이다. 이때 AD₂, DE₂는 모두 공유 결합으로 이루어져 있으므로 각각 CO₂, OF₂이고, BD, CE는 B와 D, C와 E가 각각 1 : 1의 개수비로 결합한 화합물이므로 BD는 MgO, CE는 NaF이다. 따라서 A는 탄소(C), B는 마그네슘(Mg), C는 나트륨(Na), D는 산소(O), E는 플루오린(F)이다.

ㄱ. B와 C는 각각 마그네슘과 나트륨이므로 ㉠은 '금속 결합'이다.

바로알기 ㄴ. 원자 번호가 가장 큰 원소는 마그네슘(Mg)인 B이다.

ㄷ. BD(MgO)와 CE(NaF)는 이온 결합 물질이므로 고체 상태에서 전기 전도성이 없다.

12 품공 문제 분석

물질	녹는점(°C)	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

(가)는 이온 결정, (나)는 금속 결정이다.

ㄴ. B는 금속 결합 물질이므로 자유 전자가 존재하고, 이 자유 전자가 열에너지를 전달하므로 열 전도성이 크다.

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, F는 2주기 원소이고, Cl는 3주기 원소이므로 이온 반지름이 Cl⁻ > F⁻ 이기 때문이다.

(2) KCl은 전하가 +1인 양이온과 -1인 음이온으로 이루어져 있고, MgO는 전하가 +2인 양이온과 -2인 음이온으로 이루어져 있다. 또, KCl의 성분 원소는 3주기와 4주기 원소이며, MgO의 성분 원소는 2주기와 3주기 원소이다. 따라서 MgO는 KCl에 비해 이온의 전하량이 크고, 이온 사이의 거리가 짧으므로 정전기적 인력이 커서 이온 결합이 형성될 때 방출하는 에너지인 E의 크기가 더 크다.

채점 기준		배점
(1)	이온 반지름으로 r ₀ 의 크기를 옳게 비교하여 서술한 경우	50 %
	이온 반지름은 비교하지 않고 r ₀ 의 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 WXY에서 원자가 전자는 W가 7개, X가 5개, Y가 6개이므로 W, X, Y는 각각 플루오린(F), 질소(N), 산소(O)이다.

ZYW에서 Z는 전자 1개를 잃고 양이온인 Z^+ 이 되므로 리튬(Li)이고, YW^- 은 OF^- 이다.

(1) WXY(FNO)는 공유 결합 물질, ZYW(LiOF)는 이온 결합 물질이다.

(2) Z(Li)는 전자 1개를 잃고 양이온인 $Z^+(Li^+)$ 이 되고, Y(O)는 전자 2개를 얻어 음이온인 $Y^{2-}(O^{2-})$ 이 되어 결합하므로 화학식은 Z_2Y 이다.

모범답안 (1) ZYW, ZYW는 이온 결합 물질로 액체 상태에서 각 전하를 띠는 이온이 자유롭게 움직일 수 있기 때문이다.

(2) (가) Z_2Y (나) 이온 결합

채점 기준	배점
(1) 화합물을 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
화합물만 옳게 고른 경우	20 %
(2) (가)와 (나)를 모두 옳게 쓴 경우	50 %
(가)와 (나) 중 1가지만 옳게 쓴 경우	20 %

15 **모범답안** MgO, MgO은 이온 사이의 거리가 가장 짧고, 이온의 전하량이 커서 정전기적 인력이 가장 크기 때문이다.

채점 기준	배점
MgO을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
MgO만 쓴 경우	40 %

16 (가)는 공유 결합, (나)는 금속 결합, (다)는 분자 결합, (라)는 이온 결합의 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.

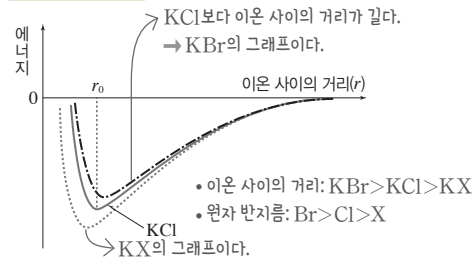
채점 기준	배점
(1) 화학 결합의 종류를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
옳게 쓴 화학 결합의 종류당 부분 배점	10 %
(2) 결합을 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	30 %
결정만 옳게 고른 경우	10 %
(3) 결합을 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	30 %
결정만 옳게 고른 경우	10 %

수능 실전 문제

189~191쪽

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

01 품공 문제 분석



선택지 분석

㉠ 원자 반지름은 Cl가 X보다 크다.

㉡ 녹는점은 KX가 KCl보다 높다.

㉢ KCl에서 K^+ 의 이온 반지름은 $\frac{r_0}{2}$ 이다. $\frac{r_0}{2}$ 가 아니다

전략적 풀이 ① 그래프에서 이온 사이의 거리로부터 원자 반지름과 이온 반지름을 비교한다.

㉠. 이온 사이의 거리가 $KCl > KX$ 이므로 원자 반지름은 $Cl > X$ 이다.

㉡. KCl을 이루는 K^+ 과 Cl^- 의 크기는 같지 않으므로 K^+ 의 이온 반지름은 $\frac{r_0}{2}$ 가 아니다.

② 이온 사이의 거리로부터 녹는점을 비교한다.

㉢. KX는 KCl과 이온의 전하량이 같고 이온 사이의 거리가 더 짧으므로 정전기적 인력이 더 크다. 정전기적 인력이 클수록 이온 결합력이 커 녹는점이 높으므로 녹는점은 KX가 KCl보다 높다.

02 품공 문제 분석

- W~Z는 각각 O, F, Na, Mg 중 하나이다.
- 각 원자의 이온은 모두 Ne의 전자 배치를 갖는다.
- W와 X는 3주기 원소이다. → W, X는 각각 Na, Mg 중 하나이다.
- W와 Z는 1 : 2의 개수비로 결합하여 안정한 화합물을 생성한다. → W: Mg, Z: F

선택지 분석

㉠ X는 Na이다.

㉡ 이온 결합력은 X_2Y 가 K_2Y 보다 크다.

㉢ Y와 Z로 이루어진 안정한 화합물은 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. 공유 결합 물질
없다

전략적 풀이 ① 2주기와 3주기 원소로 구분한 후, W와 Z의 결합비로부터 각 원소의 종류를 파악한다.

㉠. W와 X는 3주기 원소이므로 각각 Na와 Mg 중 하나이고, W와 Z는 1 : 2의 개수비로 결합하여 안정한 화합물을 생성하므로 W는 2족 원소인 Mg이다. 따라서 Z는 17족 원소인 F이고, X는 Na이므로 Y는 O이다.

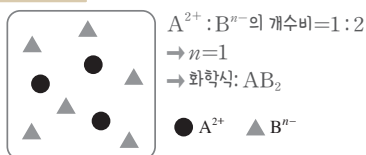
② X와 K의 이온 반지름을 비교하여 X_2Y 와 K_2Y 의 이온 결합력을 비교한다.

ㄴ. X는 3주기 1족 원소인 나트륨(Na)이고, 칼륨(K)은 4주기 1족 원소이므로 이온 반지름은 Na^+ 이 K^+ 보다 작고, 이온 사이의 거리는 $X_2Y(Na_2O)$ 가 $K_2Y(K_2O)$ 보다 짧다. 이온 사이의 거리가 짧을수록 이온 결합력이 크므로 이온 결합력은 $X_2Y(Na_2O)$ 가 $K_2Y(K_2O)$ 보다 크다.

③ Y와 Z로 이루어진 안정한 화합물의 결합 종류로부터 액체 상태의 전기 전도성을 파악한다.

ㄷ. Y와 Z로 이루어진 안정한 화합물($YZ_2(OF_2)$ 등)은 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

03 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ B는 3주기 17족 원소이다.
- ㉡ 이 물질의 화학식은 AB_2 이다.
- ㉢ 이 물질이 고체 상태일 때 외부에서 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.

전략적 풀이 ① A^{2+} 과 B^{n-} 의 전자 배치와 수용액에서의 이온의 개수비로부터 A, B가 어떤 원소인지 파악한다.

ㄱ. A^{2+} 은 네온(Ne)의 전자 배치를 이루므로 A는 3주기 2족 원소인 마그네슘(Mg)이다. 또, A^{2+} 과 B^{n-} 은 1 : 2의 개수비로 결합하므로 $n=1$ 이고, B^{n-} 은 아르곤(Ar)의 전자 배치를 이루므로 B는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.

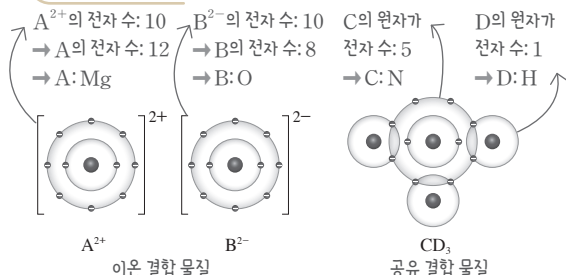
② A^{2+} 과 B^{n-} 의 개수비로부터 화합물의 화학식을 구한다.

ㄴ. A^{2+} 과 B^{n-} 은 1 : 2의 개수비로 결합하므로 화학식은 AB_2 이다.

③ 이온 결합 물질의 성질을 파악한다.

ㄷ. 이 물질은 이온 결합 물질이므로 고체 상태일 때 외부에서 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.

04 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ B와 C는 같은 주기 원소이다.
- ㉡ 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 화합물은 AB이다.
- ㉢ B와 D로 이루어진 화합물은 이온 사이의 정전기적 인력에 의해 생성된다.

전략적 풀이 ① 화합물의 전자 배치로부터 A~D가 각각 어떤 원소인지 파악한다.

ㄱ. A는 전하가 +2인 양이온, B는 전하가 -2인 음이온으로 네온(Ne)의 전자 배치를 이루므로 A는 3주기 2족 원소인 마그네슘(Mg)이고, B는 2주기 16족 원소인 산소(O)이다. C는 D와 전자쌍 3개를 공유하며 결합하므로 2주기 15족 원소인 질소(N)이고, D는 전자쌍 1개를 공유하며 결합하므로 1주기 1족 원소인 수소(H)이다.

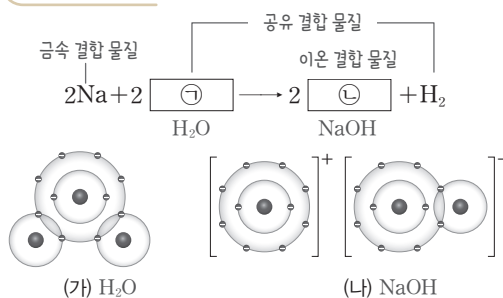
② 화합물 AB와 CD_3 의 결합 종류로부터 액체 상태에서의 전기 전도성을 파악한다.

ㄴ. AB는 이온 결합 물질이고, CD_3 는 공유 결합 물질이다. 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 화합물은 이온 결합 물질에 해당하므로 AB이다.

③ B와 D를 금속 원소 또는 비금속 원소로 구분하고, 이 두 원소가 결합할 때 어떤 화학 결합을 하는지 파악한다.

ㄷ. B(O)와 D(H)는 모두 비금속 원소이므로 결합할 때 전자쌍을 공유하는 공유 결합을 한다. 이온 사이의 정전기적 인력에 의한 결합은 이온 결합이다.

05 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ ㉠과 ㉡ 중 액체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 ㉡이다.
- ㉢ ㉡에서 모든 원소는 Ne의 전자 배치를 이룬다.
- ㉣ 반응물과 생성물 중 고체 상태에서 전성(퍼짐성)이 있는 것은 Na뿐이다.

전략적 풀이 ① 화학 반응식을 완성하여 ㉠과 ㉡을 파악하고, 그 중 이온 결합 물질을 고른다.

ㄱ. 나트륨과 물이 반응하면 수소(H_2) 기체가 발생하며, 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 ㉠은 H_2O , ㉡은 $NaOH$ 이다.

액체 상태에서 전기 전도성이 있는 물질은 이온 결합 물질에 해당하는 ㉢($NaOH$)이다.

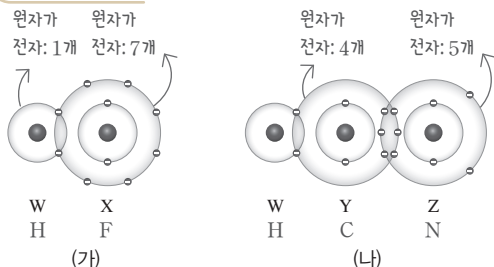
㉣ (나)의 전자 배치에서 각 원소의 전자 배치가 어떤 비활성 기체와 같은지 파악한다.

ㄴ. ㉢($NaOH$)에서 나트륨(Na)과 산소(O)는 네온(Ne)의 전자 배치를 이루지만, 수소(H)는 헬륨(He)의 전자 배치를 이룬다.

㉤ Na , H_2O , $NaOH$, H_2 각각의 결합의 종류를 파악한다.

ㄷ. 반응물과 생성물 중 고체 상태에서 전성(퍼짐성)이 있는 물질은 금속 결합 물질인 Na 뿐이다.

06 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ W~Z 중 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 X이다.
- ㉡ 공유 전자쌍 수는 Z_2 가 W_2 의 3배이다.
- ㉢ (가)와 (나)는 모두 공유 결합 물질이다.

전략적 풀이 ① 화합물의 전자 배치로부터 W~Z가 각각 어떤 원소인지 파악한 후, 원자가 전자 수를 비교한다.

(가)에서 W와 X는 전자쌍 1개를 공유하므로 W는 수소(H), X는 플루오린(F)임을 알 수 있다. 또, (나)에서 Y와 Z는 각각 전자쌍 4개, 3개를 공유하므로 Y는 탄소(C), Z는 질소(N)임을 알 수 있다.

ㄱ. 원자가 전자는 W(H)가 1개, X(F)가 7개, Y(C)가 4개, Z(N)가 5개이므로 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 X이다.

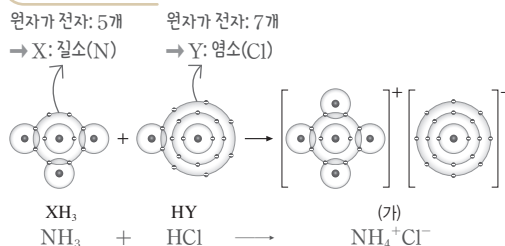
㉡ W와 Z의 원자가 전자 수를 이용하여 W_2 와 Z_2 의 화학 결합 과정 및 전자 배치를 파악한다.

ㄴ. 원자가 전자는 W가 1개, Z가 5개이므로 $W_2(H_2)$ 는 단일 결합을, $Z_2(N_2)$ 는 3중 결합을 형성한다. 따라서 공유 전자쌍 수는 Z_2 가 W_2 의 3배이다.

㉤ (가)와 (나)의 전자 배치로부터 화합물의 결합의 종류를 파악한다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 전자쌍을 공유하며 안정한 화합물을 생성하므로 공유 결합 물질이다.

07 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (가)에서 Y는 옥텟 규칙을 만족한다.
- ㉡ X_2 에는 다중 결합이 있다.
- ㉢ X와 Y로 이루어진 안정한 화합물은 이온 결합 물질이다.

전략적 풀이 ① (가)의 모형에서 Y^- 의 전자 배치로부터 옥텟 규칙의 만족 여부를 파악한다.

ㄱ. X는 2주기 원소로 원자가 전자가 5개인 질소(N)이고, Y는 3주기 원소로 원자가 전자가 7개인 염소(Cl)이다. XH_3 와 HY 가 결합하여 생성된 (가)는 NH_4^+ 과 Y^- 이 이온 결합에 의해 생성된 화합물이다. 따라서 (가)에서 Y(Cl)는 전자를 1개 얻어 음이온이 되면서 옥텟 규칙을 만족한다.

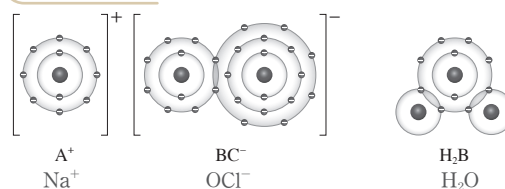
㉡ X의 원자가 전자 수를 이용하여 X_2 의 결합 과정 및 전자 배치를 파악한다.

ㄴ. X(N)는 원자가 전자가 5개이므로 X와 X는 서로 전자쌍 3개를 공유하며 결합한다. 따라서 X_2 에는 다중 결합인 3중 결합이 있다.

㉤ X와 Y를 금속 원소 또는 비금속 원소로 구분하고, 이 두 원소가 결합할 때 어떤 화학 결합을 하는지 파악한다.

ㄷ. X(N)와 Y(Cl)는 모두 비금속 원소이므로 서로 전자쌍을 공유하며 결합하여 공유 결합 물질을 생성한다.

08 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 전기 전도성은 A(s)가 ABC(s)보다 크다.
- ㉡ H_2 와 C_2 의 공유 전자쌍 수는 같다.
- ㉢ 화합물 AC와 HC의 화학 결합의 종류는 같다. 다르다

전략적 풀이 ① 화합물의 전자 배치로부터 A~C가 각각 어떤 원소인지 파악한 후, A와 ABC의 결합의 종류를 파악한다.

A⁺이 네온(Ne)과 같은 전자 배치를 이루므로 A는 3주기 1족 원소인 나트륨(Na)이고, B와 C는 전자쌍 1개를 공유하여 전하가 -1인 음이온을 형성하므로 B는 2주기 16족 원소인 산소(O), C는 3주기 17족 원소인 염소(Cl)이다.

ㄱ. 고체 상태에서 전기 전도성이 나타나는 물질은 금속 결합 물질이므로 A(s)의 전기 전도성은 이온 결합 물질인 ABC(s)보다 크다.

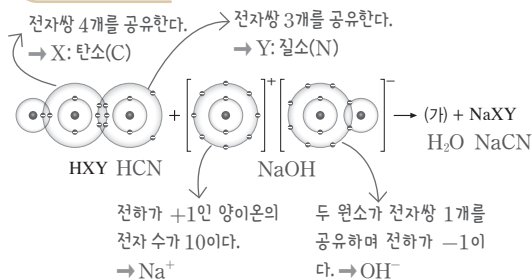
㉔ H와 C의 원자가 전자 수를 이용하여 H₂와 C₂의 전자 배치를 파악한다.

ㄴ. C(Cl)은 원자가 전자가 7개이므로 두 C 원자는 전자쌍 1개를 공유하며 이원자 분자를 생성한다. 따라서 H₂와 C₂의 공유 전자쌍 수는 1로 같다.

㉕ 화합물 AC와 HC의 결합의 종류를 파악한다.

ㄷ. 화합물 AC(NaCl)는 이온 결합 물질, HC(HCl)는 공유 결합 물질로 화학 결합의 종류는 같지 않다.

09 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉔ (가)는 공유 결합 물질이다.
~~X~~ HXY는 액체 상태에서 전기 전도성이 있다. HCN (공유 결합 물질)
 ㉕ NaXY(s)는 외부에서 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.

전략적 풀이 ① 화합물의 전자 배치로부터 X, Y가 각각 어떤 원소인지 파악한 후, 화학 반응식을 완성한다.

HXY에서 X는 전자쌍 4개를 공유하고, Y는 전자쌍 3개를 공유하므로 X는 2주기 14족 원소인 탄소(C)이고, Y는 2주기 15족 원소인 질소(N)이다. 나머지 반응물은 이온 결합 물질이며, 양이온은 3주기 1족 원소인 나트륨(Na)이 전자 1개를 잃고 형성된 Na⁺이고, 음이온은 두 원소가 전자쌍 1개를 공유하며 전하가 -1이므로 수산화 이온(OH⁻)이다.

ㄱ. 화학 반응식은 HCN + NaOH → H₂O + NaCN이다. 따라서 (가)는 H₂O이므로 공유 결합 물질에 해당한다.

㉔ HXY와 NaXY의 결합의 종류를 알고, 각각의 성질을 파악한다.

ㄴ. HXY(HCN)는 공유 결합 물질이므로 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

ㄷ. NaXY(NaCN)는 이온 결합 물질이므로 NaXY(s)는 외부에서 힘을 가하면 부스러지기 쉽다.

10 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉔ AB는 공유 결합 물질이다.
 ㉕ B와 D는 같은 주기 원소이다.
 ㉖ C(s)는 외부에서 힘을 가하면 전성(취침성)이 나타난다.

전략적 풀이 ① 화합물의 전자 배치로부터 A~D가 각각 어떤 원소인지 파악한 후, AB의 결합의 종류를 파악한다.

C는 전자 1개를 잃고, B는 전자 1개를 얻어 각각 네온(Ne)의 전자 배치를 이루므로 C는 나트륨(Na), B는 플루오린(F)임을 알 수 있다. 또, D는 2개의 A와 각각 전자쌍 1개씩 총 2개를 공유하므로 D는 산소(O), A는 수소(H)임을 알 수 있다. 따라서 AB는 HF이고, CDA는 NaOH이다.

ㄱ. AB(HF)는 비금속 원소가 전자쌍을 공유하며 생성된 화합물이므로 공유 결합 물질이다.

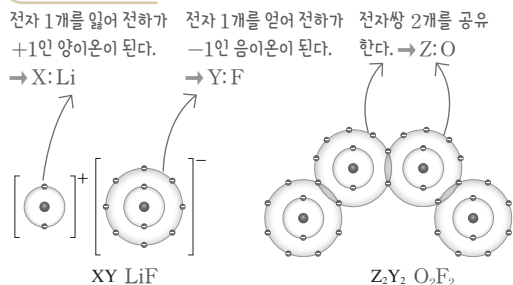
㉔ B와 D의 주기를 파악한다.

ㄴ. B(F)와 D(O)는 모두 2주기 원소이다.

㉕ C의 결합의 종류를 파악한다.

ㄷ. C(Na)는 금속 결합 물질이므로 C(s)는 외부에서 힘을 가하면 전성(취침성)이 나타난다.

11 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉔ X~Z는 모두 같은 주기 원소이다.
~~X~~ 공유 전자쌍 수는 Y₂가 Z₂의 2배이다.
~~X~~ X와 Z가 결합하여 안정한 화합물을 생성할 때 화학식은 XZ₂이다.

전략적 풀이 ① 화합물의 전자 배치로부터 X~Z가 각각 어떤 원소인지 파악한 후, 각 원소의 주기를 파악한다.

X는 전자 1개를 잃어 전하가 +1인 양이온을 형성하므로 리튬(Li)임을 알 수 있고, Y는 전자 1개를 얻어 전하가 -1인 음이온을 형성하므로 플루오린(F)임을 알 수 있다. 또, Z는 전자쌍 2개를 공유하며 결합하므로 산소(O)이다.

ㄱ. X~Z는 모두 2주기 원소이므로 같은 주기 원소이다.

㉔ Y와 Z의 원자가 전자 수를 고려하여 Y_2 와 Z_2 의 공유 전자쌍 수를 파악한다.

ㄴ. Y(F)의 원자가 전자는 7개이므로 $Y_2(F_2)$ 의 공유 전자쌍은 1개이고, Z(O)의 원자가 전자는 6개이므로 $Z_2(O_2)$ 의 공유 전자쌍은 2개이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 Z_2 가 Y_2 의 2배이다.

㉕ X와 Z를 금속 원소 또는 비금속 원소로 구분하고, 원자가 전자 수를 고려하여 안정한 화합물의 화학식을 파악한다.

ㄷ. X의 원자가 전자는 1개, Z의 원자가 전자는 6개이다. 따라서 X(Li)와 Z(O)가 결합하여 안정한 화합물을 생성할 때 X는 전하가 +1인 양이온, Z는 전하가 -2인 음이온으로 결합하므로 화학식은 $X_2Z(Li_2O)$ 이다.

12 품공 문제 분석

물질	A	B	C	D
녹는점(°C)	802	996	-210	-219
끓는점(°C)	1413	1704	-196	-183
전기 전도성	고체 없음	고체 없음	액체 없음	액체 없음
물질의 종류	이온 결합 물질	공유 결합 물질		

선택지 분석

- ㄱ 고체 상태인 A에 힘을 가하면 부서지기 쉽다.
 ✕ B와 C는 반대 전하를 띤 이온 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 물질이다. A와 B
 ㄷ C와 D는 전자쌍을 공유하며 옥텟 규칙을 만족하는 물질이다.

전략적 풀이 ① 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.

② 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 부서진다.

ㄴ. 반대 전하를 띤 이온 사이의 정전기적 인력에 의해 결합된 물질은 이온 결합 물질인 A와 B이다.

ㄷ. 공유 결합 물질인 C와 D는 전자쌍을 공유하며 옥텟 규칙을 만족한다.

2 분자의 구조와 성질

1 결합의 극성

개념 확인 문제

197쪽

- ① 전기 음성도 ② 유효 핵전하 ③ 원자 반지름 ④ 무극성 공유 결합 ⑤ 극성 공유 결합 ⑥ 무극성 공유 ⑦ 극성 공유 ⑧ 이온 ⑨ 쌍극자 모멘트 ⑩ 전하량 ⑪ 무극성 공유 ⑫ 극성 공유

- 1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ 2 (1) $\overset{\delta^-}{\text{C}}-\overset{\delta^+}{\text{H}}$ (2) $\overset{\delta^+}{\text{C}}-\overset{\delta^-}{\text{N}}$
 (3) $\overset{\delta^+}{\text{O}}-\overset{\delta^-}{\text{F}}$ 3 ③ 4 (가) ㄴ, ㄷ (나) ㄱ 5 (가) 극성 공유 결합 (나) 무극성 공유 결합 (다) 이온 결합 6 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

1 (1) 플루오린(F)은 공유 전자쌍을 끌어당기는 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) 극성 공유 결합으로 이루어진 물질에서 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

(4) 같은 원소로 이루어진 이원자 분자는 전기 음성도 차이가 없으므로 무극성 공유 결합을 하고 있다.

(5) 전기 음성도가 서로 다른 두 원자 사이에서는 공유 전자쌍이 한 원자 쪽으로 치우치므로 결합의 극성이 나타난다.

2 전기 음성도가 큰 원자는 부분적인 음전하(δ^-)를, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

3 결합한 두 원자의 전기 음성도 차이가 클수록 공유 결합의 극성이 커진다.

4 극성 공유 결합은 전기 음성도가 서로 다른 원자 사이의 결합이고, 무극성 공유 결합은 전기 음성도가 같은 원자 사이의 결합이다. 따라서 (가)는 서로 다른 원자 사이의 결합으로 이루어진 ㄴ과 ㄷ에 해당되고, (나)는 서로 같은 원자 사이의 결합으로 이루어진 ㄱ에 해당된다.

5 (가)는 서로 다른 원자 사이의 결합으로 두 원자가 각각 부분적인 전하를 띠므로 극성 공유 결합이다. (나)는 같은 원자 사이의 결합으로 결합이 극성을 띠지 않으므로 무극성 공유 결합이다. (다)는 전기 음성도 차이가 매우 커서 한 원자에서 다른 원자로 전자가 완전히 이동하여 형성되는 이온 결합이다.

- 6** (1) 쌍극자 모멘트는 전하량과 두 전하 사이의 거리를 곱한 값이며, 단위는 C·m 또는 D(debye)이다.
 (2) 무극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트 값은 0이다.
 (3) 극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트 값이 클수록 대체로 결합의 극성이 크다.
 (4) 두 원자의 전하량과 두 전하 사이의 거리를 곱한 값이 클수록 쌍극자 모멘트 값이 크다.

200쪽

**완자별
비법 특강**

Q1 (가) $\text{Li} \cdot$ (나) $\cdot \text{B} \cdot$ (다) $\cdot \ddot{\text{N}} \cdot$ (라) $:\ddot{\text{F}}:$ (마) $\cdot \text{Mg} \cdot$
 (바) $\cdot \ddot{\text{Si}} \cdot$ (사) $:\ddot{\text{S}}:$

Q2 (가) $:\ddot{\text{O}}::\ddot{\text{O}}:$ (나) $\text{H}:\text{C}::\text{N}:$ (다) $\text{H}:\ddot{\text{C}}:\text{H}$
 (라) 1 (마) 3 (바) 4 (사) 4 (아) 1

개념 확인 문제

201쪽

- ① 원자가 전자 ② 홀전자 ③ 공유 전자쌍 ④ 비공유 전자쌍
 ⑤ 루이스 구조

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ 2 (1) D > C > B (2) B₂: 3, D₂: 1
 (3) 공유 전자쌍 수: 2, 비공유 전자쌍 수: 2 3 ② 4 (1) 양
 (2) 극성 (3) 2 (4) 작 5 해설 참조 6 (1) ○ (2) ○ (3) ×

- 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) 원자가 전자의 홀전자는 화학 결합에 참여하여 공유 전자쌍을 형성한다.
 (4) 루이스 구조에서는 공유 전자쌍 1개를 결합선 1개로 나타낸다. 따라서 2중 결합은 결합선 2개로 나타낸다.

- 2** (1) B~D는 모두 2주기 원소이며, 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 크므로 전기 음성도는 D > C > B이다.
 (2) 화학 결합을 할 때 홀전자들이 결합에 참여하여 공유 전자쌍을 형성하므로 B₂는 3개, D₂는 1개의 공유 전자쌍을 형성한다.



(3) 화학 결합을 할 때 홀전자들이 결합에 참여하여 공유 전자쌍을 형성하므로 C는 A 2개와 각각 전자쌍 1개씩 총 2개를 공유하고, C에는 비공유 전자쌍이 2개 있다.



- 3 바로알기** ② H는 원자가 전자가 1개, Cl는 원자가 전자가 7개로 공유 전자쌍을 1개 형성하므로 HCl의 루이스 전자점식은 $\text{H}::\ddot{\text{Cl}}:$ 이다.

- 4** (1) 전기 음성도는 Y > X이므로 (가)에서 공유 전자쌍은 Y쪽으로 치우친다. 따라서 X는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띠고, Y는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.
 (2) (나)에서 X와 Z의 전기 음성도가 다르므로 X와 Z는 극성 공유 결합을 한다.
 (3) (가)는 X와 Y 사이에 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 크다.

- 5** 루이스 구조를 나타낼 때에는 공유 전자쌍은 결합선(—)으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 그대로 나타내거나 생략한다.

모범답안

분자	(가)	(나)
루이스 구조	$\begin{array}{c} \text{Y}-\text{X}-\text{Y} \\ \text{또는} \\ :\ddot{\text{Y}}-\ddot{\text{X}}-\ddot{\text{Y}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{X}=\text{Z}=\text{X} \\ \text{또는} \\ :\ddot{\text{X}}=\text{Z}=\ddot{\text{X}}: \end{array}$

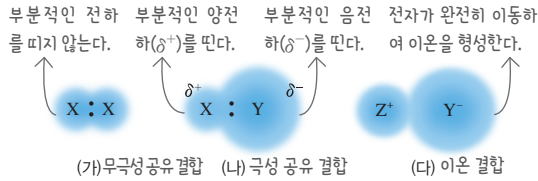
- 6** (1) 염소와 나트륨이 이온 결합할 때 나트륨 원자에서 염소 원자로 전자 1개가 이동하므로 루이스 전자점식에서는 나트륨 원자의 점 1개를 염소 원자로 옮겨 표시한다.
 (2) 염소 원자는 전자 1개를 얻어 염화 이온이 되므로 염화 이온의 루이스 전자점식은 염소 원자의 루이스 전자점식보다 점이 1개 더 많다.
 (3) 나트륨 이온과 염화 이온은 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 원자가 전자가 없다.

대표 자료 분석

202쪽

- 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) ×
자료 ② 1 Z 2 Z>Y>X 3 3, 2, 1 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

1-1 품공 문제 분석



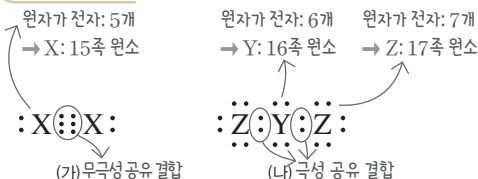
(가)는 같은 원자가 결합하였으므로 전기 음성도가 같다. (나)에서 X는 부분적인 양전하(δ⁺)를, Y는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠므로 전기 음성도는 Y > X이다. (다)에서 전자가 Z에서 Y로 완전히 이동하였으므로 전기 음성도는 Y > Z이다.

1-2 (가)는 같은 원자가 결합하여 전기 음성도가 같으므로 무극성 공유 결합이고, (나)는 서로 다른 원자가 결합하여 전기 음성도가 다르므로 극성 공유 결합이다. (다)는 양이온과 음이온의 결합이므로 이온 결합이다.

1-3 (가)는 무극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)는 극성 공유 결합이므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0보다 크다.

1-4 (1) (나)에서 X의 전하 δ⁺로 표시되어 있으므로 X는 부분적인 양전하를 띤다.
 (2) 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.
 (3) (가)는 무극성 공유 결합이고, (나)는 극성 공유 결합이므로 결합의 극성은 (나)가 (가)보다 크다.
 (4) (나)에서 Y는 X보다 전기 음성도가 크므로 공유 전자쌍이 Y 쪽으로 치우쳐 Y는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠고, X는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다. (다)에서 Y는 Z보다 전기 음성도가 매우 크므로 전자가 Z에서 Y로 완전히 이동하여 Z는 양이온이 되고, Y는 음이온이 된다. 따라서 전기 음성도는 Y > X > Z이다.
 (5) Y₂는 결합한 원자의 종류가 같으므로 무극성 공유 결합을 형성한다.

2-1 품공 문제 분석



X는 원자가 전자가 5개인 질소(N)이고, Y는 원자가 전자가 6개인 산소(O), Z는 원자가 전자가 7개인 플루오린(F)이다. 따라서 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 Z이다.

2-2 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 대체로 커지므로 전기 음성도의 크기는 Z(F) > Y(O) > X(N)이다.

2-3 X(N)의 홀전자는 3개로 X₂(N₂)는 3중 결합을 이루므로 공유 전자쌍은 3개이다. Y(O)의 홀전자는 2개로 Y₂(O₂)는 2중 결합을 이루므로 공유 전자쌍은 2개이다. Z(F)의 홀전자는 1개로 Z₂(F₂)는 단일 결합을 이루므로 공유 전자쌍은 1개이다.

2-4 (1) (가)와 (나)에서 모든 원소는 네온(Ne)의 전자 배치를 이루며 옥텟 규칙을 만족한다.
 (2) (나)에서 Z는 Y보다 전기 음성도가 크므로 Y는 부분적인 양전하(δ⁺)를, Z는 부분적인 음전하(δ⁻)를 띤다.
 (3) (가)의 결합은 같은 원자 사이의 무극성 공유 결합이므로 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)의 결합은 서로 다른 원자 사이의 극성 공유 결합이므로 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 쌍극자 모멘트는 (나)의 결합이 (가)의 결합보다 크다.
 (4) 비공유 전자쌍은 Y₂(O₂)의 경우 4개, Z₂(F₂)의 경우 6개이다.
 (5) X(N)과 Z(F)의 원자가 전자는 각각 5개, 7개이므로 X 1개는 Z 3개와 각각 단일 결합을 형성하여 안정한 화합물 XZ₃(NF₃)을 생성한다.

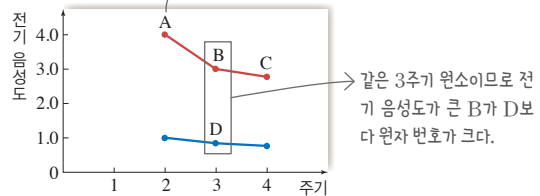
내신 만점 문제

203~206쪽

01 ⑤	02 ③	03 극성 공유 결합: (나), (다), 무극성 공유 결합: (가)	04 ②	05 ④	06 ①	07 해설 참조	08 ③
09 ④	10 ①	11 ③	12 ②	13 해설 참조	14 ③	15 ⑤	16 ③
17 ⑤	18 해설 참조	19 ③	20 ②				

01 품공 문제 분석

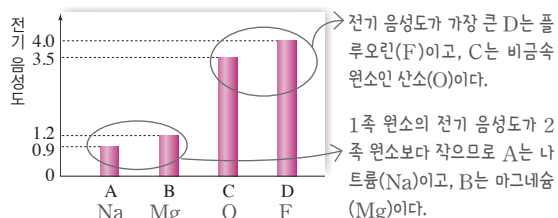
A는 전기 음성도가 4.0이고, 2주기 원소이므로 플루오린(F)이다. 따라서 B와 C도 17족 원소이다.



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 품공 문제 분석



ㄱ. A는 Na, B는 Mg이므로 A와 B는 3주기 금속 원소이다.
 ㄴ. C(O)와 D(F)의 원자가 전자는 각각 6개, 7개이므로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자는 각각 2개, 1개이다. 따라서 $C_2(O)_2$ 는 공유 전자쌍 2개, $D_2(F)_2$ 는 공유 전자쌍 1개를 형성한다.
바로알기 ㄷ. A(Na)는 금속 원소이고, D(F)는 비금속 원소이므로 두 원소로 이루어진 화합물은 이온 결합 물질이다.

03 (가)는 전기 음성도 차이가 0이므로 무극성 공유 결합이고, (나)와 (다)는 전기 음성도 차이가 0이 아니므로 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_2 는 같은 원자가 결합한 분자이므로 전기 음성도 차이가 0이다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

바로알기 ② H-Z에서 전기 음성도는 Z가 H보다 크므로 공유 전자쌍은 Z 쪽으로 치우친다. 따라서 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

05 전자 배치 모형으로 보아 X는 수소(H), Y는 질소(N), Z는 나트륨(Na)이다.

ㄴ. (나)에서 전기 음성도는 F이 Y(N)보다 크므로 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를, F는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.
 ㄷ. (다)에서 Z(Na)는 전자 1개를 잃고 양이온 $Z^+(Na^+)$ 이 되고, F는 전자 1개를 얻어 음이온 F^- 이 되므로 모든 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

바로알기 ㄱ. (가)는 HF, (나)는 NF_3 로 공유 결합 물질이고, (다)는 NaF로 이온 결합 물질이다.

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 커지고, 공유성은 작아진다.

채점 기준	배점
이온성과 공유성의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
이온성과 공유성의 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

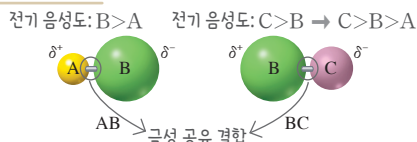
08 (가)는 무극성 공유 결합, (나)는 극성 공유 결합, (다)는 이온 결합을 나타낸 것이다.

ㄱ. (가)는 같은 원자가 결합을 형성하여 전기 음성도 차이가 없으므로 결합의 쌍극자 모멘트가 0이다.

ㄴ. (가)는 같은 원자가 공유 결합한 무극성 공유 결합이고, (나)는 서로 다른 원자가 결합한 극성 공유 결합이므로 결합의 극성은 (나)>(가)이다.

바로알기 ㄷ. (나)에서 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Cl는 부분적인 음전하(δ^-)를 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 $Cl > H > Na$ 이다.

09 품공 문제 분석



ㄴ. 극성 공유 결합에서 전기 음성도가 큰 원자가 부분적인 음전하(δ^-)를, 전기 음성도가 작은 원자가 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. AB에서 전기 음성도는 B가 A보다 크고, BC에서 전기 음성도는 C가 B보다 크므로 전기 음성도가 가장 큰 원소는 C이다.

ㄷ. A와 C로 이루어진 화합물에서 전기 음성도는 C가 A보다 크므로 부분적인 양전하(δ^+)를 띤 원자는 A이다.

바로알기 ㄱ. AB는 전기 음성도가 서로 다른 원소가 결합한 분자이므로 AB에는 극성 공유 결합만 있다.

10 X는 원자가 전자가 6개인 산소(O), Y는 원자가 전자가 7개인 플루오린(F), Z는 원자가 전자가 4개인 탄소(C)이다.

ㄱ. 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 대체로 커진다. 따라서 전기 음성도는 $Y(F) > X(O) > Z(C)$ 이다.

바로알기 ㄴ. (가)와 (나)는 모두 전기 음성도가 서로 다른 원소가 공유 결합을 이루므로 모두 극성 공유 결합만 있다.

ㄷ. (가)에서 전기 음성도는 Y(F)가 X(O)보다 크므로 X는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, (나)에서 전기 음성도는 X(O)가 Z(C)보다 크므로 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

11 ㄱ. 쌍극자 모멘트가 0인 결합이 있는 물질은 I_2 1가지이다.
ㄷ. CO_2 와 CCl_4 에서 C는 O와 Cl보다 전기 음성도가 작으므로 두 화합물 모두에서 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

바로알기 ㄴ. 극성 공유 결합이 있는 물질은 HF, CO_2 , CCl_4 의 3가지이다. KBr은 이온 결합 물질이다.

12 공공 문제 분석

루이스 전자점식	$\cdot \ddot{A} \cdot$	$\cdot \ddot{B} \cdot$	$:\ddot{C}:$
원소	붕소(B)	산소(O)	플루오린(F)
원자가 전자 수	3	6	7

ㄴ. B(O)는 원자가 전자가 6개로 옥텟 규칙을 만족하기 위해서는 전자 2개가 필요하므로 $B_2(O_2)$ 는 전자쌍 2개를 공유하여 생성된다. 이때 B_2 는 같은 원자가 결합하여 생성되므로 무극성 공유 결합을 한다.

바로알기 ㄱ. $AC_3(BF_3)$ 에서 A(B)는 C(F) 3개와 각각 전자쌍 1개씩을 공유하고, 비공유 전자쌍은 없으므로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

ㄷ. C는 플루오린(F)으로 전기 음성도가 가장 큰 원소이므로 $BC_2(OF_2)$ 에서 C(F)가 부분적인 음전하(δ^-)를 띠며, B(O)가 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

13 B(O)는 원자가 전자가 6개로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자는 2개이므로 $B_2(O_2)$ 는 전자쌍 2개를 공유하여 생성된다. C(F)는 원자가 전자가 7개로 옥텟 규칙을 만족하기 위해 필요한 전자는 1개이므로 $C_2(F_2)$ 는 전자쌍 1개를 공유하여 형성된다.

모범답안 $B_2-:\ddot{B}::\ddot{B}:$, $C_2-:\ddot{C}::\ddot{C}:$

채점 기준	배점
B_2 와 C_2 의 루이스 전자점식을 모두 옥텟 규칙을 만족하게 나타낸 경우	100 %
B_2 와 C_2 의 루이스 전자점식 중 1가지만 옥텟 규칙을 만족하게 나타낸 경우	50 %

14 ㄱ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 3, (나)가 1, (다)가 0이므로 (가)가 가장 크다.

ㄴ. 전기 음성도는 $F > N > H$ 이므로 (가)와 (나)에서 수소(H)는 모두 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

바로알기 ㄷ. (가)~(다)는 모두 전기 음성도가 서로 다른 원소가 극성 공유 결합을 하고 있으며, 무극성 공유 결합은 없다.

15 공공 문제 분석

(가)	$\cdot \ddot{X} \cdot$	$\cdot \ddot{Y} \cdot$	$:\ddot{Z}:$
원소	탄소(C)	붕소(B)	플루오린(F)
원자가 전자 수	4	3	7

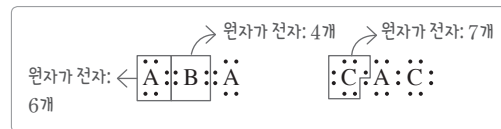
(나)	루이스 전자점식	공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
XZ_4	$\begin{array}{c} :\ddot{Z}: \\ :\ddot{Z}:\ddot{X}:\ddot{Z}: \\ :\ddot{Z}: \end{array}$	4	12
YZ_3	$\begin{array}{c} :\ddot{Z}: \\ :\ddot{Z}:\ddot{Y}:\ddot{Z}: \end{array}$	3	9
HZ	$H:\ddot{Z}:$	1	3
XH_2Z_2	$\begin{array}{c} H \\ :\ddot{Z}:\ddot{X}:\ddot{Z}: \\ H \end{array}$	4	6

ㄱ. 전기 음성도는 $Z(F) > H$ 이므로 HZ에서 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

ㄴ. 화합물에서 Z는 공유 전자쌍 1개, 비공유 전자쌍 3개를 형성한다. 따라서 (나)에서 비공유 전자쌍이 가장 많은 화합물은 Z가 가장 많이 결합된 화합물이므로 XZ_4 이다.

ㄷ. XZ_4 와 XH_2Z_2 는 공유 전자쌍 수가 4로 같다.

16 공공 문제 분석



A는 16족 원소, B는 14족 원소, C는 17족 원소이다.

ㄱ. A~C는 모두 2주기 원소이므로 원자 번호는 $C > A > B$ 이다.

ㄴ. A~C는 모두 2주기 원소이므로 두 화합물에서 모두 Ne과 같은 전자 배치를 이룬다.

바로알기 ㄷ. 공유 전자쌍 수는 BA_2 가 4, AC_2 가 2이고, 공유 전자쌍 수와 결합선의 수는 같다.

17~18 공공 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

17 ㄱ. A₂는 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.

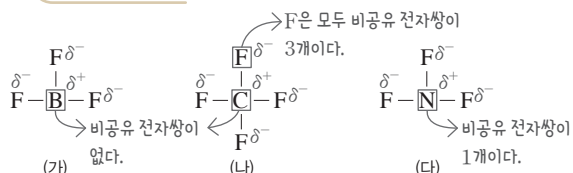
ㄷ. 화합물 CD₃에서 전기 음성도는 D>C이므로 중심 원자인 C는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

18 B는 전자 1개를 잃고 양이온(B⁺)이 되고, D는 전자 1개를 얻어 음이온(D⁻)이 되어 정전기적 인력에 의해 이온 결합을 형성한다.

모범답안 [B]⁺[$\ddot{D}$]⁻

채점 기준	배점
B와 D로 이루어진 화합물의 루이스 전자점식을 옥텟 규칙을 만족하게 나타낸 경우	100 %
B와 D로 이루어진 화합물의 루이스 전자점식을 옥텟 규칙을 만족하게 나타내지 못한 경우	0 %

19 품공 문제 분석

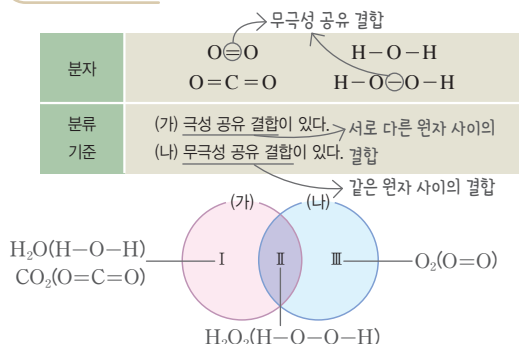


ㄱ. (가)~(다)는 모두 서로 다른 원자 사이의 공유 결합으로 되어 있으므로 극성 공유 결합 물질이다.

ㄴ. 플루오린(F)의 전기 음성도가 가장 크므로 (가)~(다)를 구성하는 중심 원자는 모두 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

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.

20 품공 문제 분석



O₂에는 무극성 공유 결합만 있고, H₂O과 CO₂에는 극성 공유 결합만 있다. H₂O₂에서 H-O 결합은 극성 공유 결합, O-O 결합은 무극성 공유 결합이다.

ㄴ. H₂O₂는 극성 공유 결합과 무극성 공유 결합이 모두 있으므로 II 영역에 속한다.

바로알기 ㄱ. I 영역에 속하는 분자는 극성 공유 결합만 있는 분자이므로 H₂O과 CO₂로 2가지이다.

ㄷ. CH₄은 전기 음성도가 서로 다른 원소가 결합하는 극성 공유 결합만 있으므로 I 영역에 속한다.

실력 UP 문제

207쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ①

01 X~Z는 모두 2주기 원소이고, X₂F₂에서 두 중심 원자 사이의 공유 전자쌍 수가 3이므로 X는 탄소(C)이고, 구조식은 F-C≡C-F이다. Y₂F₂에서 두 중심 원자 사이의 공유 전자쌍 수가 2이므로 Y는 질소(N)이고, 구조식은 F-N=N-F이다.

ㄱ. X~Z는 모두 2주기 원소에 해당하므로 Z₂F₂에서 Z는 산소(O)로 두 중심 원자 사이에 전자쌍 1개를 공유하며, 구조식은 F-O-O-F이다. 따라서 ㉠은 1이다.

ㄴ. (가)(C₂F₂)에서 비공유 전자쌍은 F에 3개씩 총 6개이다.

ㄷ. 원자가 전자 수는 X(C)가 4, Y(N)가 5, Z(O)가 6이다.

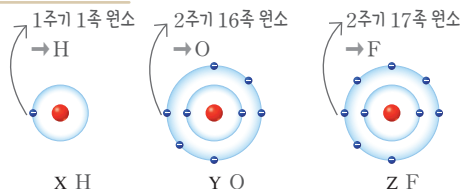
02 A~C는 1, 2주기 원소이므로 A는 원자가 전자가 1개인 수소(H), B는 원자가 전자가 6개인 산소(O), C는 원자가 전자가 4개인 탄소(C)이다.

ㄱ. A~C 중 전기 음성도가 가장 큰 원소는 산소인 B이다.

ㄷ. 공유 전자쌍 수는 A₂(H₂)가 1, B₂(O₂)가 2로 B₂가 A₂의 2배이다.

바로알기 ㄴ. (나)에는 전기 음성도가 서로 다른 원소가 결합한 극성 공유 결합만 있고, 무극성 공유 결합은 없다.

03 품공 문제 분석



분자	(가) H ₂ O	(나) HF	(다) O ₂ F ₂
구성 원소	X, Y	X, Z	Y, Z
공유 전자쌍 수	2	1	3
비공유 전자쌍 수	2	3	10

전자 배치 모형으로부터 X는 1주기 1족 원소인 수소(H), Y는 2주기 16족 원소인 산소(O), Z는 2주기 17족 원소인 플루오린(F)임을 알 수 있다. 또, 분자의 구성 원소와 공유 전자쌍 수로부터 (가)는 $X_2Y(H-O-H)$, (나)는 $XZ(H-F)$, (다)는 $Y_2Z_2(F-O-O-F)$ 에 해당함을 알 수 있다.

ㄴ. (가)의 H-O 결합, (나)의 H-F 결합, (다)의 F-O 결합은 모두 전기 음성도가 서로 다른 원소 사이의 결합이므로 (가)~(다)에는 모두 극성 공유 결합이 있다.

바로알기 ㄱ. (가)는 $X_2Y(H-O-H)$ 이므로 비공유 전자쌍은 Y(O)에 2개 있고, (나)는 $XZ(H-F)$ 이므로 비공유 전자쌍은 Z(F)에 3개 있다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. (다)의 화학식은 $Y_2Z_2(F-O-O-F)$ 이다.

04 (나)의 구성 원소가 3가지이므로 C, N, O, F으로 생성될 수 있는 분자는 $F-C\equiv N$, $O=N-F$ 2가지가 가능하며, 그 중 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 가 $\frac{1}{2}$ 인 분자 (나)는 $O=N-F$ 이다. 따라서 Z는 N이고 Y와 W는 각각 O와 F 중 하나이며, X는 C이다.

W가 O이면 (가)는 $O=C=C=O$ 이고, $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}$ 가 $\frac{6}{4} = \frac{3}{2}$ 이므로 자료에 부합하지 않는다. 따라서 W는 F이고, (가)는 $F-C\equiv C-F$ 이다.

ㄱ. W~Z 중 원자 번호가 가장 큰 원소는 플루오린(F)인 W이다.

바로알기 ㄴ. 공유 전자쌍 수는 (가)가 5, (나)가 3이다.

ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 모두 6으로 같다.

2. 분자의 구조와 성질

개념 확인 문제

210쪽

- ① 전자쌍 반발 이론 ② 비공유 ③ 공유 ④ 직선형
⑤ 평면 삼각형 ⑥ 정사면체형 ⑦ 삼각뿔형 ⑧ 굽은 형
⑨ 1

- 1 (1) × (2) × (3) ○ 2 (1) (가) > (나) > (다) (2) (가) 정사면체형 (나) 삼각뿔형 (다) 굽은 형 3 (1) ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅅ (2) ㅂ (3) ㄱ (4) ○ (5) ㅁ 4 (1) ○ (2) × (3) ○

1 (1) 전자쌍 반발 이론은 분자에서 중심 원자 주위의 전자쌍들은 가능한 한 멀리 떨어져 있으려 한다는 이론이다.

(2) 전자쌍 반발 이론에 의하면 중심 원자에 전자쌍이 4개 있는 경우 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 놓일 때 반발력이 가장 작다.

(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 정사면체형 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 직선형 구조이므로 HF와 N_2 가 직선형에 해당된다. 또, 중심 원자의 전자쌍이 2개인 $BeCl_2$ 도 직선형이고, 다중 결합은 전자쌍 1개로 취급하므로 CO_2 도 직선형에 해당된다.

(2) 굽은 형은 중심 원자의 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍이 모두 2개씩인 구조이므로 H_2O 이 해당된다.

(3) 삼각뿔형은 중심 원자의 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개인 구조이므로 NF_3 가 해당된다.

(4) 정사면체형은 중심 원자의 공유 전자쌍이 4개인 구조이므로 CH_4 이 해당된다.

(5) 평면 삼각형은 중심 원자의 공유 전자쌍이 3개인 구조이므로 BCl_3 가 해당된다.

4 (1) (가)에서 중심 원자인 Be은 원자가 전자가 2개이므로 공유 전자쌍이 2개이다.

(2) (나)의 중심 원자에는 공유 전자쌍만 3개 있으므로 (나)는 평면 삼각형 구조이다. (라)의 중심 원자에는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 (라)는 삼각뿔형 구조이다.

(3) (다)는 공유 전자쌍 4개로 이루어진 분자이고, (라)는 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개로 이루어진 분자이다. 따라서 (다)와 (라)의 중심 원자의 전체 전자쌍 수는 같다.

개념 확인 문제

214쪽

- ① 무극성 ② 같은 ③ 대칭 ④ 극성 ⑤ 다른 ⑥ 비대칭
⑦ 극성 ⑧ 무극성 ⑨ 극성 ⑩ 무극성 ⑪ 극성 ⑫ 무극성
⑬ 높

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ 2 (1) (가), (나) (2) (다) 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 4 HF, SO_2 5 CO_2 , $BeCl_2$

- 1 (1) 분자 내에 극성 공유 결합이 있더라도 대칭 구조인 경우 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되어 무극성 분자이다.
 (2) 종류가 같은 원자끼리 무극성 공유 결합을 하여 생성된 이원자 분자는 무극성 분자이다.
 (3) 비대칭 구조의 다원자 분자는 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아니므로 극성 분자이다.

2 (가)의 BF_3 는 평면 삼각형 구조이고, (나)의 CH_4 은 정사면체형 구조이며, (다)의 NH_3 는 삼각뿔형 구조이다.

- (1) 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0인 분자는 대칭 구조인 무극성 분자로, 평면 삼각형 구조인 (가)와 정사면체형 구조인 (나)가 해당된다.
 (2) 극성 분자는 비대칭 구조인 분자로, 삼각뿔형 구조인 (다)가 해당된다.

- 3 (1) 물 분자는 극성 분자로 부분적인 전하를 띠므로 물줄기에 대전체를 가까이 대면 물줄기가 대전체 쪽으로 끌려온다.
 (2) 수소는 무극성 분자이므로 전기장 속에 있을 때에도 일정한 방향으로 배열되지 않는다.
 (3) 극성 물질인 에탄올과 극성 물질인 물은 잘 섞인다.
 (4) 분자량이 비슷한 경우 분자의 극성이 클수록 녹는점과 끓는점이 높다. 따라서 극성 물질인 암모니아(NH_3)가 무극성 물질인 메테인(CH_4)보다 녹는점과 끓는점이 높다.

4 CO_2 와 O_2 는 무극성 분자이고, HF 와 SO_2 은 극성 분자이다. 기체 상태의 물질을 전기장 속에 넣었을 때 일정한 방향으로 배열되는 분자는 극성 분자이므로 HF 와 SO_2 이다.

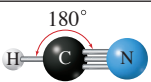
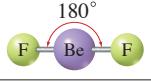
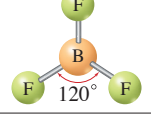
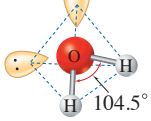
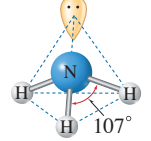
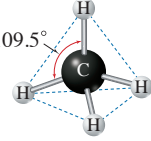
5 CO_2 와 BeCl_2 은 무극성 분자이고, H_2O 과 HCN 는 극성 분자이다. 무극성 용매에 잘 용해되는 분자는 무극성 분자이므로 벤젠에 잘 용해되는 분자는 CO_2 와 BeCl_2 이다.

대표 자료 분석

215쪽

- 자료 1** 1 해설 참조 2 (가) 직선형 (나) 직선형 (다) 평면 삼각형 (라) 굽은 형 (마) 삼각뿔형 (바) 정사면체형
 3 (가)=(나)>(다)>(바)>(마)>(라) 4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ×
자료 2 1 W: 4, X: 5, Y: 7, Z: 6 2 X_2 : 3, Y_2 : 1, Z_2 : 2
 3 극성 분자: (나), (다), 무극성 분자: (가) 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

1-1 품목 문제 분석

분자	분자식	루이스 구조	분자 모형
(가)	HCN	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$	
(나)	BeF_2	$:\ddot{\text{F}}-\text{Be}-\ddot{\text{F}}:$	
(다)	BF_3	$:\ddot{\text{F}}-\text{B}-\ddot{\text{F}}:$ $:\ddot{\text{F}}:$	
(라)	H_2O	$:\ddot{\text{O}}-\text{H}$ H	
(마)	NH_3	$\text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H}$ H	
(바)	CH_4	H $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ H	

모범답안

분자	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
공유 전자쌍 수	4	2	3	2	3	4
비공유 전자쌍 수	0	0	0	2	1	0

1-2 (가)에 있는 3중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정하므로 (가)는 직선형 구조이다.

(나)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 2개 있으므로 직선형 구조이다.

(다)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 3개 있으므로 평면 삼각형 구조이다.

(라)는 중심 원자에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형 구조이다.

(마)는 중심 원자에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형 구조이다.

(바)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 있으므로 정사면체형 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 모두 4개이다.
 (2) 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.
 (3) 다중 결합이 있는 분자는 (가)로 1가지이다.
 (4) (가), (라), (마), (바)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하고, (나)와 (다)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.
 (5) (다)는 평면 삼각형 구조이고, (마)는 삼각뿔형 구조이다.
 (6) 직선형 구조인 분자는 (가)와 (나)로 2가지이다.
 (7) 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (가), (나), (다), (라)로 4가지이다.

2-1 품공 문제 분석

	CF ₄	NF ₃	COF ₂
분자	(가)	(나)	(다)
구조식	$\begin{array}{c} \text{Y} \\ \\ \text{Y}-\text{W}-\text{Y} \\ \\ \text{Y} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Y} \\ \\ \text{Y}-\text{X}-\text{Y} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Z} \\ \\ \text{Y}-\text{W}-\text{Y} \end{array}$
비공유 전자쌍 수	3	10	8
공유 전자쌍 수	$\frac{12}{4}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{4}$
분자 구조	정사면체형	삼각뿔형	평면 삼각형
분자의 극성	무극성	극성	극성

(가)에서 W의 원자가 전자는 4개이므로 공유 전자쌍은 4개이고, 비공유 전자쌍은 12개이다. 따라서 W는 탄소(C), Y는 플루오린(F)이다. (나)에서 비공유 전자쌍이 10개이므로 X는 질소(N)이다. (다)에서 Z는 W와 2중 결합을 하므로 산소(O)이다. 따라서 원자가 전자 수는 W가 4, X가 5, Y가 7, Z가 6이다.

2-2 X₂(N₂)는 3중 결합, Y₂(F₂)는 단일 결합, Z₂(O₂)는 2중 결합을 이루므로 각각의 공유 전자쌍 수는 3, 1, 2이다.

2-3 (가)는 분자 구조가 대칭을 이루어 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 되므로 무극성 분자이고, (나)와 (다)는 분자 구조가 비대칭이어서 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아니므로 극성 분자이다.

2-4 (1) (가)에서 비공유 전자쌍은 Y(F)에 3개씩 존재하므로 총 12개이다.

(2) (가)는 중심 원자 주위에 공유 전자쌍만 4개 있는 구조로 정사면체형 구조이므로 결합각은 109.5°이다. (나)는 중심 원자 주위에 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있는 구조로 삼각뿔형 구조를 이루므로 결합각은 약 107°이다. 따라서 결합각은 (가)가 (나)보다 크다.

(3) (다)에서 비공유 전자쌍은 Y(F)에 3개씩 6개와 Z(O)에 2개 존재하므로 총 8개이며, 공유 전자쌍은 4개이다. 따라서 $\ominus$ 은 $2(=\frac{8}{4})$ 이다.

- (4) (다)는 중심 원자에 2개의 단일 결합과 1개의 2중 결합이 있으므로 분자 구조는 평면 삼각형으로, 모든 구성 원자가 동일 평면에 있다.
 (5) (가)는 무극성 분자이고, (나)와 (다)는 극성 분자이다. 극성 용매에 잘 용해되는 분자는 극성 분자이므로 (나)와 (다)이다.

내신 만점 문제

216~220쪽

- 01 ④ 02 ④ 03 해설 참조 04 ③ 05 ②, ④ 06 ③
 07 BE₄-정사면체형, CE₃-삼각뿔형, DE₂-굽은 형 08 ③
 09 ④ 10 ② 11 ③ 12 ② 13 ① 14 ③ 15 ③
 16 ③ 17 ⑤ 18 ④ 19 ③ 20 ② 21 ② 22 ⑤
 23 ③

01 ① 전자쌍 반발 이론은 중심 원자의 전자쌍 수에 따라 분자의 구조를 예측할 수 있다는 이론이다.

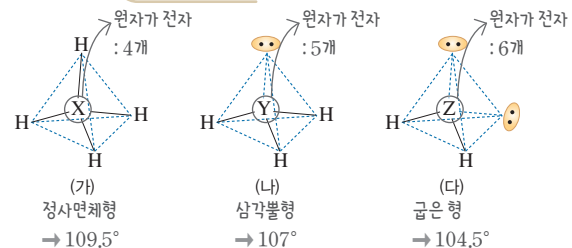
② 중심 원자에 비공유 전자쌍이 많을수록 전자쌍 사이의 반발력이 커지므로 결합각이 작아진다.

③ 2중 결합이나 3중 결합과 같은 다중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정한다.

⑤ 중심 원자에 공유 전자쌍만 3개 있는 분자의 구조는 평면 삼각형이다.

바로알기 ④ 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍에 비해 더 넓은 공간을 차지한다. 따라서 공유 전자쌍 사이의 반발력은 비공유 전자쌍 사이의 반발력보다 작다.

102~031 품공 문제 분석



02 ㄴ. (가) 정사면체형 구조의 결합각은 109.5°, (나) 삼각뿔형 구조의 결합각은 107°, (다) 굽은 형 구조의 결합각은 104.5°이므로 결합각의 크기는 (가) > (나) > (다)이다.

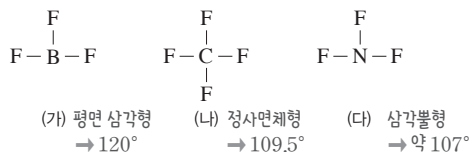
ㄷ. X~Z 모두 2주기 원소이고 원자가 전자는 X가 4개, Y가 5개, Z가 6개이므로 원자 번호는 Z > Y > X이다.

바로알기 ㄱ. (나)는 삼각뿔형 구조이므로 입체 구조이고, (다)는 굽은 형 구조이므로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 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 품고 문제 분석



ㄱ. 평면 삼각형 구조인 (가)의 결합각은 120°, 정사면체형 구조인 (나)의 결합각은 109.5°, 삼각뿔형 구조인 (다)의 결합각은 약 107°이다. 따라서 결합각은 (가)가 가장 크다.

ㄴ. (나)는 정사면체형 구조로 중심 원자에 모두 같은 원자 4개가 결합하고 있으므로 중심 원자에 있는 전자쌍 사이의 반발력 크기는 모두 같다.

바로알기 ㄷ. (가)는 평면 삼각형이므로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 평면 구조이고, (다)는 삼각뿔형이므로 입체 구조이다.

05 품고 문제 분석

화합물	(가)	(나)	(다)	(라)
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	정사면체형	삼각뿔형	굽은 형
결합각	120°	109.5°	약 107°	약 104.5°

① (가)는 평면 삼각형 구조이므로 결합각이 120°이고, (나)는 정사면체형 구조이므로 결합각이 109.5°이다. (다)는 삼각뿔형 구조이므로 결합각이 약 107°이고, (라)는 굽은 형 구조이므로 결합각이 약 104.5°이다. 따라서 결합각의 크기는 (가) > (나) > (다) > (라)이다.

③ 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 평면 삼각형 구조인 (가)와 굽은 형 구조인 (라)이다.

⑤ 한 분자에서 결합하고 있는 플루오린 원자 수는 (나) > (가) = (다) > (라)이므로 플루오린 원자 수가 가장 작은 분자는 (라)이다.

바로알기 ② (가)는 평면 삼각형 구조이고, (다)는 삼각뿔형 구조이므로 분자 구조가 서로 다르다.

④ (나)의 중심 원자에는 공유 전자쌍만 4개 있으며, 전자쌍 반발 원리에 의하면 전자쌍 4개가 정사면체의 꼭짓점에 놓일 때 반발력이 가장 작다. 따라서 (나)는 정사면체형 구조이다.

06 바로알기 ③ CO₂의 루이스 구조는 O=C=O로, 2중 결합만 2개 있다. 2중 결합은 1개의 전자쌍으로 취급하여 분자의 구조를 결정하므로 CO₂의 구조는 직선형이다.

[07~08] 품고 문제 분석

원소의 루이스 전자점식	$\cdot\dot{\text{A}}\cdot$	$\cdot\dot{\text{B}}\cdot$	$\cdot\ddot{\text{C}}\cdot$	$:\ddot{\text{D}}:$	$:\ddot{\text{E}}:$
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: BE₄

• 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: CE₃

• 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: DE₂

분자를 루이스 구조로 나타내면 분자 구조를 쉽게 알 수 있다.

중심 원자	분자식	루이스 구조	분자 구조
B	BE ₄	$\begin{array}{c} \text{E} \\ \\ \text{E}-\text{B}-\text{E} \\ \\ \text{E} \end{array}$	정사면체형
C	CE ₃	$\begin{array}{c} \text{E}-\ddot{\text{C}}-\text{E} \\ \\ \text{E} \end{array}$	삼각뿔형
D	DE ₂	$\text{E}-\ddot{\text{D}}-\text{E}$	굽은 형

08 ㄱ. B의 원자가 전자는 4개이고, D의 원자가 전자는 6개이므로 B 원자는 2개의 D 원자와 각각 2중 결합을 하여 BD₂ (D=B=D)를 생성한다. 따라서 BD₂에는 2중 결합이 2개 있다.

ㄷ. A의 원자가 전자는 1개이고, B의 원자가 전자는 4개이므로 B 원자 1개와 A 원자 4개가 전자쌍을 총 4개 공유하여 BA₄를 생성한다. 이때 BA₄의 중심 원자에는 공유 전자쌍만 4개 있으므로 BA₄의 구조는 정사면체형이며 결합각은 109.5°이다.

바로알기 ㄴ. CE₃의 중심 원자에는 공유 전자쌍이 3개 있고, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 C는 옥텟 규칙을 만족한다.

09 (가)와 (나)로 가능한 분자는 OF₂와 CO₂이며, (가)는 비공유 전자쌍이 8개이므로 OF₂이고, (나)는 비공유 전자쌍이 4개이므로 CO₂이다. 따라서 X는 F, Y는 O, Z는 C이다.

ㄴ. (나)(CO₂)는 직선형 구조이므로 결합각은 180°이다.
 ㄷ. X(F)와 Z(C)로 이루어지고 성분 원자 수가 5인 화합물은 ZX₄(CF₄)이므로 비공유 전자쌍은 X(F)에 3개씩 총 12개 있다.
바로알기 ㄱ. (가)(OF₂)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 굽은 형 구조이고, (나)(CO₂)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으므로 직선형 구조이다.

10 품공 문제 분석

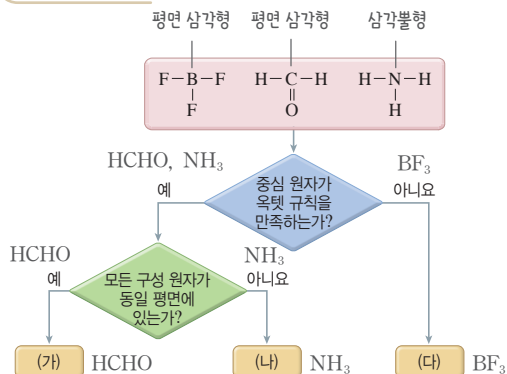
구분	루이스 구조	분자 구조
HCN	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$	직선형
CO ₂	$\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}$	직선형
NF ₃	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}-\ddot{\text{N}}-\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \end{array}$	삼각뿔형
C ₂ H ₂	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	직선형
NH ₄ ⁺	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^+$	정사면체형

ㄷ. 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하는 화합물은 HCN, CO₂, NF₃, C₂H₂, NH₄⁺이고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 화합물은 NF₃이다. 따라서 (나)와 (다)에 모두 해당하는 화합물은 NF₃이다.

바로알기 ㄱ. (가)에 해당하는 직선형 구조인 화합물은 HCN, CO₂, C₂H₂으로 3가지이다.

ㄴ. (다)에 해당하는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 화합물은 NF₃이다.

11 품공 문제 분석



BF₃에서 B 원자에는 공유 전자쌍이 3개 있으므로 B 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다. HCHO에서 C 원자에는 공유 전자쌍이 4개 있으므로 C 원자는 옥텟 규칙을 만족한다. NH₃에서 N 원자에는 공유 전자쌍이 3개, 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 N 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.

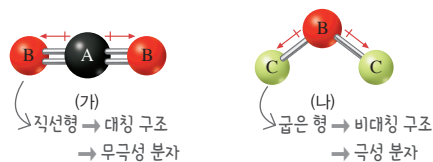
(가)는 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하고 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 평면 구조이므로 HCHO이고, (나)는 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하지만 평면 구조가 아니므로 NH₃이다. (다)는 중심 원자가 옥텟 규칙을 만족하지 않으므로 BF₃이다.

ㄱ. (가)에는 탄소(C)와 산소(O) 사이에 2중 결합이 있다.

ㄷ. 비공유 전자쌍은 (가)의 경우 산소(O)에 2개, (나)의 경우 질소(N)에 1개, (다)의 경우 플루오린(F)에 3개씩 총 9개 존재한다. 따라서 비공유 전자쌍이 가장 많은 분자는 (다)이다.

바로알기 ㄴ. (가)는 평면 삼각형 구조이므로 결합각은 약 120°, (나)는 삼각뿔형 구조이므로 결합각은 107°로 (가)가 (나)보다 크다.

12 품공 문제 분석



ㄷ. (가)의 구조는 직선형으로 대칭 구조이고, (나)의 구조는 굽은 형으로 비대칭 구조이므로 (가)에서 결합의 쌍극자 모멘트 합은 0이고, (나)에서 결합의 쌍극자 모멘트 합은 0이 아니다. 따라서 결합의 쌍극자 모멘트 합은 (나)가 (가)보다 크다.

바로알기 ㄱ. (가)는 서로 다른 원소인 A와 B가 결합하여 생성된 분자이다. 따라서 (가)에는 무극성 공유 결합이 없고, 극성 공유 결합만 있다.

ㄴ. 쌍극자 모멘트를 나타내는 화살표는 전기 음성도가 작아 부분적인 양전하를 띠는 원자에서 전기 음성도가 커 부분적인 음전하(δ⁻)를 띠는 원자 쪽으로 향한다. 따라서 (가)에서 전기 음성도는 B가 A보다 크고, (나)에서 전기 음성도는 C가 B보다 크다. 그러므로 전기 음성도는 C > B > A이다.

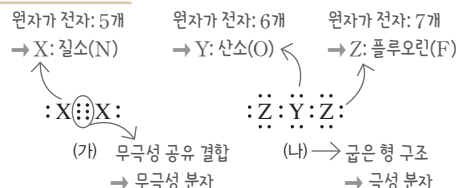
13 X~Z는 모두 2주기 원소이고 원자가 전자가 각각 5개, 6개, 7개이므로 X는 질소(N), Y는 산소(O), Z는 플루오린(F)이다.

ㄱ. X₂(N₂)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다.

바로알기 ㄴ. XZ₃(NF₃) 분자는 X(N)에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 분자 구조는 삼각뿔형이다.

ㄷ. 굽은 형 구조인 YZ₂(OF₂)의 결합각은 삼각뿔형 구조인 XZ₃(NF₃)의 결합각보다 작다.

14 품공 문제 분석

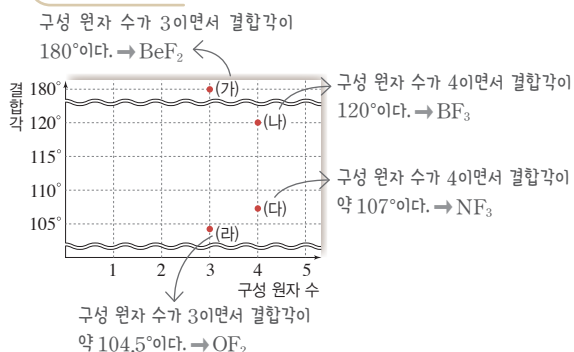


ㄱ. (가)의 경우 공유 전자쌍은 3개, 비공유 전자쌍은 X에 1개씩 총 2개이고, (나)의 경우 공유 전자쌍은 2개, 비공유 전자쌍은 Y에 2개, Z에 각각 3개씩 총 8개이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. X는 원자가 전자가 5개, Z는 원자가 전자가 7개이므로 화합물 XZ_3 은 중심 원자 X가 Z 3개와 각각 단일 결합을 하고 비공유 전자쌍이 1개 있는 삼각뿔형 구조이다.

바로알기 ㄴ. (가)는 같은 원자 사이의 결합으로만 이루어진 무극성 분자이고, (나)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있는 굽은 형 구조이므로 극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 작다.

15 품고 문제 분석



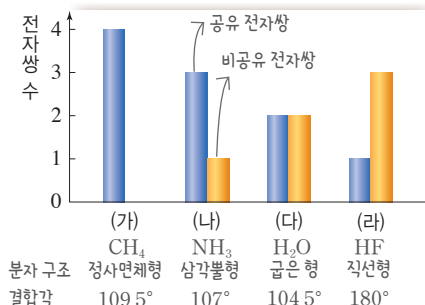
(가)는 BeF_2 , (나)는 BF_3 , (다)는 NF_3 , (라)는 OF_2 이다.

ㄱ. (가)는 직선형 구조, (나)는 평면 삼각형 구조로 분자 구조가 대칭을 이루어 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0인 무극성 분자이다. (다)는 삼각뿔형 구조, (라)는 굽은 형 구조로 분자 구조가 비대칭이어서 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 극성 분자이다.

ㄴ. (나)는 평면 삼각형 구조이므로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있다.

바로알기 ㄷ. 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍은 (다)에 1개, (라)에 2개 있으므로 (다)가 (라)보다 적다.

16 품고 문제 분석



(가)~(라)에서 ■는 공유 전자쌍, ■는 비공유 전자쌍에 해당한다. 따라서 (가)는 CH_4 , (나)는 NH_3 , (다)는 H_2O , (라)는 HF 이다.

ㄱ. (가)는 정사면체형, (나)는 삼각뿔형, (다)는 굽은 형, (라)는 직선형이다. 따라서 분자 구조가 입체 구조인 것은 (가)와 (나)이다.

ㄴ. 결합각은 (나)의 경우 107°이고, (다)의 경우 104.5°이므로 (나)가 (다)보다 크다.

바로알기 ㄷ. (가)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (라)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (라)보다 작다.

17 (가)와 (나)에서 공통적인 원소는 X이고 (가)의 경우 공유 전자쌍 수가 2이므로 OF_2 이고, (나)의 경우 공유 전자쌍 수가 4이므로 CO_2 이다. 따라서 X는 산소(O), Y는 플루오린(F), Z는 탄소(C)이다.

ㄱ. (가)(OF_2)는 중심 원자인 O에 2개의 원자가 결합되어 있고, 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 분자 구조는 굽은 형이다. (나)(CO_2)는 중심 원자인 C에 2개의 원자가 결합되어 있고, 비공유 전자쌍이 없으므로 분자 구조는 직선형이다.

ㄴ. 굽은 형 구조인 (가)의 경우 결합각이 약 104.5°이고, 직선형 구조인 (나)의 경우 결합각이 180°이다. 따라서 결합각은 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. (가)는 극성 분자이고, (나)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.

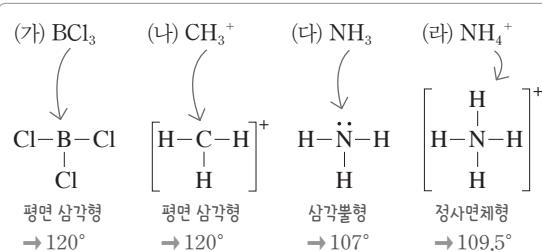
18 (가)~(다)는 중심 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하며 $\alpha < \beta$ 이므로 (가)는 $H-O-O-H$, (나)는 $O=C=O$ 이고, X는 O, Y는 C이다. 따라서 (다)는 $H-C \equiv N$ 이고, Z는 N이다.

ㄴ. (나)는 Y(C)와 X(O) 사이에 2중 결합이 있고, (다)는 Y(C)와 Z(N) 사이에 3중 결합이 있다. 따라서 다중 결합이 있는 분자는 (나)와 (다)이다.

ㄷ. (가)와 (다)는 극성 분자이고, (나)는 무극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 ㄱ. (가)는 X(O)를 중심으로 굽은 형 구조를 이루고, (나)와 (다)는 직선형 구조이다.

19 품고 문제 분석

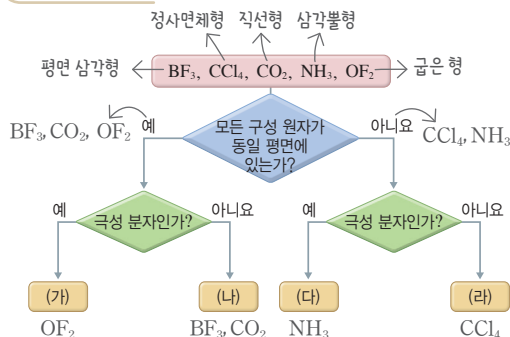


ㄱ. 중심 원자에 전자쌍이 3개 존재하는 것은 BCl_3 와 원자가 전자 1개를 잃고 수소 원자 3개와 결합하면서 전자쌍을 총 3개 공유하는 CH_3^+ 이다.

ㄷ. 분자 구조가 대칭 구조인 것은 평면 삼각형 구조인 (가)와 (나), 정사면체형 구조인 (라)로 3가지이다.

바로알기 ㄴ. (다)는 삼각뿔형 구조로 결합각은 107° 이고, (라)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 있는 정사면체형 구조로 결합각은 109.5° 이다. 따라서 결합각은 (다)가 (라)보다 작다.

20 품목 문제 분석



ㄴ. (다)에 해당하는 분자는 입체 구조이면서 극성 분자이므로 삼각뿔형 구조인 NH_3 이다. 따라서 분자의 결합각은 107° 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에 해당하는 분자는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니고, (나)에 해당하는 분자는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이다.

ㄷ. 평면 삼각형 구조인 BF_3 는 모든 구성 원자가 동일 평면에 있으면서 무극성 분자이므로 (나)에 해당한다. (라)에 해당하는 분자는 입체 구조이면서 무극성 분자이므로 정사면체형 구조인 CCl_4 이다.

21 액체 X는 대전체 쪽으로 끌려오므로 극성 물질이고, 액체 Y는 대전체 쪽으로 끌려오지 않으므로 무극성 물질이다.

ㄴ. 극성 물질과 무극성 물질은 잘 섞이지 않으므로 극성 물질인 액체 X와 무극성 물질인 액체 Y는 잘 섞이지 않는다.

바로알기 ㄱ. 액체 줄기가 대전체 쪽으로 끌려오는 X는 극성 분자이다.

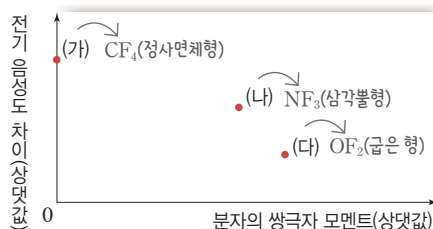
ㄷ. Y는 무극성 분자이므로 기체 상태의 Y를 전기장 속에 넣어도 일정한 방향으로 배열되지 않는다.

22 ㄱ. 무극성 물질인 I_2 를 넣었을 때 CCl_4 와 C_6H_{14} 층만 보라색으로 변한 것으로 보아 CCl_4 와 C_6H_{14} 는 무극성 물질이고, H_2O 는 극성 물질임을 알 수 있다. 따라서 무극성 물질은 2가지이다.

ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트는 극성 물질인 H_2O 이 무극성 물질인 CCl_4 보다 크다.

ㄷ. 3가지 액체를 섞으면 무극성 물질인 CCl_4 와 C_6H_{14} 는 서로 섞이고, 물은 섞이지 않아 2개의 층으로 분리된다.

23 품목 문제 분석



(가)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 무극성 분자인 XF_4 (CF_4)이다. 구성 원소의 전기 음성도 차이는 (나)가 (다)보다 크고, 쌍극자 모멘트는 (다)가 (나)보다 크므로 (나)는 YF_3 (NF_3), (다)는 ZF_2 (OF_2)이다.

ㄱ. (가)는 정사면체형, (나)는 삼각뿔형 구조이므로 (가)와 (나)는 입체 구조이다.

ㄴ. (가)는 무극성 분자, (다)는 극성 분자이므로 극성 물질에 대한 용해도는 (다)가 (가)보다 크다.

바로알기 ㄷ. 기체 상태로 전기장 속에 넣을 때 일정한 방향으로 배열되는 분자는 극성 분자인 (나)와 (다) 2가지이다.

실력 UP 문제

221쪽

01 ③ 02 ① 03 ③ 04 ④

01 품목 문제 분석

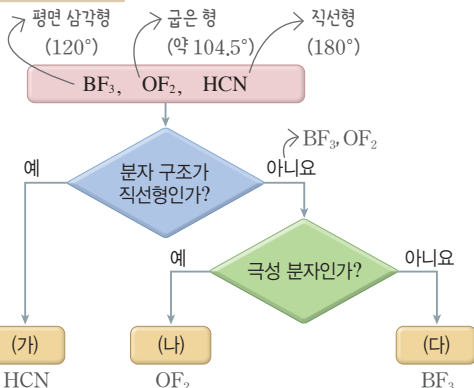
분자	(가)	(나)
원자 수비		
분자식	$\text{XY}_2(\text{CO}_2)$	$\text{Z}_2\text{Y}(\text{H}_2\text{O})$
루이스 전자점식	$\text{:}\ddot{\text{Y}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{X}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{Y}}\text{:}$	$\text{Z}:\ddot{\text{Y}}:\text{Z}$
분자 구조(결합각)	직선형(180°)	굽은 형(104.5°)

ㄱ. (가) (CO_2)의 결합각은 180° 이고, (나) (H_2O)의 결합각은 104.5° 이므로 결합각은 (가)가 (나)보다 크다.

ㄷ. (가)에는 공유 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 4개가 존재하고, (나)에는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 존재하므로 비공유 전자쌍 수 / 공유 전자쌍 수 는 1로 같다.

바로알기 ㄴ. (가)의 분자 구조는 직선형으로 대칭 구조이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)의 분자 구조는 굽은 형으로 비대칭 구조이므로 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 작다.

02 품공 문제 분석



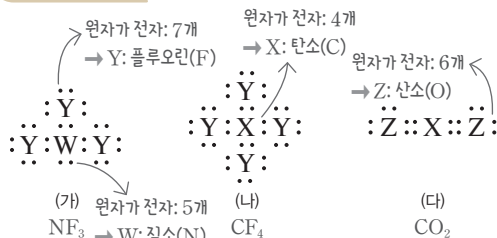
(가)는 분자 구조가 직선형이므로 HCN이고, (나)는 분자 구조가 직선형이 아니고 극성 분자이므로 OF₂이며, (다)는 무극성 분자이므로 BF₃이다.

ㄱ. 공유 전자쌍 수는 (가)(HCN)가 4, (나)(OF₂)가 2이므로 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 ㄴ. 결합각은 굽은 형 구조인 (나)(OF₂)의 경우 약 104.5°이고, 평면 삼각형 구조인 (다)(BF₃)의 경우 120°이므로 (나)가 (다)보다 작다.

ㄷ. (다)(BF₃)에서 중심 원자 B는 공유 전자쌍 3개만 가지고 비공유 전자쌍은 없으므로 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

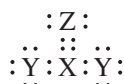
03 품공 문제 분석



W~Z는 2주기 원소이므로 (가)는 NF₃, (나)는 CF₄, (다)는 CO₂이다.

ㄱ. (가)(NF₃)는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있는 삼각뿔형 구조이므로 극성 분자이고, (나)(CF₄)는 정사면체형 구조로 대칭 구조이므로 무극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.

ㄷ. XYZ₂(COF₂)의 루이스 전자점식은 다음과 같으며, X(C)와 Z(O)의 결합은 2중 결합이다.



바로알기 ㄴ. (가)(NF₃)의 분자 구조는 삼각뿔형, (나)(CF₄)의 분자 구조는 정사면체형, (다)(CO₂)의 분자 구조는 직선형이다.

04 (가)와 (나)로 가능한 분자는 F-C≡C-F, F-N=N-F, F-O-O-F이며, (가)와 (나)의 공유 전자쌍 수는 각각 4, 5이므로 (가)는 F-N=N-F, (나)는 F-C≡C-F이다. 따라서 X는 질소(N), Y는 탄소(C)이다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 X(N)가 5, Y(C)가 4이므로 X가 Y보다 크다.

ㄷ. 비공유 전자쌍은 (가)의 경우 F에 3개씩 6개, X(N)에 1개씩 2개로 총 8개이고, (나)의 경우 F에 3개씩 총 6개이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 ㄱ. (가)(N₂F₂)는 X(N)에 비공유 전자쌍이 1개씩 존재하므로 X(N)를 중심으로 굽은 형 구조이고, (나)(C₂F₂)는 Y(C)에 비공유 전자쌍이 없고 중심 원자 사이에 3중 결합이 존재하므로 직선형 구조이다.

중단원 핵심 정리

222~223쪽

- | | | | | |
|--------|-------|----------|---------|----------|
| ① 공유 | ② 커진다 | ③ 작아진다 | ④ 무극성 | ⑤ 극성 |
| ⑥ 커진다 | ⑦ 0 | ⑧ 공유 | ⑨ 비공유 | ⑩ 루이스 구조 |
| ⑪ 크다 | ⑫ 직선형 | ⑬ 평면 삼각형 | ⑭ 정사면체형 | ⑮ 삼각뿔형 |
| ⑯ 굽은 형 | ⑰ 직선형 | ⑱ 대칭 | ⑲ 비대칭 | ⑳ 극성 |
| ㉑ 무극성 | | | | |

중단원 마무리 문제

224~227쪽

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

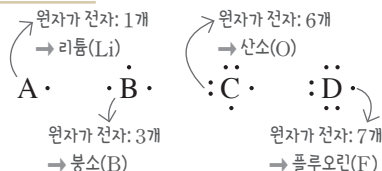
01 같은 족에서는 원자 번호(주기)가 커질수록 전기 음성도가 대체로 작아진다. 따라서 (가)는 2주기 원소, (나)는 3주기 원소이다.

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 꼼꼼 문제 분석



ㄷ. A는 Li으로 금속 원소, D는 F으로 비금속 원소이므로 A와 D는 이온 결합을 한다. 따라서 AD(LiF)에서 A는 (+)전하를 띤다.

바로알기 7. $\text{BD}_3(\text{BF}_3)$ 에서 중심 원자인 B에는 공유 전자쌍만 3개 있으므로 B는 옥텟 규칙을 만족하지 않는다.

나. C의 원자가 전자는 6개이므로 전자쌍 2개를 공유하여 그림과 같이 C_2 를 형성한다. $C_2(O_2)$ 에는 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 4개가 있으므로 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 서로 다르다.

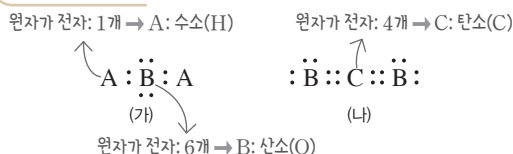
03 X는 전자 2개를 잃고 네온(Ne)의 전자 배치를 이루므로 마그네슘(Mg)이고, Y는 전자 1개를 얻어 네온(Ne)의 전자 배치를 이루므로 플루오린(F)이다. Z는 Y와 전자쌍 4개를 공유하므로 원자가 전자가 4개인 14족 원소이다.

나. Y(F)의 전기 음성도가 Z보다 크므로 ZY_4 에서 Z는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠고, Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

ㄷ. 액체 상태에서 전기 전도성은 이온 결합 물질인 $XY_2(MgF_2)$ 가 공유 결합 물질인 ZY_4 보다 크다.

바로알기 ㄱ. X(Mg)는 3주기 원소이고, Y(F)는 2주기 원소이다.

04 꼼꼼 문제 분석



7. (가)에서 전기 음성도는 B(O)가 A(H)보다 크므로 중심 원자인 B는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

ㄷ. C_2A_2 의 루이스 구조는 $A-C \equiv C-A$ 이다. 따라서 C와 C 사이에 3중 결합이 있다.

바로알기 ㄴ. (나)는 서로 다른 원자끼리 공유 결합을 하여 생성된 분자이므로 (나)에는 극성 공유 결합이 있다.

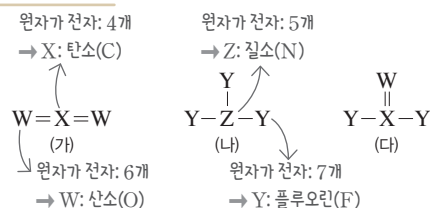
05 (가)는 중심 원자가 공유 전자쌍 2개, 비공유 전자쌍 2개를 가지므로 굽은 형 구조이고, (나)는 중심 원자가 공유 전자쌍 4개로 2중 결합을 가지므로 직선형 구조이다. 또, (다)는 중심 원자가 공유 전자쌍 4개로 3중 결합을 가지므로 직선형 구조이다.

7. (가)는 굽은 형 구조로 비대칭 구조이므로 극성 분자이고, (나)는 직선형 구조로 대칭 구조이므로 무극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다.

나. (나)와 (다)는 모두 직선형 구조이므로 결합각은 180° 로 같다.

다. 비공유 전자쌍은 (가)의 경우 산소(O)에 2개, (나)의 경우 산소(O)에 각각 2개씩 총 4개, (다)의 경우 질소(N)에 1개가 존재한다. 따라서 비공유 전자쌍이 가장 많이 존재하는 분자는 (나)이다.

06 꼼꼼 문제 분석

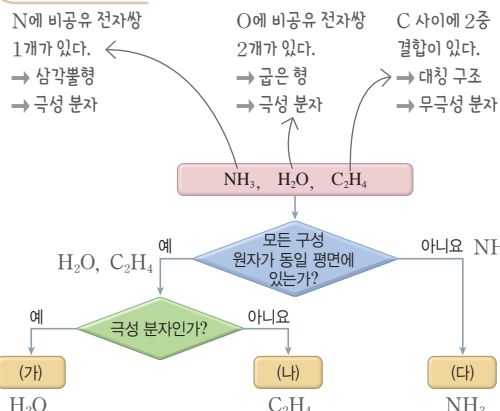


ㄷ. $XY_4(CF_4)_4$ 의 경우 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 존재하므로 정사면체형 구조이다.

바로알기 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.

나. (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.

07 꼼꼼 문제 분석



(가)는 모든 구성 원자가 동일 평면에 있고 극성 분자이므로 H_2O 이고, (나)는 모든 구성 원자가 동일 평면에 있지만 극성 분자가 아닌 무극성 분자이므로 C_2H_4 이다. 따라서 (다)는 NH_3 이다.

ㄱ. (가)(H_2O)는 산소(O)에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수가 같다.

ㄴ. (가)(H_2O)와 (다)(NH_3)에는 단일 결합만 있고, (나)(C_2H_4)에는 탄소(C) 사이에 2중 결합이 있다.

바로알기 ㄴ. (다)(NH_3)는 질소(N)에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 분자 구조는 삼각뿔형이다.

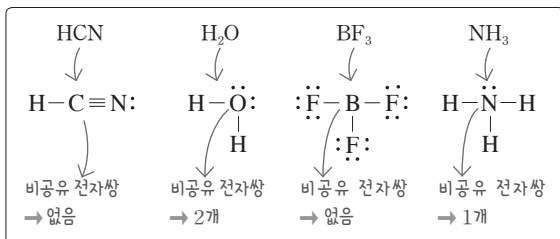
08 X가 탄소(C)이면 화합물은 CH_4 이고, 질소(N)이면 화합물은 NH_3 이며, 산소(O)이면 화합물은 H_2O 이다.

ㄱ. X가 N이면 NH_3 이므로 삼각뿔형 구조이다.

ㄴ. CH_4 의 결합각은 109.5° , NH_3 의 결합각은 107° , H_2O 의 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 품공 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, $\text{H}-\text{C}$ 결합과 $\text{C}\equiv\text{N}$ 결합의 쌍극자 모멘트 방향이 같아 극성 분자이므로 (가)이다. NH_3 는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개 있는 비대칭 구조의 극성 분자이므로 (나)이다. H_2O 은 중심 원자에 비공유 전자쌍이 2개 있는 비대칭 구조의 극성 분자이므로 (다)이다. BF_3 는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없는 대칭 구조의 무극성 분자이므로 (라)이다.

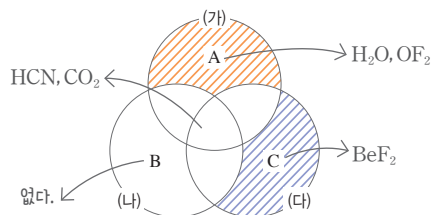
ㄱ. (가)에는 C와 N 사이에 3중 결합이 있다.

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_3 로 중심 원자인 B에 공유 전자쌍만 3개 있으므로 평면 삼각형 구조이다.

10 품공 문제 분석

화합물	H_2O HCN OF_2 CO_2 BeF_2
분류 기준	(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



A에 속하는 화합물은 H_2O 과 OF_2 , C에 속하는 화합물은 BeF_2 이다. 따라서 A와 C에 들어갈 화합물의 개수를 합한 값은 $2+1=3$ 이다.

11 ㄱ. N과 F으로 이루어지고 분자당 구성 원자 수가 4 이하인 분자는 N_2F_2 ($\text{F}-\text{N}=\text{N}-\text{F}$) 또는 NF_3 이다. 이들의 구성 원자 수는 각각 4이고, 공유 전자쌍 수는 각각 4, 3이므로 (가)는 N_2F_2 , (나)는 NF_3 이다. 따라서 $a=4$ 이고, $b=3$ 이므로 $a=b+1$ 이다.

ㄴ. O와 F으로 이루어진 공유 전자쌍 수가 3인 분자는 O_2F_2 ($\text{F}-\text{O}-\text{O}-\text{F}$)이므로 (다)의 구성 원자 수는 $a(=4)$ 이다.

ㄷ. 같은 원자로 이루어진 무극성 공유 결합이 있는 분자는 (가)와 (다) 2가지이다.

12 품공 문제 분석

분자	(가)	(나)	(다)
구조식	$\text{X}=\text{W}=\text{X}$	$\text{Y}-\text{W}\equiv\text{Z}$	$\text{Y}-\text{Z}=\text{X}$
실제 구조식	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\text{F}-\text{C}\equiv\text{N}$	$\text{F}-\text{N}=\text{O}$
분자 구조	직선형	직선형	굽은 형
분자의 극성	무극성	극성	극성
비공유 전자쌍	4개	4개	6개

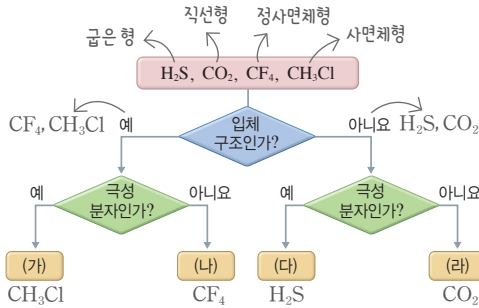
(가)~(다)의 분자는 모두 2주기 원소로 이루어져 있으므로 (가)는 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$, (나)는 $\text{F}-\text{C}\equiv\text{N}$, (다)는 $\text{F}-\text{N}=\text{O}$ 이고, W는 탄소(C), X는 산소(O), Y는 플루오린(F), Z는 질소(N)이다.

ㄱ. (가)와 (나)는 직선형 구조이다.

ㄴ. 비공유 전자쌍은 (가)의 경우 산소(O)에 2개씩 총 4개, (나)의 경우 질소(N)에 1개, 플루오린(F)에 3개로 총 4개, (다)의 경우 플루오린(F)에 3개, 질소(N)에 1개, 산소(O)에 2개로 총 6개이다. 따라서 비공유 전자쌍이 가장 많은 분자는 (다)이다.

바로알기 ㄴ. (가)는 대칭 구조로 무극성 분자이고, (다)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (다)보다 작다.

13 품목 문제 분석



ㄱ. CH_3Cl 은 분자 구조가 사면체형이므로 입체 구조이면서 비대칭 구조이다. 따라서 극성 분자이고 (가)에 해당한다.

ㄴ. 물에 잘 용해되는 분자는 극성 분자이므로 비대칭 구조인 (가)(CH_3Cl)와 (다)(H_2S)이다.

바로알기 ㄷ. (나)(CF_4)와 (라)(CO_2)는 서로 다른 원자끼리 극성 공유 결합을 하여 생성된 분자이다.

14 전기장 속에서 HF와 같은 반응을 보이는 분자는 비대칭 구조로 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 극성 분자이다. CO_2 는 직선형, BF_3 는 평면 삼각형, NH_3 는 삼각뿔형, H_2O 은 굽은 형, CCl_4 는 정사면체형, CH_3Cl 은 사면체형 구조이므로 극성 분자는 NH_3 , H_2O , CH_3Cl 이며, 이들 극성 분자는 전기장 속에서 일정한 방향으로 배열된다.

15 **모범답안** 비공유 전자쌍에 의한 반발력은 공유 전자쌍에 의한 반발력보다 크므로 중심 원자에 비공유 전자쌍이 있는 NH_3 의 결합각은 CH_4 의 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 **모범답안** (가) 무극성 분자 (나) 극성 분자, (가)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 3개 있으므로 평면 삼각형 구조이다. 즉, (가)는 대칭 구조이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다. (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형 구조이다. 즉, (나)는 비대칭 구조이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아닌 극성 분자이다.

채점 기준	배점
분자의 극성 여부를 쓰고, 그 까닭을 분자 구조와 관련하여 옳게 서술한 경우	100 %
분자의 극성 여부만 옳게 쓴 경우	60 %

17 **모범답안** H_2O 은 극성 용매이므로 H_2O 층에는 무극성 물질인 I_2 이 녹지 않아 변화가 없고, C_6H_{14} 은 무극성 용매이므로 C_6H_{14} 층에는 무극성 물질인 I_2 이 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	60 %

수능 실전 문제

229~231쪽

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

01 품목 문제 분석

분자	구성 원소 수	결합각	비공유 전자쌍 수 공유 전자쌍 수	루이스 전자점식
(가)	3	180°	1	$\text{:}\ddot{\text{F}}\text{:C}\text{:}\ddot{\text{N}}\text{:}$
(나)	2	$<120^\circ$	3	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:C}\text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \end{array}$
(다)	2	$<120^\circ$	4	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{F}}\text{:} \end{array}$

선택지 분석

㉠ (가)에는 3중 결합이 있다.

㉡ (나)의 중심 원자에는 비공유 전자쌍이 있다. **없다**

㉢ (가)~(다)에 공통으로 들어 있는 원소는 플루오린(F)이다.

전략적 풀이 주어진 조건을 이용하여 분자 (가)~(다)를 알아낸다.

ㄱ. (가)는 서로 다른 3가지 원소로 이루어진 삼원자 이상의 분자이고, 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 수가 같으며, 결합각이 180° 인 직선형 구조의 분자이다. FCN은 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° 미만인 분자이다. CF_4 는 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° 미만인 분자이다. OF_2 는 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.

02 품공 문제 분석

H가 2개 존재하며, 공유 전자쌍이 4개, 비공유 전자쌍이 2개이다. → X와 Y는 각각 탄소(C)와 산소(O) 중 하나이다.

분자	구성 원자 수			공유 전자쌍 수	비공유 전자쌍 수
	X	Y	H		
(가)	1	0	a	a	0
(나)	0	1	b	b	2
(다)	1	c	2	4	2

X가 탄소이고, (가)는 CH_4 이다.
(나)의 비공유 전자쌍이 2개이다. → Y는 산소이고, b 는 2이다.

선택지 분석

- ㉠ $a > b + c$ 이다.
~~㉡~~ 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다. 작다
~~㉢~~ XY_2 에서 비공유 전자쌍 수는 b 이다. $2b$

전략적 풀이 ① (다)에서 제시된 H 원자 수, 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 이용하여 (다)의 구조를 파악한 후, (가)와 (나) 분자의 종류를 유추한다.

ㄱ. (다)에서 수소(H) 원자가 2개이고, 공유 전자쌍이 4개, 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 X와 Y는 각각 탄소(C)와 산소(O) 중 하나임을 알 수 있다. 따라서 (다)의 분자식은 CH_2O 이고 c 는 1이다. X가 탄소(C)일 경우 (가)에서 H의 수와 공유 전자쌍 수가 같고, 비공유 전자쌍 수는 0이므로 (가)는 CH_4 임을 알 수 있다. 따라서 a 는 4이고, (나)는 H_2O 로 b 는 2이다.

㉡ 각 분자의 중심 원자 주위의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 파악하여 분자의 구조와 분자의 극성 여부를 파악한다.

ㄴ. (가)는 CH_4 으로 정사면체형의 대칭 구조이므로 무극성 분자이고, (나)는 H_2O 로 굽은 형의 비대칭 구조이므로 극성 분자이다. 따라서 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 작다.

㉢ XY_2 의 실제 분자식을 구하고, 분자가 가진 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 파악한다.

ㄷ. X는 탄소(C)이고, Y는 산소(O)이므로 XY_2 는 CO_2 이다. CO_2 에서 비공유 전자쌍은 산소(O)에 각각 2개씩 총 4개 있으므로 비공유 전자쌍 수는 $2b(=4)$ 이다.

03 품공 문제 분석

분자	(가)	(나)	(다)
구조식	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\begin{array}{c} \text{F}-\text{N}-\text{F} \\ \\ \text{F} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{F}-\text{C}-\text{F} \\ \\ \text{F} \end{array}$
공유 전자쌍 수	4	3	4
비공유 전자쌍 수	4	10	12
분자 구조	직선형	삼각뿔형	정사면체형
분자의 극성	무극성	극성	무극성

선택지 분석

- ㉠ 공유 전자쌍 수 / 비공유 전자쌍 수가 가장 큰 것은 (가)이다.
~~㉡~~ 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다. 작다
~~㉢~~ 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 (나)와 (다)이다. (가)

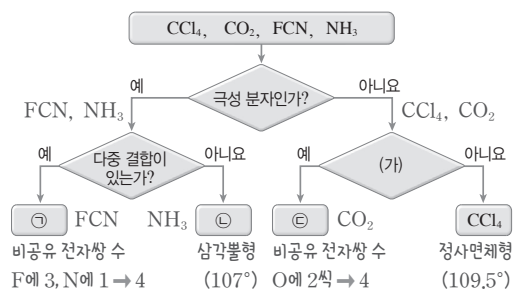
전략적 풀이 ① (가)~(다)에서 각 원자가 지닌 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 파악한다.

ㄱ. (가)에서 공유 전자쌍은 4개, 비공유 전자쌍은 산소(O)에 2개씩 총 4개 존재한다. (나)에서 공유 전자쌍은 3개, 비공유 전자쌍은 질소(N)에 1개, 플루오린(F)에 3개씩 총 10개 존재한다. (다)에서 공유 전자쌍은 4개, 비공유 전자쌍은 플루오린(F)에 3개씩 총 12개 존재한다. 따라서 공유 전자쌍 수 / 비공유 전자쌍 수가 가장 큰 분자는 (가)이다.

㉡ 각 분자의 구조 및 극성 여부를 파악한다.

ㄴ. (가)는 직선형, (나)는 삼각뿔형, (다)는 정사면체형 구조이다. (가)와 (다)는 대칭 구조이므로 무극성 분자이고, (나)는 극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 작다.
 ㄷ. (가)는 직선형 구조로 모든 구성 원자가 동일 평면에 있고, (나)는 삼각뿔형, (다)는 정사면체형 구조로 입체 구조이다.

04 품공 문제 분석



선택지 분석

- ~~㉠~~ '공유 전자쌍이 4개인가?'는 (가)로 적절하다. 적절하지 않다
 ㉡ ㉠과 ㉡의 비공유 전자쌍 수는 같다.
~~㉢~~ ㉡의 결합각은 CCl_4 의 결합각보다 크다. 작다

전략적 풀이 ① 주어진 분류 조건을 이용하여 ㉠과 ㉡을 먼저 파악한 후, ㉢과 CCl_4 를 구별하기 위한 기준 (가)로 적당한 조건을 파악한다.

ㄱ. 극성 분자는 FCN과 NH_3 이고, 그 중 다중 결합이 있는 분자는 FCN이므로 ㉠은 FCN, ㉡은 NH_3 이고, ㉢은 CO_2 이다. ㉢(CO_2)과 CCl_4 는 모두 공유 전자쌍이 4개이므로 '공유 전자쌍이 4개인가?'는 (가)로 적절하지 않다.

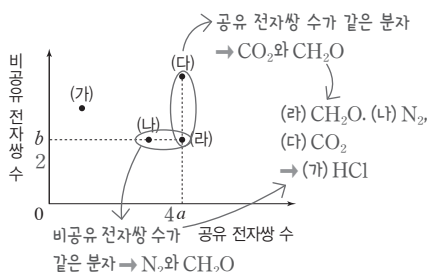
② 각 분자에 포함된 비공유 전자쌍 수를 파악한다.

ㄴ. ㉠(FCN)의 경우 비공유 전자쌍은 플루오린(F)에 3개, 질소(N)에 1개로 총 4개 존재하고, ㉡(CO₂)의 경우 비공유 전자쌍은 산소(O)에 2개씩 총 4개 존재한다. 따라서 ㉠과 ㉡의 비공유 전자쌍 수는 같다.

③ 각 분자의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 이용하여 분자의 구조 및 결합각을 파악한다.

ㄷ. ㉢(NH₃)은 N에 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 삼각뿔형 구조로 결합각은 107°이고, CCl₄는 C에 공유 전자쌍만 4개 있으므로 정사면체형 구조로 결합각은 109.5°이다. 따라서 ㉢의 결합각은 CCl₄의 결합각보다 작다.

05 품공 문제 분석



선택지 분석

㉠ $a=2b$ 이다.

㉡ (나)와 (다)에는 무극성 공유 결합이 있다. (다)에는 없다

㉢ (라)의 구조는 평면 삼각형이다.

전략적 풀이 ① 주어진 분자의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 파악하여 (가)~(라) 분자를 파악한다.

ㄱ. 주어진 분자의 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	N ₂	HCl	CO ₂	CH ₂ O
공유 전자쌍 수	3	1	4	4
비공유 전자쌍 수	2	3	4	2

공유 전자쌍 수가 4(a)로 같은 분자인 CO₂와 CH₂O는 각각 (다)와 (라) 중 하나이고, 비공유 전자쌍 수가 2(b)로 같은 분자인 N₂와 CH₂O는 각각 (나)와 (라) 중 하나이므로 (가)는 HCl, (나)는 N₂, (다)는 CO₂, (라)는 CH₂O이다. 따라서 $a=2b$ 이다.

② 각 분자 내에서 같은 원자끼리의 결합(무극성 공유 결합)이 있는지를 파악한다.

ㄴ. (나)(N₂)는 N 사이에 무극성 공유 결합이 있지만, (다)(CO₂)는 같은 원자 사이의 결합이 없으므로 무극성 공유 결합이 없다.

③ (라) 분자의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 이용하여 분자의 구조를 파악한다.

ㄷ. (라)(CH₂O)에서 C에는 공유 전자쌍만 4개 있고 그 중 2중 결합이 1개 있으므로 분자 구조는 평면 삼각형이다.

06 품공 문제 분석

전기 음성도가 $F > O > C$ 이다.

→ 전기 음성도 차이($a-b$)는 $CF_4 > OF_2$ 이다.

분자	CF ₄	OF ₂	PF ₃	ClF
전기 음성도 차이($a-b$)	x	0.5	1.9	1.0

전기 음성도가 $N(2주기\ 15족) > P(3주기\ 15족)$ 이다.

→ 전기 음성도 차이($a-b$)는 $NF_3 < PF_3$ 이다.

선택지 분석

㉠ x 는 0.5보다 크다.

㉡ 결합각은 CF₄가 OF₂보다 크다.

㉢ NF₃에서 전기 음성도 차이($a-b$)는 1.9보다 작다.

전략적 풀이 ① 각 분자를 구성하는 원소의 주기율표 위치를 파악하여 전기 음성도 차이를 유추한다.

ㄱ. 전기 음성도가 가장 큰 원소는 플루오린(F)이며, 2주기 원소에서 전기 음성도는 $F > O > C$ 이므로 F와 C의 전기 음성도 차이는 F와 O의 전기 음성도 차이보다 크다. 따라서 x 는 0.5보다 크다.

ㄷ. 질소(N)는 2주기 15족 원소이고, 3주기 15족 원소인 인(P)보다 전기 음성도가 크므로 NF₃에서의 전기 음성도 차이는 PF₃에서의 전기 음성도 차이인 1.9보다 작다.

② 각 분자의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 이용하여 분자의 구조를 파악한다.

ㄴ. CF₄는 C에 공유 전자쌍만 4개 있으므로 정사면체형 구조이고, OF₂는 O에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형 구조이다. 따라서 결합각은 CF₄가 109.5°, OF₂가 약 104.5°로 CF₄가 OF₂보다 크다.

07 품공 문제 분석

C에 공유 전자쌍 2개만 있는 것과 같으므로 직선형 구조이다. → 결합각은 180°, 무극성 분자

삼원자 분자	구성 원자의 루이스 전자점식
(가) CO ₂	탄소(C): $\cdot\ddot{X}\cdot$: $\ddot{Y}\cdot$ 산소(O)
(나) OF ₂	산소(O): $\cdot\ddot{Y}\cdot$: $\ddot{Z}\cdot$ 플루오린(F)

O에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형 구조이다. → 결합각은 약 104.5°, 극성 분자

선택지 분석

㉠ 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

㉡ 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다. 작다

㉢ 결합각은 (가)와 (나)가 같다. (가) > (나)이다

전략적 풀이 ① 루이스 전자점식으로부터 원자 X~Z의 종류를 파악하여 (가)와 (나) 분자를 알아낸 후, 비공유 전자쌍 수를 비교한다.

X는 탄소(C), Y는 산소(O), Z는 플루오린(F)이므로 (가)는 CO₂, (나)는 OF₂이다.

ㄱ. 비공유 전자쌍은 (가)(CO₂)의 경우 O에 2개씩 총 4개, (나)(OF₂)의 경우 O에 2개, 플루오린에 3개씩 총 8개이다. 따라서 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

② 각 분자의 구조로부터 분자의 극성과 결합각을 파악한다.

ㄴ. (가)(CO₂)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이고, (나)(OF₂)는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 작다.

ㄷ. (가)(CO₂)는 직선형 구조이므로 결합각은 180°이고, (나)(OF₂)는 굽은 형 구조이므로 결합각은 약 104.5°이다.

08 품공 문제 분석

분자	구성 원자 수(a)	원자가 전자 수 합(b)	공유 전자쌍 수(c)
O ₂	2	12	2
F ₂	2	14	1
OF ₂	3	20	2

$\rightarrow \text{O}=\text{O}$
 $\text{F}-\text{F}$ $\text{F}-\text{O}-\text{F}$

선택지 분석

- ㉠ 공유 전자쌍 수는 O₂가 F₂보다 크다.
 ㉡ OF₂의 분자 구조는 굽은 형이다.
 ㉢ 각 분자에서 $8a=b+2c$ 이다.

전략적 풀이 ① 각 분자를 구성하는 원자 수, 원자가 전자 수의 합, 공유 전자쌍 수를 파악한다.

ㄱ. O₂는 O=O로 공유 전자쌍이 2개이고, F₂는 F-F로 공유 전자쌍이 1개이다. 따라서 공유 전자쌍 수는 O₂가 F₂보다 크다.

ㄷ. 세 분자 모두 다음과 같이 $8a=b+2c$ 의 관계를 가진다.

$$\text{O}_2: 8 \times 2 = 12 + 2 \times 2$$

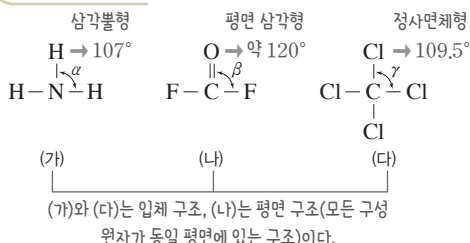
$$\text{F}_2: 8 \times 2 = 14 + 2 \times 1$$

$$\text{OF}_2: 8 \times 3 = 20 + 2 \times 2$$

② 각 분자의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 이용하여 분자 구조를 파악한다.

ㄴ. OF₂는 중심 원자(O)에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개를 가지므로 분자 구조는 굽은 형이다.

09 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (가)와 (나)는 입체 구조이다. (가)와 (다)
 ㉡ 결합각의 크기는 $\beta > \gamma > \alpha$ 이다.
 ㉢ 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (다)보다 크다.

전략적 풀이 ① 각 분자의 중심 원자에 존재하는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수로부터 분자의 구조를 파악한다.

ㄱ. (가)는 중심 원자에 공유 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍이 1개 있으므로 삼각뿔형, (나)는 중심 원자에 공유 전자쌍 4개가 있고 1개는 2중 결합이므로 평면 삼각형, (다)는 중심 원자에 공유 전자쌍만 4개 있으므로 정사면체형 구조이다. 따라서 (가)와 (다)가 입체 구조이다.

② 각 분자의 구조를 고려하여 결합각을 파악한다.

ㄴ. (가)는 삼각뿔형 구조로 결합각 α 는 107° , (나)는 평면 삼각형 구조로 결합각 β 는 약 120° , (다)는 정사면체형 구조로 결합각 γ 는 109.5° 이므로 결합각 크기는 $\beta > \gamma > \alpha$ 이다.

③ 각 분자의 구조를 이용하여 분자의 극성 여부를 파악한다.

ㄷ. 삼각뿔형 구조인 (가)는 극성 분자, 정사면체형 구조인 (다)는 무극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (다)보다 크다.

10 품공 문제 분석

• W~Z는 H, C, N, O 중 하나이며, 각 원소의 전기 음성도 는 다음과 같다.

원소	H	C	N	O
전기 음성도	2.1	2.5	3.0	3.5

• 분자 (가)~(다)에 대한 자료는 다음과 같다.

분자	(가) CO ₂	(나) H ₂ O	(다) NH ₃
구성 원소	W, X	X, Z	Y, Z
전기 음성도 차이	1.0	1.4	0.9
구성 원자 수	3	3	4

직선형, 무극성 굽은 형, 극성 삼각뿔형, 극성
 C(2.5)와 O(3.5)로 이루어진 삼원자 분자 H(2.1)와 O(3.5)로 이루어진 삼원자 분자 H(2.1)와 N(3.0)로 이루어진 사원자 분자
 → CO₂ → H₂O → NH₃

선택지 분석

- ㉠ (가)~(다) 중 결합각이 가장 큰 분자는 (다)이다. (가)
 ㉡ 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 크다. 작다
 ㉢ ZWY에서 공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수의 4배이다.

전략적 풀이 ① 각 분자를 구성하는 원소들의 전기 음성도 차이를 이용하여 W~Z에 해당하는 원소를 파악한 후, 각 분자의 구조를 유추한다.

(가)는 전기 음성도 차이가 1.0이므로 C와 O로 이루어진 CO_2 이고, (나)는 전기 음성도 차이가 1.4이므로 H와 O로 이루어진 H_2O 이다. 이때 (가)와 (나)에 공통적으로 포함된 X는 산소(O)이므로 W는 탄소(C), Z는 수소(H)이며, Y는 질소(N)이고, 따라서 (다)는 NH_3 이다.

ㄱ. (가)의 구조는 직선형이므로 결합각은 180° , (나)의 구조는 굽은 형이므로 결합각은 104.5° , (다)의 구조는 삼각뿔형이므로 결합각은 107° 이다. 따라서 결합각이 가장 큰 분자는 (가)이다.

㉔ 각 분자의 구조를 이용하여 분자의 극성 여부를 파악한다.

ㄴ. (가)는 직선형 구조로 대칭 구조이므로 무극성 분자이고, (나)는 굽은 형 구조이므로 극성 분자이다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 (가)가 (나)보다 작다.

㉕ 각 분자를 구성하는 원소를 파악한 후 화합물 ZWY의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 파악한다.

ㄷ. ZWY(HCN)에서 공유 전자쌍은 4개, 비공유 전자쌍은 1개이므로 공유 전자쌍 수는 비공유 전자쌍 수의 4배이다.

11 품공 문제 분석

	CO_2	COF_2	OF_2	FCN
분자	(가)	(나)	(다)	(라)
분자식	WX_2	WXZ_2	XZ_2	ZWY
비공유 전자쌍 수 (상댓값)	1	2	2	x
비공유 전자쌍 수	4	8	8	4
공유 전자쌍 수	4	4	2	4

선택지 분석

- ㉔ $x=1$ 이다.
- ㄴ W~Z 중 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 Z이다.
- ㉕ (가)~(라) 중 다중 결합이 있는 분자는 3가지이다.

전략적 풀이 ① 분자식과 비공유 전자쌍 수의 상댓값을 비교하여 W~Z의 원소와 (가)~(라)의 실제 분자식을 구한 후, (라)의 비공유 전자쌍 수를 구한다.

(가)와 (다)로 가능한 분자는 CO_2 와 OF_2 이며, CO_2 와 OF_2 의 비공유 전자쌍 수는 각각 4, 8이므로 (가)는 CO_2 , (다)는 OF_2 이고, W는 탄소(C), X는 산소(O), Z는 플루오린(F)이다. 따라서 (나)는 COF_2 , (라)는 FCN 이다.

ㄱ. (라)(FCN)의 비공유 전자쌍 수는 4이므로 비공유 전자쌍 수의 상댓값 $x=1$ 이다.

㉔ W~Z의 원자가 전자 수를 파악한다.

ㄴ. 원자가 전자 수는 W(C)가 4, X(O)가 6, Y(N)가 5, Z(F)가 7이므로 원자가 전자 수가 가장 큰 원소는 Z이다.

㉕ 각 분자를 구성하는 중심 원자의 공유 전자쌍 수를 구하여 다중 결합 여부를 파악한다.

(가)(CO_2)에서 C와 O 사이의 결합은 2중 결합, (나)(COF_2)에서 C와 O 사이의 결합은 2중 결합, (라)(FCN)에서 C와 N 사이의 결합은 3중 결합이다. 따라서 다중 결합이 있는 분자는 3가지이다.

12 품공 문제 분석

[자료]

X의 중심 원자인 B는 옥텟 규칙을 만족하고 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 B의 원자가 전자 수는 6이다.
→ B는 16족 원소이다. → X는 극성 분자이다.

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. → Y는 무극성 분자이다.

[실험]

→ C는 14족 원소이다. → Y는 무극성 분자이다.

(가) 시험관에 X와 Y를 넣었더니 섞이지 않고 두 층으로 분리되었다.

(나) 과정 (가)의 시험관에 황산 구리(II) 오수화물을 넣고 흔들었더니 한 층에서만 녹았다. → 극성 물질

선택지 분석

- ㉔ X의 분자 구조는 굽은 형이다.
- ㄴ 분자의 쌍극자 모멘트는 X가 Y보다 크다.
- ㉕ (나)에서 X 층에 황산 구리(II) 오수화물이 녹았다.

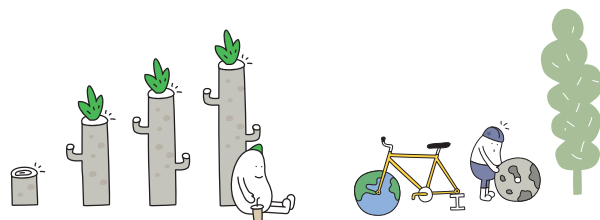
전략적 풀이 ① 분자의 중심 원자에 있는 비공유 전자쌍 수로부터 분자 구조를 파악한다.

ㄱ. X의 중심 원자인 B는 옥텟 규칙을 만족하고 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 B의 원자가 전자는 6개이다. 따라서 B는 2개의 A 원자와 공유 결합을 형성한다. 즉, X의 중심 원자에는 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 분자의 쌍극자 모멘트는 극성 분자인 X가 무극성 분자인 Y보다 크다.

㉔ 극성 물질과 무극성 물질의 용해도를 파악한다.

ㄷ. 황산 구리(II) 오수화물은 극성 물질이므로 극성 용매인 X 층에 녹는다.



역동적인 화학 반응

1 화학 반응에서의 동적 평형

1 동적 평형

개념 확인 문제

237쪽

- ① 가역 반응 ② 오른 ③ 왼 ④ 비가역 반응 ⑤ 동적 평형
⑥ 상평형 ⑦ 용해 평형 ⑧ 화학 평형

- 1 (1) ○ (2) × (3) × 2 (1) 비가역 (2) 비가역 (3) 가역 (4) 비가역 (5) 가역 3 (나) 4 용해 속도=석출 속도 5 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ 6 ㉠ 정, ㉡ 역, ㉢ 동적 평형

- 1 (1) 정반응은 화학 반응식에서 오른쪽으로 진행되는 반응이고, 역반응은 화학 반응식에서 왼쪽으로 진행되는 반응이다.
(2) 가역 반응은 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응이다.
(3) 비가역 반응은 정반응만 일어나거나 정반응에 비해 역반응이 거의 일어나지 않는 반응이다.

- 2 (1) 메테인의 연소 반응은 역반응이 일어나지 않으므로 비가역 반응이다.
(2) 마그네슘과 염산이 반응하여 기체가 발생하는 반응은 역반응이 일어나지 않으므로 비가역 반응이다.
(3) 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 석회 동굴 천장에 종유석이 만들어지고, 석회 동굴 바닥에 석순이 만들어진다. 따라서 석회 동굴, 종유석, 석순의 생성 반응은 가역 반응이다.
(4) 염산과 수산화 나트륨 수용액이 반응하여 물을 생성하는 중화 반응은 정반응이 훨씬 우세하게 일어나고, 역반응이 거의 일어나지 않으므로 비가역 반응이다.
(5) 푸른색의 황산 구리(II) 오수화물을 가열하면 황산 구리(II) 오수화물이 물을 잃고 흰색의 황산 구리(II)가 되고, 흰색의 황산 구리(II)에 물을 떨어뜨리면 황산 구리(II)가 물과 결합하여 푸른색의 황산 구리(II) 오수화물이 된다. 따라서 황산 구리(II) 오수화물의 분해와 생성 반응은 가역 반응이다.

- 3 동적 평형에서는 물의 증발 속도와 수증기의 응축 속도가 같다. 따라서 증발하는 물 분자 수와 응축하는 수증기 분자 수가 같을 (나)가 동적 평형에 도달한 상태이다.

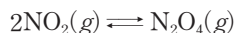
4 일정량의 물에 설탕을 계속 넣으면 처음에는 설탕이 물에 녹지만 어느 순간부터는 설탕이 더 이상 녹지 않는 것처럼 보인다. 이는 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달했기 때문이다.

5 (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.

6 적갈색을 띠는 이산화 질소(NO_2)를 시험관에 넣어 두면 처음에는 적갈색의 NO_2 가 무색의 사산화 이질소(N_2O_4)로 되는 반응이 일어나 적갈색이 점점 없어진다. 충분한 시간이 지나면 무색의 N_2O_4 를 생성하는 정반응과 N_2O_4 가 다시 적갈색의 NO_2 로 분해되는 역반응이 같은 속도로 일어나는 동적 평형에 도달하여 NO_2 와 N_2O_4 의 농도가 일정하게 유지되므로 더 이상 적갈색이 없어지지 않는다.



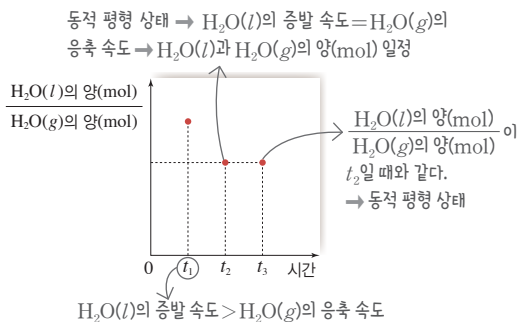
대표 자료 분석

238쪽

- 자료 ① 1 $t_1=t_2=t_3$ 2 $t_1<t_2=t_3$ 3 $t_1<t_2=t_3$
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×
자료 ② 1 용해 속도>석출 속도 2 용해 속도=석출 속도
3 $t>4t$ 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

1-1 품목 문제 분석

처음에는 물($\text{H}_2\text{O}(l)$)의 증발 속도가 수증기($\text{H}_2\text{O}(g)$)의 응축 속도보다 빠르지만 점점 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 빨라져 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달한다.



온도가 일정하므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 일정하다. 따라서 $t_1 \sim t_3$ 일 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 모두 같다.

1-2 t_1 일 때는 동적 평형에 도달하기 이전 상태이므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도가 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도보다 빠르다. 시간이 지날수록 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 많아지므로 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 점점 빨라지다가 동적 평형 상태가 되면 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 같아져 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 일정해진다. 따라서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 $t_1 < t_2 = t_3$ 이다.

1-3 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발이 일어나 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 분자 수가 커지면서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도가 빨라지다가 동적 평형에 도달하며, 동적 평형에 도달하면 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 일정해진다. 따라서 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)은 $t_1 < t_2 = t_3$ 이다.

1-4 (1) H_2O 의 상변화는 $\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 의 증발과 $\text{H}_2\text{O}(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 의 응축이 조건에 따라 모두 일어날 수 있는 가역 반응이다.

(2) t_1 일 때는 동적 평형에 도달하기 이전 상태이므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도가 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도보다 빠르다. 따라서 $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 증발 속도}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 응축 속도}} > 1$ 이다.

(3) t_2 일 때 동적 평형에 도달하였으며, t_3 일 때 $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 양(mol)}}$ 이 t_2 일 때와 같으므로 t_3 일 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 는 동적 평형을 이루고 있다.

(4) t_2 일 때 동적 평형에 도달하므로 t_2 이후에는 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 일정하게 유지된다. 따라서 t_2 일 때와 t_3 일 때 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 양(mol)이 같다.

(5) t_2 일 때와 t_3 일 때 모두 동적 평형 상태이므로 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 t_2 일 때와 t_3 일 때가 같다.

따라서 $\frac{t_3\text{일 때 H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}}{t_2\text{일 때 H}_2\text{O}(l)\text{의 양(mol)}} = 1$ 이다.

2-1 고품 문제 분석

[실험 결과]

시간	t	$4t$	$8t$
관찰 결과			
설탕 수용액의 물 농도(M)	$\frac{2}{3}a$	a	

• $4t$ 일 때 설탕 수용액은 용해 평형에 도달하였다.

$4t$ 일 때 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같으므로 설탕 수용액의 물 농도(M)는 일정하다. $\rightarrow 4t$ 이후 설탕 수용액의 물 농도는 a M로 일정하다.

t 일 때는 용해 평형에 도달하기 이전이므로 설탕의 용해 속도가 석출 속도보다 빠르다.

2-2 $4t$ 일 때는 용해 평형 상태이므로 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같다.

2-3 설탕 수용액의 물 농도는 $4t$ 일 때(a M)가 t 일 때($\frac{2}{3}a$ M)보다 크므로 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량은 t 일 때가 $4t$ 일 때보다 크다.

2-4 (1) $4t$ 일 때는 용해 평형 상태이므로 설탕의 용해와 석출이 같은 속도로 일어난다. 즉, 설탕의 석출이 일어나므로 석출 속도는 0이 아니다.

(2) $8t$ 일 때도 용해 평형 상태이므로 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같다.

(3) $4t$ 일 때 용해 평형에 도달하므로 $4t$ 이후 설탕 수용액의 물 농도는 일정하다. 즉, 설탕 수용액의 물 농도는 $4t$ 일 때와 $8t$ 일 때가 같으므로 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량은 $4t$ 일 때와 $8t$ 일 때가 같다.

(4) $4t$ 이후 설탕 수용액의 물 농도는 일정하므로 $8t$ 일 때 설탕 수용액의 물 농도는 a M이다.

내신·안정 문제

239~241쪽

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

01 ㄴ, ㄷ. 가역 반응은 화학 반응식에서 반응물과 생성물 사이의 화살표를 $\rightleftharpoons$ 로 나타낸다. 따라서 주어진 반응은 가역 반응이다.

바로알기 ㄱ. CH_4 의 연소는 비가역 반응이다.

02 ㄱ. $\text{N}_2(g)$ 와 $\text{H}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{NH}_3(g)$ 를 생성하는 반응과 $\text{NH}_3(g)$ 가 분해되어 $\text{N}_2(g)$ 와 $\text{H}_2(g)$ 를 생성하는 반응이 모두 일어날 수 있으므로 제시된 반응은 가역 반응이다.

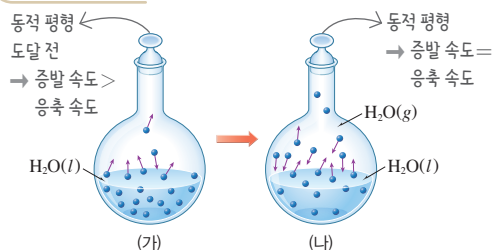
ㄴ. 정반응은 화학 반응식에서 오른쪽으로 진행되는 반응으로, 화살표 ' $\longrightarrow$ '로 나타내므로 정반응의 반응물은 $\text{N}_2(g)$ 와 $\text{H}_2(g)$ 이고, 생성물은 $\text{NH}_3(g)$ 이다.

바로알기 ㄷ. 정반응에서 반응물의 계수 합이 4($=1+3$)이고, 생성물의 계수가 2이므로 정반응이 진행되면 기체 분자 수가 감소한다.

03 학생 C. 동적 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 반응물의 농도와 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.

바로알기 학생 A, 학생 B. 동적 평형은 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 겉보기에는 반응이 멈춘 것처럼 보이는 상태이다. 따라서 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 가역 반응에서만 가능하다.

04 품공 문제 분석

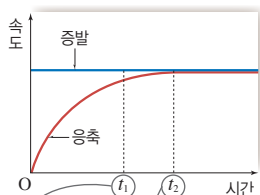


ㄱ. (가)는 동적 평형에 도달하기 이전 상태이므로 (가)에서 증발 속도는 응축 속도보다 빠르다.

ㄴ. 일정 온도에서 $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 용기 속 $H_2O(g)$ 분자 수에 비례하며, 용기 속 $H_2O(g)$ 분자 수는 (가)에서보다 (나)에서 크다. 따라서 $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 (가)에서보다 (나)에서 빠르다.

ㄷ. 일정량의 $H_2O(l)$ 을 넣은 상태에서 용기 속 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 (가)에서보다 (나)에서 크므로 $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 (나)에서보다 (가)에서 크다.

05 품공 문제 분석



$H_2O(l)$ 의 증발 속도가 $H_2O(g)$ 의 응축 속도보다 빠르다. $\Rightarrow H_2O(l)$ 의 양이 줄어든다.

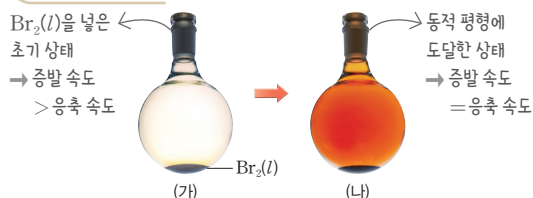
$H_2O(l)$ 의 증발 속도와 $H_2O(g)$ 의 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이다. $\Rightarrow$ 증발 속도와 응축 속도가 같아 $H_2O(l)$ 의 양이 일정하게 유지되므로 겉보 기에는 증발과 응축이 멈춘 것처럼 보인다.

ㄱ. t_1 에서는 $H_2O(l)$ 의 증발 속도가 $H_2O(g)$ 의 응축 속도보다 빠르므로 $H_2O(l)$ 의 양이 줄어든다.

ㄷ. t_2 이후는 $H_2O(l)$ 의 증발 속도와 $H_2O(g)$ 의 응축 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이므로 용기 속 $H_2O(l)$ 의 양과 $H_2O(g)$ 의 양이 일정하게 유지된다.

바로알기 ㄴ. 동적 평형에 도달(t_2)해도 $H_2O(l)$ 의 증발과 $H_2O(g)$ 의 응축은 계속 일어난다.

06 품공 문제 분석

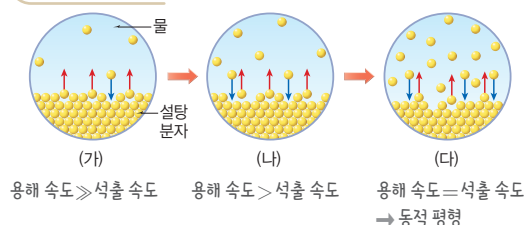


ㄴ. (나)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 $Br_2(l)$ 과 $Br_2(g)$ 이 함께 존재한다.

바로알기 ㄱ. (가)는 $Br_2(l)$ 을 넣은 초기 상태이므로 (가)에서 Br_2 의 증발 속도는 응축 속도보다 빠르다.

ㄷ. 플라스크 속에 들어 있는 $Br_2(g)$ 의 양(mol)은 동적 평형에 도달한 (나)가 (가)보다 크다.

07 품공 문제 분석



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 분자 수는 동적 평형에 도달한 (다)가 (나)보다 크다.

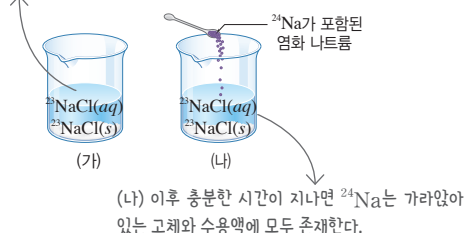
ㄷ. 처음에는 설탕의 용해 속도가 석출 속도보다 빠르지만 시간이 지날수록 용액 속 설탕 분자가 많아지므로 점점 석출 속도가 빨라져 용해 속도와 같아진다. 따라서 설탕의 석출 속도는 (다) > (나) > (가)이다.

08 품공 문제 분석

녹지 않은 염화 나트륨이 비커 바닥에 가라앉았다.

$\Rightarrow$ 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이다.

$\Rightarrow$ 포화 수용액



(나) 이후 충분한 시간이 지나면 ^{24}Na 는 가라앉아 있는 고체와 수용액에 모두 존재한다.

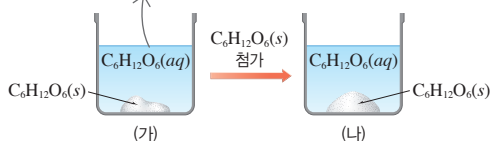
ㄴ. 동적 평형에서는 수용액에 녹아 있는 염화 나트륨의 양이 일정하므로 (가)에서 염화 나트륨 수용액의 농도는 일정하게 유지된다.

ㄷ. 변화가 일어나지 않는 것처럼 보이는 포화 수용액에서도 염화 나트륨의 용해와 석출은 같은 속도로 끊임없이 일어나고 있다. 따라서 (나) 이후 충분한 시간이 지나면 ^{24}Na 는 가라앉아 있는 염화 나트륨 고체와 수용액에 모두 존재한다.

바로알기 ㄱ. (가)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 염화 나트륨의 용해 속도와 석출 속도가 같다.

09 고풍 문제 분석

용해 평형(동적 평형) 상태 $\rightarrow$ 용액으로 녹아 들어가는 용질의 양과 석출되는 용질의 양이 같다. $\rightarrow$ $C_6H_{12}O_6(s)$ 를 첨가해도 (나)에서 용액 속으로 녹아 들어가는 포도당의 양은 (가)에서와 같다.



ㄷ. 용액에 녹아 있는 포도당의 양이 (가)와 (나)에서 같으므로 포도당 수용액의 몰 농도는 (가)와 (나)에서 같다.

바로알기 ㄱ, ㄴ. 온도가 일정하고 (가)와 (나)는 모두 용해 평형(동적 평형) 상태이므로 포도당의 용해 속도와 석출 속도는 (가)와 (나)에서 모두 같다.

10 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.

모범 답안 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 , HI 가 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 %

11 ㄱ, ㄷ. 동적 평형에서는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나므로 N_2O_4 의 생성 속도와 분해 속도가 같고, 용기 속 NO_2 와 N_2O_4 의 농도가 일정하게 유지된다.

바로알기 ㄴ. 동적 평형에서는 적갈색의 NO_2 와 무색의 N_2O_4 가 함께 존재한다.

12 t 초 이후에는 기체의 색이 변하지 않고 일정해지므로 플라스크 속에 들어 있는 반응물인 N_2O_4 의 양(mol)과 생성물인 NO_2 의 양(mol)이 일정한 것이다. 따라서 t 초에 동적 평형에 도달하였다.

ㄴ. 반응 초기에 N_2O_4 를 넣어 반응이 일어날 때 정반응은 기체 분자 수가 증가한다. 따라서 t 초 이후에 기체 분자 수는 반응 초기보다 크다.

ㄷ. t 초 이후는 동적 평형 상태이므로 반응물인 N_2O_4 의 양(mol)과 생성물인 NO_2 의 양(mol)이 일정하다.

바로알기 ㄱ. t 초 이후는 동적 평형 상태이므로 정반응과 역반응이 멈춘 것이 아니라 같은 속도로 일어난다.

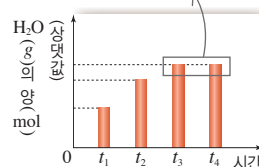
실력 UP 문제

241쪽

01 ㉓ 02 ㄷ

01 고풍 문제 분석

용기 속 $H_2O(g)$ 의 양이 일정하게 유지되기 시작하는 t_3 일 때 동적 평형에 도달한다.



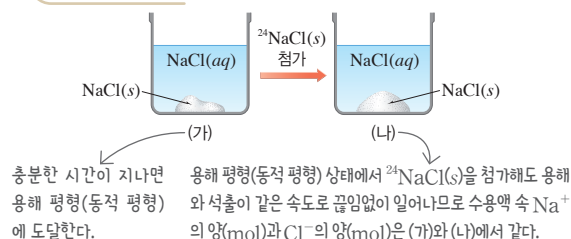
ㄱ. t_3 일 때 동적 평형 상태이므로 H_2O 의 증발 속도와 응축 속도가 같다.

ㄴ. 일정한 온도에서 $H_2O(l)$ 의 증발 속도는 일정하고, $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 용기 속 $H_2O(g)$ 의 양에 비례한다. 이로부터 $H_2O(l)$ 의 증발 속도는 t_1 일 때와 t_2 일 때가 같고, $H_2O(g)$ 의 응축 속도는 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다. 따라서 H_2O 의 증발 속도 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

바로알기 ㄷ. t_3 일 때와 t_4 일 때는 모두 동적 평형 상태이므로 용기 속 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 t_3 일 때와 t_4 일 때가 같다.

따라서 $\frac{t_3 \text{일 때 } H_2O(g) \text{의 양(mol)}}{t_4 \text{일 때 } H_2O(g) \text{의 양(mol)}} = 1$ 이다.

02 고풍 문제 분석



ㄷ. (가)와 (나)에서 수용액의 몰 농도는 같으므로 수용액 속 Na^+ 의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같다. (가)의 수용액 속에는 $^{23}Na^+$ 만 존재하고 (나)의 수용액 속에는 $^{23}Na^+$ 와 $^{24}Na^+$ 이 존재하므로 $^{23}Na^+$ 의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 수용액 속 $^{23}Na^+$ 의 몰 농도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

바로알기 ㄱ, ㄴ. (나)는 용해 평형(동적 평형) 상태이므로 $NaCl$ 의 용해와 석출이 같은 속도로 일어난다.

(2) $pOH = -\log[OH^-] = -\log(1 \times 10^{-3}) = 3$ 이고, $25^\circ C$ 에서 $pH + pOH = 14$ 이므로 $pH = 11$ 이다.

7 (가)는 HA가 녹아 있는 용액으로, H^+ 이 OH^- 보다 많으므로 산성 용액이다. 따라서 $pH < 7$ 이다. (나)는 BA가 녹아 있는 용액으로, H^+ 과 OH^- 의 양이 같으므로 중성 용액이다. 따라서 $pH = 7$ 이다. (다)는 BOH가 녹아 있는 용액으로, OH^- 이 H^+ 보다 많으므로 염기성 용액이다. 따라서 $pH > 7$ 이다. 이로부터 pH 는 (다) > (나) > (가)이다.

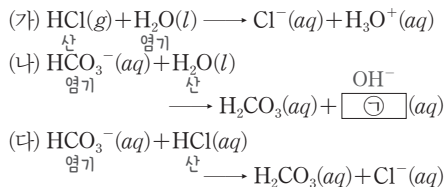
8 수용액의 pH 가 1씩 작아질수록 수용액의 $[H_3O^+]$ 는 10배씩 커진다. 탄산음료의 pH 는 3이고 우유의 pH 는 6이므로 탄산음료의 $[H_3O^+]$ 는 우유의 $[H_3O^+]$ 의 1000배이다.

대표 자료 분석

249~250쪽

- 자료 1** 1 브뢴스테드·로리 산: HCl, 브뢴스테드·로리 염기: H_2O 2 OH^- 3 브뢴스테드·로리 산: H_2O , 브뢴스테드·로리 염기: HCO_3^- 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×
- 자료 2** 1 (가) 염기성 (나) 중성 (다) 산성 2 (가) 8 (나) 7 (다) 6 3 (가) $1 \times 10^{-6} M$ (나) $1 \times 10^{-7} M$ (다) $1 \times 10^{-8} M$ 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ×
- 자료 3** 1 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 2 $1 \times 10^{-10} M$ 3 $1 \times 10^{-11} M$ 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×
- 자료 4** 1 $1 \times 10^{-7.5} M$ 2 $1 \times 10^{-8} M$ 3 6 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

1-1 품공 문제 분석



(가)에서 HCl는 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, H_2O 은 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

1-2 (나)에서 반응 전후 원자의 종류와 수, 전하량의 총합이 같도록 ㉠의 화학식을 완성하면 OH^- 이다.

1-3 (나)에서 H_2O 은 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, HCO_3^- 은 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

1-4 (1) (가)에서 HCl는 H^+ 을 내놓고 Cl^- 이 된다.

(2) (나)에서 H_2O 은 H^+ 을 내놓고 OH^- 이 된다.

(3) (다)에서 HCl는 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

(4) H_2O 은 (가)에서는 브뢴스테드·로리 염기이고, (나)에서는 브뢴스테드·로리 산이다.

(5) H_2O 은 (가)에서 브뢴스테드·로리 염기이고, (나)에서 브뢴스테드·로리 산이므로 (가)와 (나)에서 H_2O 이 양쪽성 물질로 작용한다.

(6) (나)와 (다)에서 HCO_3^- 은 모두 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

2-1 품공 문제 분석

	$[H_3O^+] = [OH^-]$ → 중성 용액		
수용액	(가)	(나)	(다)
$[H_3O^+] : [OH^-]$	$1 : 10^2$	$1 : 1$	$10^2 : 1$
	$[H_3O^+] < [OH^-]$ → 염기성 용액		$[H_3O^+] > [OH^-]$ → 산성 용액

2-2 (가)에서 $[H_3O^+]$ 를 $x M$ 이라고 하면 $[OH^-]$ 는 $100x M$ 이므로 $[H_3O^+][OH^-] = 100x^2 = 1 \times 10^{-14}$ 이다. 따라서 $x = 1 \times 10^{-8}$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-8} M$ 이다. 이로부터 $pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1 \times 10^{-8}) = 8$ 이다.

(나)에서 $[H_3O^+]$ 를 $x M$ 이라고 하면 $[OH^-]$ 도 $x M$ 이므로 $[H_3O^+][OH^-] = x^2 = 1 \times 10^{-14}$ 이다. 따라서 $x = 1 \times 10^{-7}$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} M$ 이다. 이로부터 $pH = 7$ 이다.

(다)에서 $[OH^-]$ 를 $y M$ 이라고 하면 $[H_3O^+]$ 는 $100y M$ 이므로 $[H_3O^+][OH^-] = 100y^2 = 1 \times 10^{-14}$ 이다. 따라서 $y = 1 \times 10^{-8}$ 이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-8} M$ 이다. 이로부터 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6} M$ 이므로 $pH = 6$ 이다.

2-3 (가)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-8} M$ 이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-6} M$ 이다. (나)에서 $[OH^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} M$ 이고, (다)에서 $[OH^-] = 1 \times 10^{-8} M$ 이다.

2-4 (1) (가)는 염기성이므로 $pH > 7$ 이다.

(2) (나)는 중성이고, (다)는 산성이므로 pH 는 (나) > (다)이다.

(3) (나)는 중성으로 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} M$ 이다.

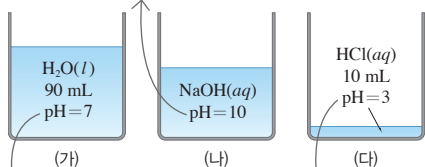
(4) (다)는 산성으로 $[H_3O^+] > [OH^-]$ 이므로 $[OH^-] < 1 \times 10^{-7} M$ 이다.

(5) (가)의 $[H_3O^+]$ 는 $1 \times 10^{-8} M$ 이고, (나)의 $[H_3O^+]$ 는 $1 \times 10^{-7} M$ 이므로 $[H_3O^+]$ 의 비는 (가) : (나) = $1 : 10$ 이다.

(6) (가)의 $[OH^-]$ 는 $1 \times 10^{-6} M$ 이고, (다)의 $[OH^-]$ 는 $1 \times 10^{-8} M$ 이므로 $[OH^-]$ 의 비는 (가) : (다) = $10^2 : 1$ 이다.

3-1 품공 문제 분석

pH=10이므로 pOH=4이다. $\rightarrow [H_3O^+] = 1 \times 10^{-10} M$, $[OH^-] = 1 \times 10^{-4} M$



25 °C에서 pH+pOH=14이다.
 $\rightarrow pH=7$ 이므로 pOH=7이다.
 $\rightarrow [H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} M$

pH=3이므로 pOH=11이다.
 $\rightarrow [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$, $[OH^-] = 1 \times 10^{-11} M$

(가)의 pH=7이므로 pOH=7이다. 따라서 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 이다.

3-2 (나)의 pH=10이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-10} M$ 이다.

3-3 25 °C에서 pH+pOH=14이다. (다)의 pH=3이므로 pOH=11이다. 따라서 $[OH^-] = 1 \times 10^{-11} M$ 이다.

3-4 (1) (가)의 pH=7이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7} M$ 이다.

(2) 25 °C에서 pH+pOH=14이다. (나)의 pH=10이므로 pOH=4이다. 따라서 $[OH^-] = 1 \times 10^{-4} M$ 이다.

(3) (다)에서 pH=3이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이고, 용액의 부피가 10 mL이므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-3} M \times 1 \times 10^{-2} L = 1 \times 10^{-5} mol$ 이다.

(4) (다)의 pH=3이고, (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액의 부피는 100 mL(=90 mL + 10 mL)이므로 (다)를 $\frac{1}{10}$ 로 희석한 용액이다. 따라서 혼합 용액의 pH=4이다.

4-1 품공 문제 분석

수용액	(가)	(나)	(다)
$\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$	$\frac{1}{10}$	100	1
부피(L)		V	100V
$[H_3O^+] : [OH^-]$	1 : 10	100 : 1	1 : 1

(가)에서 $[H_3O^+]$ 를 $x M$ 이라고 하면 $[OH^-]$ 는 $10x M$ 이므로 $[H_3O^+][OH^-] = 10x^2 = 1 \times 10^{-14}$ 이고, $x = 1 \times 10^{-7.5}$ 이다.

4-2 (나)에서 $[OH^-]$ 를 $y M$ 이라고 하면 $[H_3O^+]$ 는 $100y M$ 이므로 $[H_3O^+][OH^-] = 100y^2 = 1 \times 10^{-14}$ 이다. 따라서 $y = 1 \times 10^{-8}$ 이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-8} M$ 이다.

4-3 (나)에서 $[OH^-] = 1 \times 10^{-8} M$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6} M$ 이다. 따라서 $pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1 \times 10^{-6}) = 6$ 이다.

4-4 (1) (다)에서 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 이므로 (다)는 중성 용액이다.

(2) (가)의 $pH = -\log(1 \times 10^{-7.5}) = 7.5$ 이고, (나)의 $pH = -\log(1 \times 10^{-6}) = 6$ 이므로 $\frac{(가)의 pH}{(나)의 pH} > 1$ 이다.

(3) (가)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7.5} M$ 이고, (나)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6} M$ 이므로 $\frac{(가)의 [H_3O^+]}{(나)의 [H_3O^+] } = 1 \times 10^{-1.5}$ 이다.

(4) (나)에서 $[H_3O^+]$ 는 $1 \times 10^{-6} M$ 이고 부피는 $V L$ 이므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 $(1 \times 10^{-6} \times V) mol$ 이다. (다)에서 $[H_3O^+]$ 는 $1 \times 10^{-7} M$ 이고 부피는 $100V L$ 이므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 $(1 \times 10^{-7} \times 100V) mol = (1 \times 10^{-5} \times V) mol$ 이다. 따라서 $\frac{(나)의 H_3O^+의 양(mol)}{(다)의 H_3O^+의 양(mol)} = \frac{(1 \times 10^{-6} \times V) mol}{(1 \times 10^{-5} \times V) mol} = \frac{1}{10}$ 이다.

내신 안정 문제

251~254쪽

01 ②	02 ㄴ, ㄷ	03 ④	04 ③	05 ③	06 ④
07 ㄱ, ㄴ, ㄷ	08 해설 참조	09 ③	10 ③	11 ②	
12 ③	13 ③	14 13	15 ②	16 ②	17 ③
18 ③	19 ④	20 ②			

01 품공 문제 분석

수용액	A	B	C	D
리트머스 종이의 색 변화	붉은색 $\rightarrow$ 푸른색	푸른색 $\rightarrow$ 붉은색	푸른색 $\rightarrow$ 붉은색	붉은색 $\rightarrow$ 푸른색
마그네슘 조각과의 반응	변화 없음	기체 발생	기체 발생	변화 없음

ㄴ. 염산과 B 수용액은 모두 산성 용액이므로 공통된 성질을 나타낸다.

바로알기 ㄱ. A 수용액의 액성은 염기성이다.

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 ④ H_2O 은 CH_3NH_2 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

바로알기 ① H_2O 은 HCN 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

② H_2O 은 NH_4^+ 으로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

③ H_2O 은 H_2CO_3 으로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

⑤ H_2O 은 HCOOH 으로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

04 ㄱ. (가)에서 NH_3 는 H_2O 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

ㄴ. (나)에서 HCl 는 H_2O 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

바로알기 ㄷ. H_2O 은 (가)에서는 NH_3 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, (나)에서는 HCl 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

05 ㄱ. (나)와 (다)에서 반응 전후 원자의 종류와 수, 전하량의 총합이 같도록 ㉠의 화학식을 완성하면 OH^- 이다.

ㄴ. (나)에서 HS^- 은 H_2O 로부터 H^+ 을 받아 H_2S 가 되므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

바로알기 ㄷ. H_2O 은 (가)에서는 H_2CO_3 으로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이고, (나)와 (다)에서는 각각 HS^- 과 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

06 (가)에서는 H_2O 이 HNO_3 으로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다. (나)에서는 HCO_3^- 이 H_2O 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다. (다)에서는 H_2O 이 HSO_4^- 으로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

07 ㄱ. (가)에서 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 X의 화학식을 완성하면 NaOH 이다. NaOH 은 수용액에서 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.

ㄴ. (나)에서 H_2O 은 NH_3 에게 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄷ. (나)와 (다)에서 NH_3 는 각각 H_2O 과 HCl 로부터 H^+ 을 받으므로 모두 브뢴스테드·로리 염기이다.

08 **모범 답안** H_2PO_4^- 과 H_2O , 첫 번째 반응에서 H_2PO_4^- 은 브뢴스테드·로리 산이고, H_2O 은 브뢴스테드·로리 염기이다. 두 번째 반응에서 H_2PO_4^- 은 브뢴스테드·로리 염기이고, H_2O 은 브뢴스테드·로리 산이다. 따라서 H_2PO_4^- 과 H_2O 은 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 %

09 ㄱ. (가)에서 HCN 는 H_2O 에게 H^+ 을 내놓고 CN^- 이 된다. ㄷ. H_2O 은 (가)에서는 HCN 로부터 H^+ 을 받는 브뢴스테드·로리 염기이고, (나)에서는 CO_3^{2-} 에게 H^+ 을 내놓는 브뢴스테드·로리 산이다. 따라서 H_2O 은 반응 조건에 따라 산과 염기로 작용하는 양쪽성 물질이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 CO_3^{2-} 은 H_2O 로부터 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

10 ① 순수한 물은 자동 이온화하여 H_3O^+ 과 OH^- 을 1 : 1로 내놓으므로 순수한 물의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 같다.

② 물의 이온화 상수(K_w)는 일정한 온도에서 그 값이 일정하므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 반비례 관계이다($[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}$).

따라서 순수한 물에 황산을 넣은 수용액은 산성이므로 수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $[\text{OH}^-]$ 보다 크다.

④ 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 pH와 pOH의 합은 14이다.

⑤ 25 °C에서 pH=7인 수용액의 액성은 중성이고, pH<7인 수용액의 액성은 산성, pH>7인 수용액의 액성은 염기성이다.

바로알기 ③ pH = $-\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 커질수록 pH는 작아진다.

11 0.01 M 염산에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 염산의 농도와 같은 0.01 M ($=1 \times 10^{-2}$ M)이고, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 1×10^{-12} M이다.

12 ㄱ. 25 °C의 순수한 물에서 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$ M = $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이다.

ㄷ. 산성 용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \times 10^{-7}$ M > $[\text{OH}^-]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 1×10^{-7} M보다 크다.

바로알기 ㄴ. 물의 자동 이온화 반응에서 K_w 가 1×10^{-14} 로 매우 작은 것으로 보아 물은 매우 일부분만 이온화된다는 것을 알 수 있다. 따라서 생성물의 양(mol)은 반응물의 양(mol)보다 매우 작다.

13 품공 문제 분석

A의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 1×10^{-8} M이고, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 1×10^{-6} M이다.

C의 $[\text{OH}^-]$ 가 1×10^{-8} M이고, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 1×10^{-6} M이다.

수용액	A	B	C
$[\text{H}_3\text{O}^+](\text{M})$	1×10^{-8}	1×10^{-3}	1×10^{-6}
$[\text{OH}^-](\text{M})$	1×10^{-6}	1×10^{-11}	1×10^{-8}
pH	8	3	6

B의 pH=3이고, pH = $-\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이다. 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-11}$ 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 $pH = -\log(1 \times 10^{-8}) = 8$ 이다. C의 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-6} M이므로 $pH = -\log(1 \times 10^{-6}) = 6$ 이다. 따라서 A와 C의 pH는 서로 다르다.

14 NaOH 20 g은 $\frac{20 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이다. 즉, NaOH 0.5 mol을 물에 녹여 5 L의 NaOH 수용액을 만들었으므로 $[OH^-] = \frac{0.5 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다. 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-13} M이다. 따라서 NaOH 수용액의 $pH = -\log(1 \times 10^{-13}) = 13$ 이다.

15 고품 문제 분석

구분	수용액	부피(L)	pH	$[H_3O^+]$
(가)	HCl(aq)	1	2	$1 \times 10^{-2} \text{ M}$
(나)	NaOH(aq)	2	12	$1 \times 10^{-12} \text{ M}$

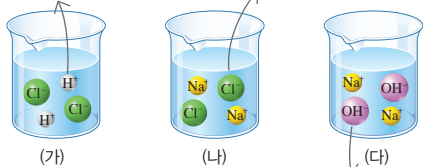
ㄷ. (가)의 pH는 2이므로 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-2} M이다. (나)의 pH는 12이므로 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-12} M이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-]$ 는 1×10^{-2} M이다. 따라서 (가)의 $[H_3O^+]$ 와 (나)의 $[OH^-]$ 는 모두 1×10^{-2} M로 서로 같다.

바로알기 ㄱ. (가)의 pH는 2이므로 (가)의 액성은 산성이다.

ㄴ. (나)의 $[OH^-]$ 는 $1 \times 10^{-2} \text{ M} (=0.01 \text{ M})$ 이고, 용액의 부피는 2 L이므로 (나)에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $0.01 \text{ M} \times 2 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다.

16 고품 문제 분석

H^+ 의 양(mol)은 0.2 mol이고, 용액의 부피 H^+ 이나 OH^- 이 없으므로 H^+ 과 OH^- 의 양이 같은 중성 용액이다.



OH^- 의 양(mol)은 0.2 mol이고, 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 $pH + pOH = 14$ 이므로 (다)의 pH는 13이다.

17 ㄱ. A 수용액의 pH가 13이므로 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-13} M이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-]$ 는 0.1 M이다. 따라서 $[OH^-] > [H_3O^+]$ 이다.

ㄷ. C 수용액의 pH가 7이므로 $[H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$ M이다.

바로알기 ㄴ. B 수용액은 pH가 3이므로 산성 용액이다.

18 고품 문제 분석

• (가)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-12}$ M이다.
 → 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 (가)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이다. 따라서 (가)의 pH=2이다.
 • (나)의 pOH는 (가)의 pH의 2배이다.
 → (가)의 pH=2이므로 (나)의 pOH=4이다. 따라서 (나)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-4}$ M이다.

ㄱ. (가)에서 $[OH^-] = 1 \times 10^{-12}$ M이고, $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이다. 따라서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ M}}{1 \times 10^{-12} \text{ M}} = 1 \times 10^{10}$ 이다.

ㄴ. (나)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-4}$ M이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-10}$ M이다. 따라서 (나)의 pH=10이다.

바로알기 ㄷ. (가)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이고, (나)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-10}$ M이므로 $\frac{(가)의 [H_3O^+]}{(나)의 [H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ M}}{1 \times 10^{-10} \text{ M}} = 1 \times 10^8$ 이다.

19 고품 문제 분석

수용액	$[OH^-](M)$	$[H_3O^+](M)$	pH	pOH
(가)	1×10^{-2}	1×10^{-12}	x 12	2
(나)	y	1×10^{-4}	4	10

1×10^{-10}

ㄴ. (나)의 pH는 4이므로 (나)의 pOH는 10이다. 따라서 (나)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-10}$ M이므로 $y = 1 \times 10^{-10}$ 이다.

ㄷ. (가)의 $[OH^-] = 1 \times 10^{-2}$ M이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-12}$ M이다. 또, (나)의 pH가 4이므로 pOH는 10이고, $[OH^-] = 1 \times 10^{-10}$ M이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}$ M이다. 따라서 $\frac{(가)의 [H_3O^+]}{(나)의 [H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-12} \text{ M}}{1 \times 10^{-4} \text{ M}} = 1 \times 10^{-8}$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-12}$ M이므로 pH=12이다. 따라서 x=12이다.

20 ② 우유의 pH는 6이므로 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-6} M이다. 따라서 우유의 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-7} M보다 크다.

바로알기 ① pH가 작을수록 산성이 강하므로 산성이 가장 강한 물질은 레몬즙이다.

- ③ 비눗물의 pH는 10이므로 $[H_3O^+]$ 는 1×10^{-10} M이다. 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 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 하수구 세정제의 $[H_3O^+]$ 는 베이킹 소다 수용액의 $[H_3O^+]$ 보다 작다.
- ⑤ 수용액의 pH가 1씩 작아질수록 수용액의 $[H_3O^+]$ 는 10배씩 커진다. 커피의 pH는 5이고, 증류수의 pH는 7이므로 커피의 $[H_3O^+]$ 는 증류수의 $[H_3O^+]$ 의 100배이다.

실력 UP 문제

255쪽

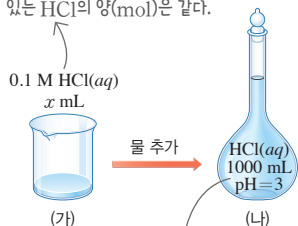
01 ③ 02 ① 03 ④ 04 ②

01 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 화학식 ㉠~㉣을 완성하면 각각 HCl, CH₃OH, HI이다.

첫 번째 반응에서 HCl은 NH₃에게 H⁺을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다. 두 번째 반응에서 CH₃OH은 HBr에게 H⁺을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다. 세 번째 반응에서 HI는 (CH₃)₃N에게 H⁺을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

02 공품 문제 분석

(가)는 0.1 M HCl(aq)이므로 $[H_3O^+] = 0.1$ M이며, (가)의 0.1 M HCl(aq) x mL에 들어 있는 HCl의 양(mol)과 (나)에 들어 있는 HCl의 양(mol)은 같다.



(나)의 pH=3이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이다.
→ HCl(aq)의 몰 농도는 1×10^{-3} M이다.

ㄱ. (나)의 HCl(aq)의 pH가 3이므로 HCl(aq)의 몰 농도는 1×10^{-3} M (=0.001 M)이다. (가)에 물을 추가하여 희석하더라도 용액 속 용질의 양(mol)은 일정하므로 $0.1 \text{ M} \times x \text{ mL} = 0.001 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}$ 이다. 따라서 $x=10$ 이다.

바로알기 ㄴ. 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이다. 이로부터 (가)의 $[H_3O^+] = 0.1$ M이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-13}$ M이고, (나)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-11}$ M이다. 따라서 $[OH^-]$ 는 (나)에서가 (가)에서의 100배이다.

ㄷ. (가)의 $[H_3O^+] = 0.1$ M이므로 pH=1이다. 또, (나)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이므로 pH=3이다. 이때 25 °C에서 $pH + pOH = 14$ 이므로 pOH=11이다. 따라서 (나)의 $pOH - (가)의 pH = 11 - 1 = 10$ 이다.

03 공품 문제 분석

(나)는 염기성이므로 $pH > 7$, $pOH < 7$ 이다. → (나)의 $pOH = 5$ 이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
pH 또는 pOH	3	5	10
부피(mL)	200	500	400
수용액의 액성	산성	염기성	산성

(가)는 산성이므로 $pH < 7$, $pOH > 7$ 이다. → (가)의 pH=3이다.
(다)는 산성이므로 $pH < 7$, $pOH > 7$ 이다. → (다)의 pOH=10이다.

ㄴ. (가)의 $pH = 3$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이다. 또, (나)의 $pOH = 5$ 이며, 25 °C에서 $pH + pOH = 14$ 이므로 $pH = 9$ 이다. 이로부터 (나)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-9}$ M이다. 따라서 (가)의 $[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ M}}{1 \times 10^{-9} \text{ M}} = 1 \times 10^6$ 이다.

ㄷ. (가)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, 부피는 0.2 L이므로 (가)에 들어 있는 H₃O⁺의 양(mol)은 $1 \times 10^{-3} \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 2 \times 10^{-4}$ mol이다. 또, (다)의 $pOH = 10$ 이며, 25 °C에서 $pH + pOH = 14$ 이므로 $pH = 4$ 이다. 이로부터 (다)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}$ M이고, 부피는 0.4 L이므로 (다)에 들어 있는 H₃O⁺의 양(mol)은 $1 \times 10^{-4} \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = 4 \times 10^{-5}$ mol이다. 따라서 H₃O⁺의 양(mol)은 (가)가 (다)의 5배이다.

바로알기 ㄱ. (나)의 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-9}$ M이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-5}$ M이다.

따라서 (나)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-9} \text{ M}}{1 \times 10^{-5} \text{ M}} = 1 \times 10^{-4}$ 이다.

04 공품 문제 분석

(나)의 $pOH = 13$ 이다. → $pH = 1$ 이다.
→ $[H_3O^+] = 0.1$ M이고, $[OH^-] = 1 \times 10^{-13}$ M이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
pOH	2	13	12
부피(mL)	100	200	100
$[H_3O^+](M)$	1×10^{-12}	0.1	1×10^{-2}

(가)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-12}$ M이다. → $pH = 12$ 이고, $[OH^-] = 1 \times 10^{-2}$ M이다. → $pOH = 2$ 이다.
(다)에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이다. → $pH = 2$ 이고, $[OH^-] = 1 \times 10^{-12}$ M이다. → $pOH = 12$ 이다.

ㄴ. (가)의 $pOH = 2$ 이고, (다)의 $pH = 2$ 이므로 (가)의 $pOH - (다)의 pH = 1$ 이다.

바로알기 ㄱ. (나)의 $[H_3O^+] = 0.1$ M이고, 부피가 0.2 L이므로 H₃O⁺의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.02$ mol이다.

ㄷ. (나)의 $[H_3O^+] = 0.1$ M이고, 부피는 0.2 L이므로 (나)에 들어 있는 H₃O⁺의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 2 \times 10^{-2}$ mol이다. (다)의 $[H_3O^+] = 0.01$ M이고 부피가 0.1 L이므로 (다)에 들어 있는 H₃O⁺의 양(mol)은 $0.01 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-3}$ mol이다. 따라서 용액 속 H₃O⁺의 양(mol)은 (나)가 (다)의 20배이다.

개념 확인 문제

261쪽

- ① 중화 반응 ② 알짜 이온 반응식 ③ 구경꾼 이온 ④ 염
 ⑤ 수소 이온(H^+) ⑥ 수산화 이온(OH^-) ⑦ 중화 적정
 ⑧ 표준 용액 ⑨ 중화점

1 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\bigcirc$ 2 H_2O 3 (1) $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$ (2) Na^+, SO_4^{2-} 4 25 mL 5 0.05 M 6 (1) (가) 염기성 (나) 염기성 (다) 중성 (라) 산성 (2) (다) (3) (가) 파란색 (나) 파란색 (다) 초록색 (라) 노란색

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_2O 이다.

3 (1) 알짜 이온 반응식은 실제 반응에 참여한 이온만으로 나타낸 화학 반응식이다.

(2) 구경꾼 이온은 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온이다.

4 0.1 M $HCl(aq)$ 100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.2 M $Ca(OH)_2$ 수용액의 최소 부피를 x 라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$1 \times 0.1 \text{ M} \times 100 \text{ mL} = 2 \times 0.2 \text{ M} \times x, x = 25 \text{ mL}$$

5 $HCl(aq)$ 20 mL를 적정하는 데 사용한 0.1 M $NaOH$ 수용액의 부피가 10 mL이므로 $HCl(aq)$ 의 몰 농도를 x 라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$1 \times x \times 20 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 10 \text{ mL}, x = 0.05 \text{ M}$$

6 (1) (가)와 (나)는 용액 속에 OH^- 이 있으므로 염기성, (다)는 용액 속에 H^+ 이나 OH^- 이 없으므로 중성, (라)는 용액 속에 H^+ 이 있으므로 산성이다.

(2) 중화 반응이 완결된 용액은 H^+ 과 OH^- 이 모두 반응한 용액으로 (다)이다.

(3) BTB 용액은 산성 용액에서 노란색, 중성 용액에서 초록색, 염기성 용액에서 파란색을 나타낸다.

대표 자료 분석

262~263쪽

자료 ① 1 $\frac{1}{2}$ 2 $\frac{1}{2}$ 과 같다. 3 A: $Z(OH)_2$ 수용액, B: YOH 수용액 4 I: 산성, II: 산성 5 양이온: H^+, Z^{2+} , 음이온: X^{2-} 6 H^+ : $(0.6V - 10a) \times 10^{-3} \text{ mol}$, Z^{2+} : $5a \times 10^{-3} \text{ mol}$, X^{2-} : $0.3V \times 10^{-3} \text{ mol}$ 7 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\bigcirc$ (4) $\times$

자료 ② 1 (가) 산성 (나) 산성 2 H^+, A^{2-}, Na^+ 3 H^+
 4 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\bigcirc$ (4) $\bigcirc$

자료 ③ 1 0.1 M 2 20 3 뷰렛 4 (1) $\bigcirc$ (2) $\times$ (3) $\bigcirc$

1-1 품목 문제 분석

• H_2X 수용액에는 H^+ 과 X^{2-} 이 2 : 1의 몰비로 존재하므로 음이온 수 양이온 수 $= \frac{1}{2}$ 이다.

• H_2X 수용액에 1가 염기인 YOH 수용액을 중화점까지 넣을 때는 넣어 준 OH^- 과 H^+ 이 1 : 1의 몰비로 반응하고, 반응하여 소모된 H^+ 수만큼 Y^+ 이 첨가되므로 용액에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = \frac{1}{2}$ 이 된다.

• H_2X 수용액에 2가 염기인 $Z(OH)_2$ 수용액을 넣을 때는 넣어 준 OH^- 과 H^+ 이 1 : 1의 몰비로 반응하고, H^+ 이 2개 반응하여 소모될 때 Z^{2+} 이 1개 첨가되므로 용액에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = \frac{1}{2}$ 보다 크다.

혼합 용액	I	II
혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도의 합(상댓값)	8	5
혼합 용액에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5}$

H_2X 수용액에 A 수용액을 첨가하여 만든 혼합 용액 I에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 가 $\frac{1}{2}$ 보다 크다. $\Rightarrow$ 수용액 A는 $Z(OH)_2$ 수용액이고, 수용액 B는 YOH 수용액이다.

H_2X 수용액에는 H^+ 과 X^{2-} 이 2 : 1의 몰비로 존재한다.

1-2 H_2X 수용액에 YOH 수용액을 중화점까지 첨가한 경우 넣어 준 OH^- 수만큼 H^+ 수가 감소하고, 감소한 H^+ 수만큼 Y^+ 수가 증가하므로 혼합 용액 속 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.

1-3 H_2X 수용액에 A 수용액을 첨가하여 만든 혼합 용액 I에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 가 $\frac{1}{2}$ 보다 크므로 수용액 A는 2가 염기인 $Z(OH)_2$ 수용액이다. 또, 혼합 용액 I과 II에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 가 같으므로 혼합 용액 I에 수용액 B를 넣을 때 감소한 H^+ 수와 염기의 양이온 수가 같다. 따라서 수용액 B는 1가 염기인 YOH 수용액이다.

1-4 혼합 용액 III이 중성인데, 혼합 용액 I과 II는 산 수용액에 염기 수용액을 넣어 만들므로 혼합 용액 I과 II는 모두 산성이다.

1-5 혼합 용액 I은 산성이고, H_2X 수용액에 $Z(OH)_2$ 수용액을 첨가하여 만든 용액이므로 용액 속에 존재하는 양이온은 H^+ , Z^{2+} 이고, 음이온은 X^{2-} 이다.

1-6 $0.3\text{ M } H_2X$ 수용액 $V\text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.3\text{ M} \times V \times 10^{-3}\text{ L} = 0.6V \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이고, X^{2-} 의 양(mol)은 $0.3\text{ M} \times V \times 10^{-3}\text{ L} = 0.3V \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이다. $a\text{ M } Z(OH)_2$ 수용액 5 mL 에 들어 있는 Z^{2+} 의 양(mol)은 $a\text{ M} \times 5 \times 10^{-3}\text{ L} = 5a \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이고, OH^- 의 양(mol)은 $2 \times a\text{ M} \times 5 \times 10^{-3}\text{ L} = 10a \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이다. 혼합 용액 I은 산성 용액이고, H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 용액 속 H^+ 의 양(mol)은 $(0.6V - 10a) \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이다.

1-7 (1) 혼합 용액 I에서 모든 양이온의 양(mol)은 $(0.6V - 10a) \times 10^{-3}\text{ mol} + 5a \times 10^{-3}\text{ mol} = (0.6V - 5a) \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이고, 음이온의 양(mol)은 $0.3V \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이므로 용액에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = \frac{0.3V \times 10^{-3}}{(0.6V - 5a) \times 10^{-3}} = \frac{3}{5}$ 에서 $1.5V = 3(0.6V - 5a)$ 이다. 따라서 $V = 50a$ 이다. 또, 혼합 용액 I에 수용액 B(YOH 수용액)를 첨가할 때 전체 이온 수가 변하지 않으므로 혼합 용액 I과 II에서 전체 이온 수는 같고, 용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도 합의 비가 I : II = 8 : 5이므로 용액의 부피비는 I : II = 5 : 8이다. 따라서 $(V + 5) : (V + 20) = 5 : 8$ 이므로 $V = 20$ 이다.

(2) $V = 50a$ 이고, $V = 20$ 이므로 $a = 0.4$ 이다.

(3) 혼합 용액 I에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $(0.6V - 10a) \times 10^{-3}\text{ mol} = 8 \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이고, $0.4\text{ M } YOH$ 수용액 15 mL 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $0.4\text{ M} \times 15 \times 10^{-3}\text{ L} = 6 \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이므로 혼합 용액 II에 존재하는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이다.

(4) 혼합 용액 III이 중성이므로 혼합 용액 II에 넣어 준 $0.4\text{ M } YOH$ 수용액 $x\text{ mL}$ 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $2 \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이다. 따라서 $0.4 \times x = 2$ 이므로 $x = 5$ 이다.

2-1 꼼꼼 문제 분석

(가)~(다)에서 혼합한 산 수용액의 부피가 같다.

용액	(가)	(나)	(다)
$H_2A(aq)$ 의 부피(mL)	x	x	x
$NaOH(aq)$ 의 부피(mL)	20	30	60
pH			
용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도(M)비			
이온의 몰 농도비 → 3 : 2 : 1		(나)의 pH가 1이므로 (나)는 산성이다.	이온의 몰 농도비 → 3 : 2 : 1

(나)의 pH=1이므로 (나)는 산성이다. (가)는 (나)와 산 수용액의 부피는 같지만 (나)보다 염기 수용액의 부피가 작으므로 (나)와 같이 산성이다.

2-2 (가) 용액에는 H_2A 가 이온화하여 생성된 H^+ , A^{2-} 과 $NaOH$ 이 이온화하여 생성된 Na^+ 이 존재한다. 이때 (가)는 산성 용액이므로 OH^- 은 모두 반응하여 존재하지 않는다.

2-3 (가) 용액에 존재하는 이온의 몰 농도비는 3 : 2 : 1이다. 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온을 A^{2-} 이라고 하면 다음과 같다. H_2A 수용액에서 H^+ 과 A^{2-} 은 2 : 1의 개수비로 존재하므로 A^{2-} 의 양(mol)을 $3n\text{ mol}$ 이라고 하면 반응 전 H^+ 의 양(mol)은 $6n\text{ mol}$ 이다. 이때 A^{2-} 의 양(mol)이 가장 커야 하고, 이온의 몰 농도비가 3 : 2 : 1이라면 넣어 준 $NaOH$ 수용액 속 Na^+ 의 양(mol)은 $2n\text{ mol}$ 이거나 $n\text{ mol}$ 이어야 한다.

• Na^+ 의 양(mol)이 $2n\text{ mol}$ 일 때 H^+ $6n\text{ mol}$ 중 $2n\text{ mol}$ 이 OH^- $2n\text{ mol}$ 과 반응하므로 H^+ 의 양(mol)은 $4n\text{ mol}$ 이다. 따라서 이온의 몰 농도비는 $H^+ : A^{2-} : Na^+ = 4 : 3 : 2$ 가 된다.

• Na^+ 의 양(mol)이 $n\text{ mol}$ 일 때 H^+ $6n\text{ mol}$ 중 $n\text{ mol}$ 이 OH^- $n\text{ mol}$ 과 반응하므로 H^+ 의 양(mol)은 $5n\text{ mol}$ 이다. 따라서 이온의 몰 농도비는 $H^+ : A^{2-} : Na^+ = 5 : 3 : 1$ 이 된다.

이 2가지 경우는 모두 조건에 부합하지 않으므로 적합하지 않다. 또, 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온을 Na^+ 이라 하고 Na^+ 의 양(mol)을 $3n\text{ mol}$ 이라고 하면 H^+ 과 A^{2-} 의 양(mol)은 각각 $n\text{ mol}$, $2n\text{ mol}$ 이며, 이때는 (나) 용액의 액성이 염기성이 되어 적합하지 않다. 따라서 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온은 H^+ 이다.

2-4 (1) (가)는 산성 용액이므로 OH^- 이 존재하지 않는다.

(2), (3) 용액 (가)에서 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온이 H^+ 이고, 이온의 몰 농도비가 3 : 2 : 1이므로 $0.2\text{ M } H_2A$ 수용액 $x\text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)이 $4n\text{ mol}$ 일 때 A^{2-} 의 양(mol)은 $2n\text{ mol}$ 이고, $y\text{ M } NaOH$ 수용액 20 mL 에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 $n\text{ mol}$ 이다. 따라서 용액 (다)에서 혼합 전의 이온의 양(mol)이 H^+ $4n\text{ mol}$, A^{2-} $2n\text{ mol}$, Na^+ $3n\text{ mol}$, OH^- $3n\text{ mol}$ 이므로 혼합 후의 이온의 양(mol)은 Na^+ $3n\text{ mol}$, A^{2-} $2n\text{ mol}$, H^+ $n\text{ mol}$ 이다. 따라서 ㉠은 A^{2-} 이고, 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온은 Na^+ 이다.

(4) 용액 (나)에서 pH=1이므로 $[H^+] = 0.1\text{ M}$ 이고, $0.2\text{ M } H_2A$ 수용액 $x\text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 $y\text{ M } NaOH$ 수용액 30 mL 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)의 차는 (나)에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 같다. 따라서 다음과 같은 식이 성립한다.

$$(2 \times 0.2\text{ M} \times x \times 10^{-3}\text{ L}) - (y\text{ M} \times 30 \times 10^{-3}\text{ L}) = 0.1\text{ M} \times (x + 30) \times 10^{-3}\text{ L}$$

또, 용액 (가)에 존재하는 이온의 몰비는 $A^{2-} : Na^+ = 2 : 1$ 이므로 $(0.2\text{ M} \times x \times 10^{-3}\text{ L}) : (y\text{ M} \times 20 \times 10^{-3}\text{ L}) = 2 : 1$ 이다.

이 두 식을 풀면 $x = 20$, $y = 0.1$ 이다.

3-1 품공 문제 분석

[실험 과정] $\rightarrow$ CH_3COOH 수용액의 몰 농도가 $\frac{1}{10}$ 이 된다.
 (가) 농도(x)를 모르는 CH_3COOH 수용액 10 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액을 만든다.
 (나) (가)에서 만든 수용액 ㉠ mL를 삼각 플라스크에 넣고 페놀프탈레인 용액을 몇 방울 떨어뜨린다.
 ㉠은 표준 용액을 넣어 사용하는 기구이다.
 (다) 그림과 같이 ㉡에 들어 있는 0.2 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 (나)의 삼각 플라스크에 한 방울씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 흔들어 준다.
 (라) (다)의 삼각 플라스크 속 수용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 적정을 멈추고, 적정에 사용된 NaOH 수용액의 부피(V)를 측정한다.
 [실험 결과] $\rightarrow$ 중화 반응에 사용된 0.2 M NaOH 수용액의 부피가 10 mL이다.
 • $V: 10 \text{ mL}$ • $x: 1.0 \text{ M}$
 과정 (가)의 처음 CH_3COOH 수용액의 몰 농도가 1.0 M이다.



농도를 모르는 CH_3COOH 수용액의 몰 농도가 1.0 M이고, 과정 (가)에서는 1.0 M CH_3COOH 수용액 10 mL에 물을 넣어 100 mL로 만들었으므로 $\frac{1}{10}$ 로 희석했다. 따라서 과정 (가)에서 만든 CH_3COOH 수용액의 몰 농도는 0.1 M이다.

3-2 0.1 M CH_3COOH 수용액 ㉠ mL를 완전히 중화시키는데 사용된 0.2 M NaOH 수용액의 부피가 10 mL이므로 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$$1 \times 0.1 \text{ M} \times \text{㉠ mL} = 1 \times 0.2 \text{ M} \times 10 \text{ mL}$$

따라서 ㉠=20이다.

3-3 실험 기구 ㉡은 적정에 사용한 표준 용액을 넣어 부피를 측정할 때 사용하는 뷰렛이다.

3-4 (1) 용액의 부피를 정확히 취하여 옮길 때 사용하는 실험 기구는 피펫이다.

(2) 중화 반응에 사용된 0.2 M NaOH 수용액의 부피가 10 mL이므로 NaOH 의 양(mol)은 $0.2 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.

(3) 중화 반응에서 산이 내놓은 H^+ 과 염기가 내놓은 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물(H_2O)을 생성한다. 따라서 반응한 NaOH 의 양(mol)과 생성된 H_2O 의 양(mol)이 같다. CH_3COOH 수용액과의 중화 반응에 사용된 NaOH 의 양(mol)은 $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이므로 과정 (라)에서 생성된 H_2O 의 양(mol)도 $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.

내신 안정 문제

264~268쪽

01 ㄱ, ㄷ 02 ④ 03 ③ 04 ② 05 ② 06 해설
 참조 07 ④ 08 ③ 09 ③ 10 ③ 11 ⑤ 12 ①
 13 (가) $\rightarrow$ (다) $\rightarrow$ (나) 14 ③ 15 ㄷ 16 ④ 17 ②
 18 ③ 19 ③ 20 ④ 21 ③ 22 ② 23 ④

01 ㄱ. 중화 반응은 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 이 1 : 1의 몰비로 반응하여 물과 염을 생성하는 반응이다.

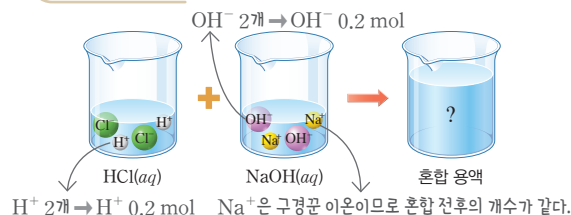
ㄷ. 구경꾼 이온은 반응에 참여하지 않는 이온이다.

바로알기 ㄴ. 염은 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합한 물질이다.

02 ㄴ, ㄷ. 생선 비린내(염기)를 없애기 위해 레몬즙(산)을 뿌리거나, 위액(산)이 많이 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 이용하지 않는다.

03 품공 문제 분석



ㄱ. 중화 반응에서 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하여 물을 생성하므로 혼합 용액의 액성은 중성이다.

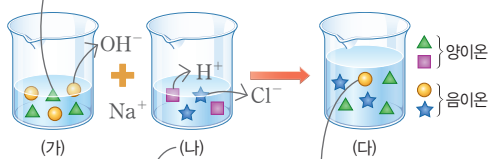
ㄴ. HCl(aq) 100 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 0.2 mol이고, NaOH 수용액 100 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 0.2 mol이므로 혼합 후 생성된 물의 양(mol)은 0.2 mol이다.

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 0.2 mol이다. 혼합 용액의 부피는 200 mL이므로 Na^+ 의 몰 농도는 $\frac{0.2 \text{ mol}}{200 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 1 \text{ M}$ 이다.

04 0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 100 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이고, 0.2 M HCl(aq) 400 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $0.2 \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = 0.08 \text{ mol}$ 이므로 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 과 HCl(aq) 을 혼합한 용액에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $0.02 \text{ mol} + 0.08 \text{ mol} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. 즉, 완전히 중화하는 데 필요한 OH^- 의 최소 양(mol)은 0.1 mol이다. 따라서 혼합 용액을 완전히 중화하는 데 필요한 0.5 M NaOH 수용액의 최소 부피는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ mol/L}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 200 \text{ mL}$ 이다.

05 품공 문제 분석

양이온 ▲의 수는 (가)와 (다)에서 같다. → ▲은 구경꾼 이온이므로 Na^+ 이다. 따라서 (가)는 NaOH 수용액이다.



(나)는 HCl(aq) 이고, 양이온인 ▲은 H^+ 이다.
(다)는 염기성 용액이다.

ㄴ. (다)에는 OH^- 이 존재하므로 (다)의 액성은 염기성이다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (다)에 들어 있는 ▲은 양이온이고 구경꾼 이온이므로 Na^+ 이다.

ㄷ. 같은 부피 속에 들어 있는 전체 이온 수는 (가) > (나)이므로 몰 농도는 NaOH 수용액 > HCl(aq) 이다.

06 **모범 답안** 0.1 M KOH 수용액 30 mL에 들어 있는 이온은 K^+ 3개, OH^- 3개이고, KOH 수용액과 HCl(aq) 의 몰 농도가 같으며, KOH 수용액의 부피가 HCl(aq) 의 3배이므로 0.1 M HCl(aq) 10 mL에 들어 있는 이온은 H^+ 1개, Cl^- 1개이다. 따라서 혼합 용액에는 K^+ , OH^- , Cl^- 이 들어 있고, 이온 수비는 $\text{K}^+ : \text{OH}^- : \text{Cl}^- = 3 : 2 : 1$ 이다.

채점 기준	배점
이온의 종류와 이온 수비를 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
이온의 종류와 이온 수비만 옳게 쓴 경우	40 %

07 품공 문제 분석

HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H^+ 수를 N 이라고 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 작은 용액은 (다)이다.

바로알기 ㄱ. pH가 가장 작은 용액은 산성 용액인 (라)이다.

08 품공 문제 분석

$\text{HNO}_3(\text{aq})$ 20 mL와 NaOH 수용액 40 mL를 혼합한 (나)의 pH가 7인 것으로 보아 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 과 NaOH 수용액은 1 : 2의 부피비로 반응하여 완전히 중화된다. 따라서 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 20 mL에 들어 있는 H^+ 수를 N 이라고 하면 NaOH 수용액 40 mL에 들어 있는 OH^- 수는 N 이고, 혼합 전 용액에 들어 있는 이온 수를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)				pH
	$\text{HNO}_3(aq)$		$\text{NaOH}(aq)$		
(가)	10	$\text{H}^+ \frac{1}{2} N$	50	$\text{OH}^- \frac{5}{4} N$	㉠
(나)	20	$\text{H}^+ N$	40	$\text{OH}^- N$	7
(다)	30	$\text{H}^+ \frac{3}{2} N$	30	$\text{OH}^- \frac{3}{4} N$	㉡

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. $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 과 NaOH 수용액은 1 : 2의 부피비로 반응하므로 몰 농도비는 2 : 1이다. 따라서 단위 부피당 음이온 수비는

$\text{HNO}_3(\text{aq}) : \text{NaOH}$ 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.

09 품공 문제 분석

(나)는 중성이다. → $\text{H}_2\text{A(aq)}$ 는 2가 산이고, BOH(aq) 은 1가 염기이며, 반응 부피비가 $\text{H}_2\text{A(aq)} : \text{BOH(aq)} = 1 : 2$ 이므로 몰 농도는 서로 같다. $\text{H}_2\text{A(aq)}$ 5 mL에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)을 $3n$ mol이라고 하면 BOH(aq) 5 mL에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)은 $2n$ mol이고, 혼합 전후 용액에 들어 있는 이온의 종류와 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)						액성
	$\text{H}_2\text{A}(\text{aq})$			$\text{BOH}(\text{aq})$			
	$\text{H}^+(\text{mol})$	$\text{A}^{2-}(\text{mol})$		$\text{B}^+(\text{mol})$	$\text{OH}^-(\text{mol})$		
(가)	5	$2n$	n	25	$5n$	$5n$	㉠
(나)	10	$4n$	$2n$	20	$4n$	$4n$	중성
(다)	20	$8n$	$4n$	10	$2n$	$2n$	
	혼합 후 용액 속 이온의 양(mol)					전체 이온의 양(mol)	
(가)	$\text{A}^{2-} \ n \text{ mol}, \text{B}^+ \ 5n \text{ mol}, \text{OH}^- \ 3n \text{ mol}$					$9n \text{ mol}$	
(나)	$\text{A}^{2-} \ 2n \text{ mol}, \text{B}^+ \ 4n \text{ mol}$					$6n \text{ mol}$	
(다)	$\text{H}^+ \ 6n \text{ mol}, \text{A}^{2-} \ 4n \text{ mol}, \text{B}^+ \ 2n \text{ mol}$					$12n \text{ mol}$	

ㄱ. H_2A 수용액과 BOH 수용액은 1 : 2의 부피비로 반응하여 완전히 중화되므로 (가)에서는 반응하지 않은 BOH 수용액이 15 mL 남는다. 따라서 (가)의 액성은 염기성이다.

ㄴ. 용액 속 전체 이온의 양(mol)은 (다)가 (나)의 2배이고, 용액의 부피는 (나)와 (다)가 같으므로 용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도(M)의 합은 (다)가 (나)의 2배이다.

바로알기 ㄴ. 같은 부피(5 mL)의 H_2A 수용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)을 $3n$ mol이라고 하면 BOH 수용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)은 $2n$ mol이다. 따라서 같은 부피 속 전체 이온의 양(mol)은 H_2A 수용액이 BOH 수용액의 1.5배이다.

10 품공 문제 분석

산과 염기가 모두 1개인 경우 혼합 용액이 산성일 때 이온 수가 가장 큰 이온은 산의 구경꾼 이온이고, 혼합 용액이 염기성일 때 이온 수가 가장 큰 이온은 염기의 구경꾼 이온이며, 혼합 용액이 중성일 때 이온 수가 가장 큰 이온은 산과 염기의 구경꾼 이온이다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)						용액에서 물 농도가 가장 큰 이온의 양 ($\times 10^{-3} \text{ mol}$)
	HCl(aq)			NaOH(aq)			
		H ⁺	Cl ⁻		Na ⁺	OH ⁻	
		($\times 10^{-3} \text{ mol}$)			($\times 10^{-3} \text{ mol}$)		
(가)	10	1.5	1.5	20	2	2	Na ⁺ 2
(나)	20	3	3	20	2	2	Cl ⁻ 3

- (가)와 (나)에서 염기 수용액의 부피는 같고, 용액에서 몰 농도가 가장 큰 이온의 양은 다르다. $\Rightarrow$ 용액의 액성은 (가)와 (나)가 서로 다르다.
- (나)가 (가)보다 HCl(aq) 의 부피가 크므로 (가)는 염기성, (나)는 산성이거나 (가)는 염기성, (나)는 중성이거나 (가)는 중성, (나)는 산성이다. 이때 (가)는 염기성, (나)는 중성이거나 (가)는 중성, (나)는 산성인 경우에는 (가)와 (나)에서 몰 농도가 가장 큰 이온의 양(mol)이 서로 같아야 하는데 서로 다르므로 옳지 않다. $\Rightarrow$ (가)는 염기성이고, (나)는 산성이다.
- (가)는 염기성이고, (나)는 산성이다. $\Rightarrow$ (가)에서 몰 농도가 가장 큰 이온은 Na^+ 이므로 Na^+ 의 양(mol)은 2×10^{-3} mol이고, (나)에서 몰 농도가 가장 큰 이온은 Cl^- 이므로 Cl^- 의 양(mol)은 3×10^{-3} mol이다.

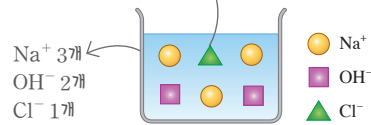
ㄱ. (가)는 염기성이므로 양(mol)이 가장 큰 이온은 Na^+ 이다.

ㄴ. x M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)이 3×10^{-3} mol이므로 $x \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 에서 $x = 0.15$ 이다. 또, y M NaOH 수용액 20 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)이 2×10^{-3} mol이므로 $y \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 에서 $y = 0.1$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = \frac{3}{2}$ 이다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 Na^+ 의 양(mol)이 2×10^{-3} mol이므로 0.1 M NaOH 수용액 20 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 2×10^{-3} mol이다. (나)에서 Cl^- 의 양(mol)이 3×10^{-3} mol이므로 0.15 M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양(mol)은 각각 3×10^{-3} mol이다. H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 (가)에는 OH^- 0.5×10^{-3} mol이 있고, (나)에는 H^+ 1×10^{-3} mol이 있다. 따라서 (가)와 (나)의 혼합 용액은 H^+ 이 존재하므로 혼합 용액의 액성은 산성이다.

11 품공 문제 분석

0.1 M HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)이 $0.1 \text{ M} \times 5 \times 10^{-3} \text{ L} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이므로 혼합 용액에 들어 있는 Cl^- 1개는 Cl^- $5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. $\Rightarrow$ 입자 1개는 $5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 에 해당한다.

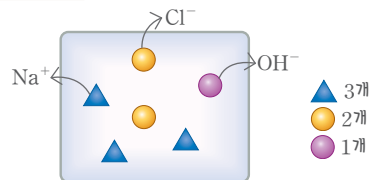


ㄱ. 0.1 M HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양(mol)은 각각 $0.1 \text{ M} \times 5 \times 10^{-3} \text{ L} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. 구경꾼 이온은 반응 전후 그 수가 변하지 않으므로 혼합 용액에 들어 있는 Cl^- 1개는 Cl^- $5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. 즉, 혼합 용액에서 입자 1개는 $5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 에 해당한다. 혼합 용액에 들어 있는 Na^+ 이 3개이므로 Na^+ 의 양(mol)은 $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, 0.1 M NaOH 수용액 x mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)이 $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. NaOH 의 양(mol)은 Na^+ 의 양(mol)과 같으므로 NaOH 수용액의 부피는 $\frac{1.5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.1 \text{ mol/L}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 15 \text{ mL}$ 이다. 따라서 x 는 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 $5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이므로 혼합 용액에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 또, 0.1 M HCl 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 따라서 혼합 용액에 0.1 M HCl(aq) 10 mL를 넣으면 완전히 중화된다.

12 품공 문제 분석



0.3 M NaOH 수용액 10 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)은 $0.3 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, 0.1 M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이므로 Na^+ 의 양(mol)이 Cl^- 의 양(mol)의 1.5배이다. $\Rightarrow$ $\triangle$: Na^+ , $\circ$: Cl^- , $\bullet$: OH^-

ㄱ. 이 용액은 OH^- 이 존재하므로 액성은 염기성이다.

바로알기 ㄴ. $\bullet$ 은 OH^- 이다.

ㄷ. 혼합 용액의 액성이 염기성일 때 생성된 물의 양(mol)은 혼합 전 산 수용액에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 같다. 따라서 생성된 물의 양(mol)은 반응한 0.1 M HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 같다. 즉, $0.1 \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0.002 \text{ mol}$ 이다.

13 일반적인 중화 적정 방법은 다음과 같다.

농도를 모르는 산 수용액이나 염기 수용액을 삼각 플라스크에 넣고 지시약을 2방울~3방울 떨어뜨린다. → 뷰렛에 표준 용액을 넣고 삼각 플라스크에 천천히 떨어뜨린다. → 지시약에 의해 삼각 플라스크 속 용액 전체의 색이 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 잠그고 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 구한다.

따라서 (가) → (다) → (나) 순이다.

14 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 10 mL를 적정하는 데 사용된 0.1 M NaOH 수용액의 부피가 20 mL이므로 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 몰 농도를 x 라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$2 \times x \times 10 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 20 \text{ mL}, x = 0.1 \text{ M}$$

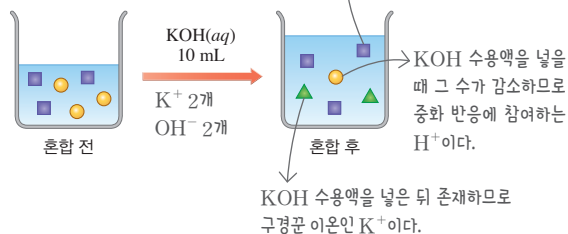
15 (가)는 삼각 플라스크, (나)는 부피 플라스크, (다)는 피펫이다.
 Ⓢ. (다)는 액체의 부피를 취해 옮길 때 사용한다.

바로알기 Ⓢ. (가)는 중화 적정 실험에서 농도를 모르는 산 또는 염기 수용액을 넣어 적정할 때 사용한다.

Ⓢ. (나)는 일정 몰 농도의 용액을 만들 때 사용한다. 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용하는 실험 기구는 뷰렛이다.

16 품공 문제 분석

KOH 수용액을 넣어 그 수가 일정하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 Cl^- 이다.



Ⓢ. $\text{HCl}(aq)$ 15 mL에 들어 있는 전체 이온은 6개이고, 혼합 용액에 $\triangle(\text{K}^+)$ 이 2개 있으므로 KOH 수용액 10 mL에 들어 있는 이온은 K^+ 2개, OH^- 2개로 전체 4개이다. 즉, 같은 부피에 들어 있는 이온 수가 같으므로 $\text{HCl}(aq)$ 과 KOH 수용액의 몰 농도는 같다.

Ⓢ. 혼합 용액은 H^+ 이 존재하므로 산성 용액이다. 따라서 pH는 7보다 작다.

바로알기 Ⓢ. 혼합 용액은 H^+ 이 존재하는 산성 용액이므로 OH^- 은 존재하지 않는다. 따라서 KOH 수용액을 넣은 뒤 존재하는 $\triangle$ 은 구경꾼 이온인 K^+ 이다.

17 Ⓢ. 중화 반응이 완결된 용액은 H^+ 과 OH^- 이 모두 반응한 용액이므로 (다)에서 중화 반응이 완결되었다. 따라서 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용한 NaOH 수용액의 부피는 10 mL이다.

NaOH 수용액의 몰 농도를 x 라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$1 \times 0.1 \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 1 \times x \times 10 \text{ mL}, x = 0.2 \text{ M}$$

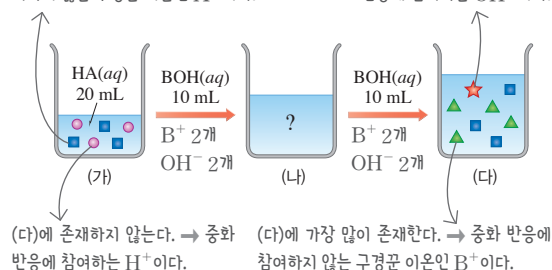
즉, $\text{HCl}(aq)$ 의 몰 농도는 0.1 M이고, NaOH 수용액의 몰 농도는 0.2 M이므로 단위 부피당 전체 이온 수는 NaOH 수용액이 $\text{HCl}(aq)$ 보다 많다.

바로알기 Ⓢ. (나)에는 반응하지 않은 H^+ 이 남아 있으므로 용액의 액성은 산성이고, pH는 7보다 작다.

Ⓢ. (가)에서 (다)로 진행될수록 중화 반응이 일어나므로 생성된 물 분자 수가 증가한다. (다) 이후에는 중화 반응이 일어나지 않으므로 (다) → (라)에서는 물 분자가 생성되지 않는다.

18 품공 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.

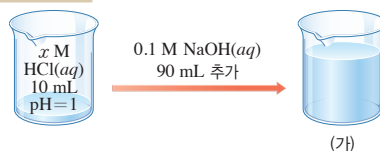


Ⓢ. $\bullet$ 은 (다)에 존재하지 않으므로 중화 반응에 참여하는 H^+ 이다.

Ⓢ. (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. 따라서 (나)에 들어 있는 $\triangle(\text{B}^+)$ 은 2개이다.

바로알기 Ⓢ. (다)에는 OH^- 1개가 들어 있으므로 (다)의 액성은 염기성이다. 따라서 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 띤다.

19 품공 문제 분석



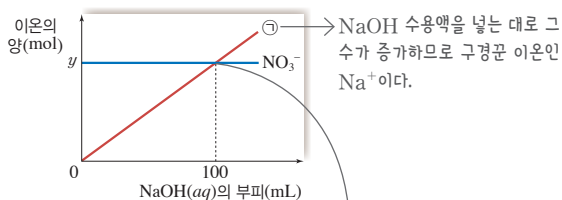
- $x \text{ M HCl}(aq)$ 의 $\text{pH}=1$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=0.1 \text{ M}$ 이다. → $x=0.1$
- $0.1 \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.
- 0.1 M NaOH 수용액 90 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 90 \times 10^{-3} \text{ L} = 9 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.
- 혼합 용액 (가)에서는 H^+ $1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 과 OH^- $1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이 반응하고, OH^- $8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이 남는다.

ㄱ. 혼합 전 H^+ 의 양(mol)은 1×10^{-3} mol이고, OH^- 의 양(mol)은 9×10^{-3} mol이며, 산이 내놓은 H^+ 과 염기가 내놓은 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 중화 반응으로 생성된 물의 양(mol)은 1×10^{-3} mol이다.

ㄴ. 0.1 M $HCl(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)은 H^+ 의 양(mol)과 같으므로 1×10^{-3} mol이다. 또, 혼합 용액 (가)에서 OH^- 의 양(mol)은 8×10^{-3} mol이므로 혼합 용액 (가)에서 $\frac{OH^- \text{의 양(mol)}}{Cl^- \text{의 양(mol)}} = \frac{8 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 8$ 이다.

바로알기 ㄷ. (가)에는 OH^- 8×10^{-3} mol이 들어 있으므로 용액 (가)를 완전히 중화시키는데 필요한 H^+ 의 양(mol)은 8×10^{-3} mol이다. x M(=0.1 M) $HCl(aq)$ 10 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)이 1×10^{-3} mol이므로 필요한 x M $HCl(aq)$ 의 부피는 80 mL이다.

20 꼼꼼 문제 분석



$HNO_3(aq)$ 에 들어 있는 H^+ 과 NO_3^- 의 양(mol)이 같고, $NaOH$ 수용액에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양(mol)이 같다. $\rightarrow$ 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 완결된다.

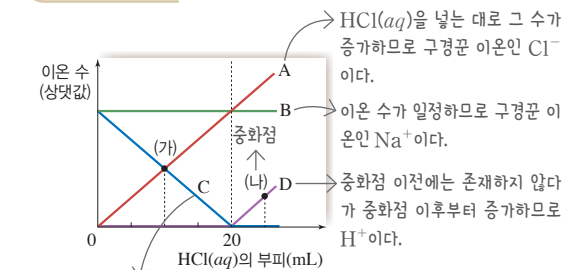
ㄴ. x M $HNO_3(aq)$ 50 mL를 완전히 중화하는데 0.1 M $NaOH$ 수용액 100 mL가 사용되었으므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$1 \times x \text{ M} \times 50 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}, x = 0.2$$

ㄷ. y 는 0.2 M $HNO_3(aq)$ 50 mL에 들어 있는 NO_3^- 의 양(mol)이다. 즉, $0.2 \text{ M} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이므로 y 는 0.01이다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 $NaOH$ 수용액을 넣는 대로 그 수가 증가하므로 구경꾼 이온인 Na^+ 이다.

21 꼼꼼 문제 분석



$HCl(aq)$ 을 넣는 대로 감소하다가 중화점 이후부터 존재하지 않으므로 OH^- 이다.

① A는 $HCl(aq)$ 을 넣는 대로 그 수가 증가하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 Cl^- 이다. B는 $HCl(aq)$ 을 넣어도 그 수가 일정하므로 구경꾼 이온인 Na^+ 이다.

② (나)는 중화 반응이 완결되는 중화점이다. 즉, 0.1 M $NaOH$ 수용액 20 mL를 완전히 중화하는데 x M $HCl(aq)$ 40 mL가 사용되었으므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$1 \times 0.1 \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 1 \times x \text{ M} \times 40 \text{ mL}, x = 0.05$$

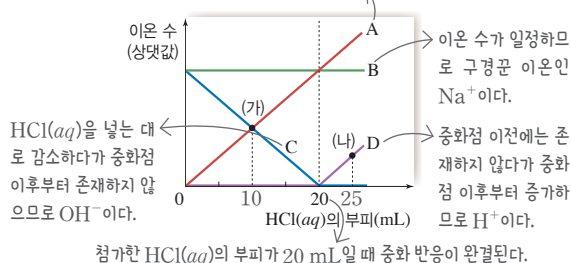
④ (나)(중화점)에서 생성된 물의 양(mol)은 0.1 M $NaOH$ 수용액 20 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)과 같으므로 0.1 M $\times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.

⑤ 중화점인 (나)까지 전체 이온 수는 일정하므로 (가)와 (나)에서 용액 속 전체 이온 수는 서로 같다.

바로알기 ③ (가)는 중화점에 도달하기 이전이므로 (가)에서 용액의 액성은 염기성이다. 따라서 pH는 7보다 크다.

22 꼼꼼 문제 분석

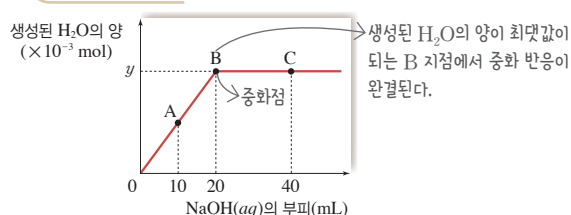
$HCl(aq)$ 을 넣는 대로 그 수가 증가하므로 구경꾼 이온인 Cl^- 이다.



(가)는 $HCl(aq)$ 을 10 mL 넣어 준 지점이고, (나)는 $HCl(aq)$ 을 25 mL 넣어 준 지점이다. $NaOH$ 수용액 10 mL에 들어 있는 Na^+ 수를 $4N$ 이라고 하면, $HCl(aq)$ 을 20 mL 넣을 때 중화 반응이 완결되므로 $HCl(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Cl^- 수도 $4N$ 이다. 따라서 (가)에서 Na^+ 수는 $4N$ 이고, $HCl(aq)$ 25 mL를 넣어 준 (나)에서 Cl^- 수는 $5N$ 이다. 또, (가)의 부피는 20 mL이고,

(나)의 부피는 35 mL이므로 $\frac{(가)에서 [Na^+]}{(나)에서 [Cl^-]} = \frac{\frac{4N}{20}}{\frac{5N}{35}} = \frac{7}{5}$ 이다.

23 꼼꼼 문제 분석



$NaOH$ 수용액 20 mL를 첨가한 B 지점이 중화점이므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$1 \times 0.4 \text{ M} \times 10 \text{ mL} = 1 \times x \text{ M} \times 20 \text{ mL}, x = 0.2$$

또, 중화 반응으로 생성된 H_2O 의 양(mol)은 0.4 M HCl(aq) 10 mL 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 같으므로 $0.4\text{ M} \times 10 \times 10^{-3}\text{ L} = 4 \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이다. 따라서 $y=4$ 이다.

ㄴ. Cl^- 은 구경꾼 이온이므로 A에서 그 양(mol)은 0.4 M HCl(aq) 10 mL 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 같다. 따라서 $0.4\text{ M} \times 10 \times 10^{-3}\text{ L} = 4 \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이다. Na^+ 도 구경꾼 이온이므로 C에서 그 양(mol)은 0.2 M NaOH 수용액 40 mL 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)과 같다. 따라서 $0.2\text{ M} \times 40 \times 10^{-3}\text{ L} = 8 \times 10^{-3}\text{ mol}$ 이다. 이로부터 $\frac{C\text{에서 } Na^+\text{의 양(mol)}}{A\text{에서 } Cl^-\text{의 양(mol)}} =$

$$\frac{8 \times 10^{-3}\text{ mol}}{4 \times 10^{-3}\text{ mol}} = 2\text{이다.}$$

ㄷ. 일정량의 $HCl(aq)$ 에 $NaOH$ 수용액을 넣을 때 $NaOH$ 수용액 속 OH^- 과 $HCl(aq)$ 속 H^+ 이 1 : 1의 몰비로 반응하고, 반응하여 소모된 H^+ 의 양만큼 Na^+ 이 첨가되므로 중화점까지 용액 속 전체 이온의 양(mol)은 일정하다. 이때 용액의 부피는 $A < B$ 이므로 용액 속 전체 이온의 몰 농도의 합은 $A > B$ 이다.

바로알기 ㄱ. $x=0.2$ 이고, $y=4$ 이므로 $\frac{x}{y} = \frac{0.2}{4} = 0.05$ 이다.

실력 UP 문제

269쪽

01 ③ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤

01 품공 문제 분석

1가 산과 1가 염기를 혼합한 용액의 액성이 산성이면 용액 속 전체 이온의 양(mol)은 혼합 전 산 수용액 속 전체 이온의 양(mol)과 같고, 용액의 액성이 염기성이면 용액 속 전체 이온의 양(mol)은 혼합 전 염기 수용액 속 전체 이온의 양(mol)과 같다.

혼합 용액	(가)	(나)	(다)	(라)
혼합 전 용액의 부피 (mL)	HA(aq) 20	15	10	5
	BOH(aq) 10	15	20	25
전체 이온의 양(mol)	16n	12n	8n	10n

- (가)~(다)에서 BOH 수용액의 부피가 증가하고 HA 수용액의 부피가 감소할 때 전체 이온의 양(mol)이 감소한다. $\Rightarrow$ (가)~(다)는 산성 용액이다.
- HA 수용액이 5 mL 감소할 때마다 전체 이온의 양(mol)이 4n mol 씩 감소한다. $\Rightarrow$ HA 수용액 5 mL에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)은 4n mol이므로 H^+ 과 A^- 의 양(mol)은 각각 2n mol이다.
- (라)에서는 (다)에 비해 HA 수용액의 부피가 감소하고, BOH 수용액의 부피가 증가할 때 전체 이온의 양(mol)이 증가하므로 (라)는 염기성 용액이다. $\Rightarrow$ (라)에서 전체 이온의 양(mol)은 BOH 수용액 25 mL에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)과 같으므로 BOH 수용액 25 mL에 들어 있는 B^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 5n mol이다.

HA 수용액 5 mL에 들어 있는 A^- 의 양(mol)이 2n mol이므로 HA 수용액 15 mL에 들어 있는 A^- 의 양(mol)은 6n mol이고, BOH 수용액 25 mL에 들어 있는 B^+ 의 양(mol)이 5n mol이므로

BOH 수용액 15 mL에 들어 있는 B^+ 의 양(mol)은 3n mol이다.

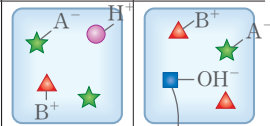
따라서 (나)에서 $\frac{A^-\text{의 양(mol)}}{B^+\text{의 양(mol)}} = \frac{6n\text{ mol}}{3n\text{ mol}} = 2$ 이다.

02 품공 문제 분석

★, ▲은 (가)와 (나)에 모두 존재하고, ●은 (가)에만, ■은 (나)에만 존재한다. $\Rightarrow HA(aq)$ 의 부피는 (가) > (나)이므로 ●은 H^+ 이고, ■은 OH^- 이다.

혼합 용액	(가)	(나)
혼합 전 용액의 부피(mL)	HA(aq) 20	10
	BOH(aq) x	20

1 mL에 들어 있는 이온 모형



(나)에는 OH^- 이 존재하므로 (나)는 염기성 용액이며, (나)에 가장 많은 수로 존재하는 ▲은 B^+ 이고, ★은 A^- 이다.

ㄱ. ★은 A^- 이다.

ㄷ. 넣어 준 HA 수용액의 부피비는 (가) : (나) = 2 : 1이므로 혼합 용액 속 A^- 의 몰비도 (가) : (나) = 2 : 1이다. (가)와 (나) 1 mL에 들어 있는 A^- (★)은 각각 2개와 1개이며, 용액 속 이온의 양(mol)은 1 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)과 용액의 부피를 곱해서 구하므로 (가) : (나) = $2 \times (20 + x) : 1 \times (10 + 20) = 2 : 1$ 이다. 따라서 $x=10$ 이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 이온의 몰비는 $B^+ : A^- = 2 : 1$ 이고, 용액의 부피비는 HA 수용액 : BOH 수용액 = 1 : 2이므로 HA 수용액과 BOH 수용액의 몰 농도는 같다. 따라서 $\frac{a}{b} = 1$ 이다.

03 품공 문제 분석

H_2A 수용액 속 이온 수비는 $H^+ : A^{2-} = 2 : 1$ 이고, 2가 산인 H_2A 수용액에 1가 염기인 BOH 수용액을 넣을 때 반응한 H^+ 수만큼 B^+ 이 첨가된다. $\Rightarrow$ 중화점까지 용액 속 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.

음이온 수 가 $\frac{1}{2}$ 보다 크므로 (다)는 염기성 용액이다. $\Rightarrow$ (다)에 들어 있는 양이온은 B^+ 뿐이고, 음이온은 A^{2-} 과 OH^- 이다.

용액	(가)	(나)	(다)
BOH(aq)의 부피(mL)	10	20	30
음이온 수	y	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
양이온 수			3

음이온 수 가 $\frac{1}{2}$ 인 (나)보다 BOH 수용액의 부피가 작으므로 중화점에 도달하기 전이다. $\Rightarrow$ (가)는 산성 용액이다.

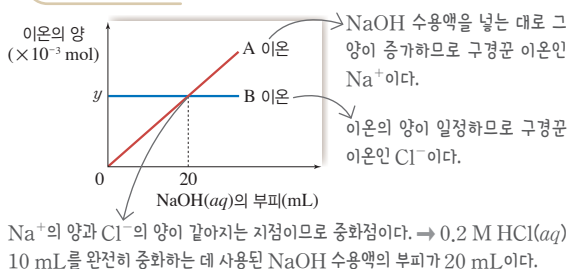
ㄱ. (다)에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 가 $\frac{1}{2}$ 보다 크므로 (다)는 염기성이다.

ㄴ. (다)는 염기성 용액이므로 (다)에 들어 있는 양이온은 B^+ 뿐이고, 음이온은 A^{2-} 과 OH^- 이다. 용액 속 용질의 양은 용액의 몰 농도와 부피의 곱에 비례한다. 따라서 (다)에 혼합한 x M

BOH 수용액의 부피가 30 mL이므로 (다)에 들어 있는 양이온 B^+ 의 수를 $30x(=x \times 30)$ 라고 하면, x M BOH 수용액 속 OH^- 수도 $30x$ 이며, 0.4 M H_2A 수용액 20 mL에 들어 있는 A^{2-} 수는 $8(=0.4 \times 20)$ 이고, H^+ 수는 $16(=2 \times 0.4 \times 20)$ 이다. 이로부터 (다)에서 OH^- 수는 $30x - 16$ 이므로 (다)에서 음이온 수는 $(30x - 16) + 8 = 30x - 8$ 이고, 양이온 수는 $30x$ 이다. 따라서 (다)에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}} = \frac{30x - 8}{30x} = \frac{2}{3}$ 이므로 $x = 0.8$ 이다.

바로알기 ㄷ. (가)는 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 가 $\frac{1}{2}$ 인 (나)보다 BOH 수용액의 부피가 작으므로 산성 용액이다. 따라서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}(y) = \frac{1}{2}$ 이다.

04 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 넣어 준 NaOH 수용액의 부피에 따라 A 이온의 양이 증가하므로 A는 구경꾼 이온인 Na^+ 이다.

ㄴ. B 이온은 Cl^- 이고, 0.2 M $HCl(aq)$ 10 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)은 $0.2 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이므로 $y = 2$ 이다.

ㄷ. 0.2 M $HCl(aq)$ 10 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 NaOH 수용액의 부피가 20 mL이므로 NaOH 수용액의 몰 농도는 0.1 M이다. 따라서 $x = 0.1$ 이다. 이로부터 0.4 M $HCl(aq)$ 10 mL에 들어 있는 B 이온(Cl^-)의 양(mol)은 $0.4 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, $3x(=0.3) \text{ M}$ NaOH 수용액 10 mL에 들어 있는 A 이온(Na^+)의 양(mol)은 $0.3 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 따라서 0.4 M $HCl(aq)$ 10 mL에 $3x \text{ M}$ NaOH 수용액 10 mL를 넣은 혼합 용액 속 $\frac{A \text{ 이온의 양(mol)}}{B \text{ 이온의 양(mol)}} = \frac{3 \times 10^{-3} \text{ mol}}{4 \times 10^{-3} \text{ mol}} = \frac{3}{4}$ 이다.

중단원 핵심 정리

270~271쪽

- ① 정반응 ② 역반응 ③ 가역 반응 ④ 비가역 반응 ⑤ 증발
- ⑥ 응축 ⑦ 용해(석출) ⑧ 석출(용해) ⑨ 화학 평형 ⑩ 수소 (H_2) ⑪ 붉은 ⑫ 산 ⑬ 염기 ⑭ 산 ⑮ 염기 ⑯ 양쪽성 물질 ⑰ 1×10^{-14} ⑱ 수소 이온 농도 지수(pH) ⑲ 적자
- ⑳ 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

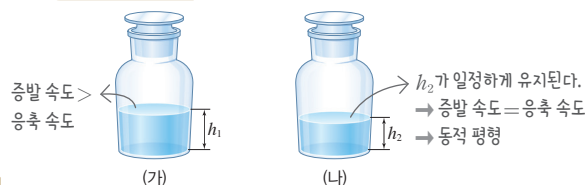
272~276쪽

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

01 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.

02 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.

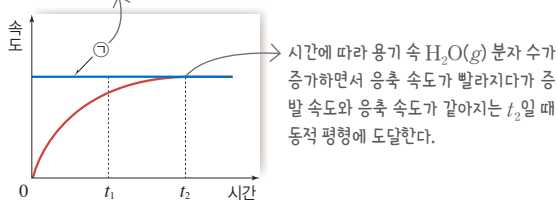
② (나)에서는 물의 증발과 수증기의 응축이 같은 속도로 계속 일어나고 있다.

③ 일정한 온도에서 물의 증발 속도는 일정하므로 물의 증발 속도는 (가)와 (나)가 같다.

⑤ 용기 속 수증기 분자 수는 (나) > (가)이다.

03 꼼꼼 문제 분석

일정 온도에서 그 속도가 일정하므로 ㉠은 $H_2O(l)$ 의 증발 속도이다.



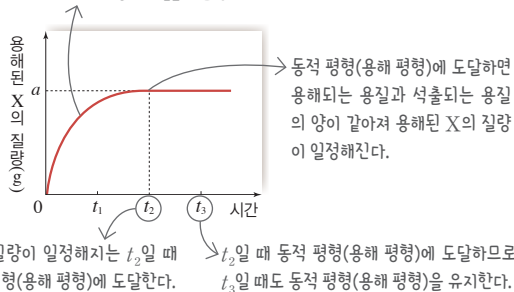
ㄱ. 일정 온도에서 그 속도가 일정한 ㉠은 증발 속도이다.

ㄴ. t_1 은 동적 평형에 도달하기 이전 상태로 증발 속도 > 응축 속도이므로 증발되는 $H_2O(l)$ 분자 수 > 응축되는 $H_2O(g)$ 분자 수이다. t_2 은 동적 평형 상태로, 증발되는 $H_2O(l)$ 분자 수와 응축되는 $H_2O(g)$ 분자 수가 같으므로 용기 속 $H_2O(l)$ 의 양은 $t_1 > t_2$ 이다.

바로알기 ㄷ. t_2 일 때는 $H_2O(l)$ 의 증발과 $H_2O(g)$ 의 응축이 같은 속도로 일어난다.

04 품목 문제 분석

일정량의 물에 용질 X를 넣을 때 초기에는 용해 속도가 석출 속도보다 빠르므로 용해된 X의 질량이 커진다.

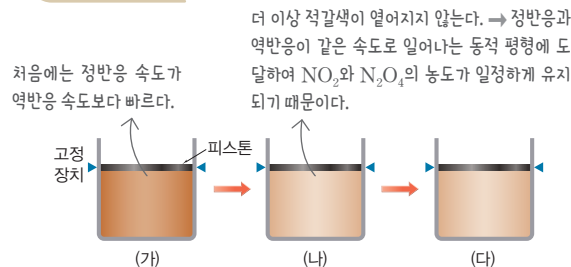


ㄱ. t_1 일 때는 동적 평형(용해 평형)에 도달하기 이전 상태이므로 X의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.

ㄴ. t_2 와 t_3 일 때는 모두 동적 평형(용해 평형) 상태이므로 녹지 않고 남아 있는 X의 질량은 t_2 일 때와 t_3 일 때가 같다.

바로알기 ㄴ. t_2 일 때 동적 평형(용해 평형)에 도달하므로 t_2 일 때 X의 용해와 석출은 멈춘 것이 아니라 같은 속도로 일어난다. 따라서 X의 석출 속도는 0이 아니다.

05 품목 문제 분석

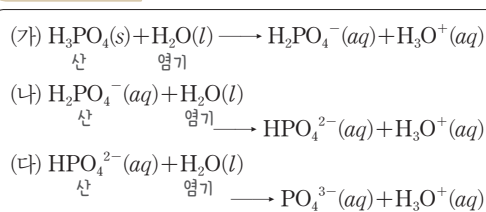


ㄱ. (가)는 동적 평형에 도달하지 않은 상태이므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.

ㄴ. (나)는 동적 평형에 도달한 상태이므로 반응물인 NO_2 와 생성물인 N_2O_4 가 함께 존재한다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 동적 평형에 도달하였으므로 (다)에서도 동적 평형 상태를 유지한다. 따라서 N_2O_4 의 농도는 (나)와 (다)가 같다.

06 품목 문제 분석

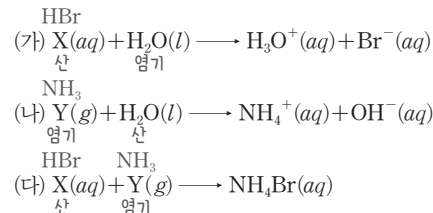


ㄱ. (가)에서 H_3PO_4 은 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄴ. (가)와 (다)에서 H_2O 은 모두 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 H_2PO_4^- 은 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

07 품목 문제 분석



ㄱ. (가)에서 X는 화학식이 HBr이며, H^+ 을 내놓고 Br^- 이 되므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄴ. Y는 화학식이 NH_3 이며, (나)와 (다)에서 모두 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 H_2O 은 Y에게 H^+ 을 내놓고 OH^- 이 되므로 브뢴스테드·로리 산이다.

08 품목 문제 분석

(나)의 pH=12이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이고, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이다.

구분	(가)	(나)
pH	x	12
부피(mL)	90	10
$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$	1×10^8	y

(가)에서 $[\text{OH}^-] = a \text{ M}$ 이라고 하면 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^8 a \text{ M}$ 이다.
→ 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^8 \times a^2 = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $a = 1 \times 10^{-11}$ 이다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고, $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다.

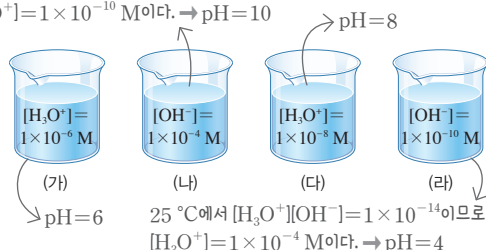
ㄱ. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 pH=3이다. 따라서 $x=3$ 이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이고, $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이므로 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-12} \text{ M}}{1 \times 10^{-2} \text{ M}} = 1 \times 10^{-10}$ 이다.

ㄴ. (가)에서 H_3O^+ 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-3} \text{ M} \times 90 \times 10^{-3} \text{ L} = 9 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 이고, (나)에서 OH^- 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-2} \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. H_3O^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 (가)와 (나)를 모두 혼합한 용액 속에는 OH^- 가 있으며, 그 양(mol)은 $1 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 이다. 이때 혼합 용액의 부피가 100 mL = 0.1 L이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이며, 25 °C에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-10} \text{ M}$ 이다. 따라서 혼합 용액의 pH=10이다.

09 품공 문제 분석

25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 이므로
 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-10}$ M이다. $\rightarrow pH=10$



ㄱ. pH는 (가)가 6이고, (다)가 8이므로 (다)가 (가)보다 2 크다.

바로알기 ㄴ. (나)의 pH는 10이므로 (나)의 액성은 염기성이다.

ㄷ. (라)의 pH는 4이다.

10 품공 문제 분석

0.1 M HCl(aq) 5 mL에 들어 있는 H^+ 수와 Cl^- 수를 각각 N 이라고 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.

11 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 $HNO_3(aq)$ 에 들어 있는 전체 이온 수는 $2N$ 이다. 따라서 (나)의 혼합 전 $HNO_3(aq)$ 에 들어 있는 전체 이온 수는 $4N$ 이다. 이때 NaOH 수용액의 부피가 같고, $HNO_3(aq)$ 의 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 $HNO_3(aq)$ 과 NaOH 수용액에 들어 있는 전체 이온 수는 각각 $2N$ 이다. 따라서 (나)의 혼합 전 $HNO_3(aq)$ 에 들어 있는 전체 이온 수는 $4N$, NaOH 수용액에 들어 있는 전체 이온 수는 $2N$, (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 $HNO_3(aq)$ 에 들어 있는 전체 이온 수는 $3N$ 이고, (가)의 혼합 전 $HNO_3(aq)$ 에 들어 있는 전체 이온 수는 $1.5N$ 이다. 이는 모든 조건을 만족하므로 (가)의 액성은 염기성이다.

혼합 용액	(가) 염기성	(나) 산성
혼합 전		
$HNO_3(aq)$	10	20
$HNO_3(aq)$ 의 전체 이온 수	$1.5N$	$3N$
부피(mL)		
NaOH(aq)	20	20
NaOH(aq)의 전체 이온 수	$2N$	$2N$
전체 이온 수	$2N$	$3N$

ㄷ. $HNO_3(aq)$ 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 $1.5N$ 이고, NaOH 수용액 10 mL에 들어 있는 전체 이온 수는 N 이다. 따라서 단위 부피당 전체 이온 수는 $HNO_3(aq)$ 이 NaOH 수용액의 1.5배이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 액성은 염기성이다.

ㄴ. (나)에 들어 있는 전체 이온 수와 혼합 전 $HNO_3(aq)$ 에 들어 있는 전체 이온 수는 $3N$ 으로 같으므로 (나)의 액성은 산성이다.

12 ㄱ. 중화 적정 실험에서 적정에 사용된 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용하는 기구는 뷰렛이다.

바로알기 ㄴ. 산이 내놓은 H^+ 과 염기가 내놓은 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하여 H_2O 를 생성하므로 중화점까지 생성된 물의 양(mol)은 반응한 산 또는 염기의 양(mol)과 같다. 따라서 생성된 물의 양(mol)은 반응한 NaOH 수용액의 양(mol)과 같으므로 $0.2 M \times 20 \times 10^{-3} L = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.

ㄷ. $x M CH_3COOH$ 수용액 10 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 $0.2 M NaOH$ 수용액의 부피가 20 mL이므로 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$1 \times x M \times 10 \text{ mL} = 1 \times 0.2 M \times 20 \text{ mL}, x = 0.4$$

13 품공 문제 분석

[실험 과정]

(가) x M 염산($\text{HCl}(aq)$) 20 mL에 y M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 10 mL를 혼합한 용액 I을 만든다.

(나) 용액 I에 NaOH 수용액 V mL를 추가하여 용액 II를 만든다. $\rightarrow \text{Cl}^-$ 의 양(mol)은 용액 I과 II에서 같고, Na^+ 의 양(mol)은 용액 II에서 I에서보다 크다.

[실험 결과]

• 용액 I과 II에서 이온의 양(mol)

용액	이온의 양(mol)			
	$\text{A} \text{Cl}^-$	B	C	$\text{D} \text{OH}^-$
I 산성	$2a$	a	a	0
II 염기성	$2b$			b

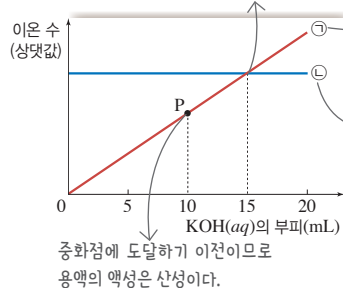
용액 I에서 B 이온과 C 이온은 각각 H^+ , Na^+ 중 하나이며, A 이온의 양(mol)이 B 이온과 C 이온의 양(mol)의 2배이므로 Cl^- 의 양(mol)이 Na^+ 의 양(mol)의 2배이다. $\rightarrow x$ M $\text{HCl}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)이 y M NaOH 수용액 10 mL에 들어 있는 Na^+ 양(mol)의 2배이므로 $x=y$ 이다.

용액 I에는 존재하지 않고 용액 II에만 존재하는 D는 OH^- 이다. $\rightarrow$ 용액 I은 OH^- 이 없고, H^+ , Cl^- , Na^+ 이 있으므로 산성이다. 따라서 양(mol)이 가장 큰 A 이온은 Cl^- 이며, I과 II에서 Cl^- 의 양(mol)은 같으므로 $a=b$ 이다.

$\text{HCl}(aq)$ 과 NaOH 수용액의 몰 농도가 같고, 용액 I에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)이 a mol이며, 용액 I에 NaOH 수용액 V mL를 추가한 용액 II에서 OH^- 의 양(mol)이 $b(=a)$ mol이므로 NaOH 수용액 V mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $2a$ mol이다. 따라서 추가한 NaOH 수용액의 부피 $V=20$ 이다.

14 품공 문제 분석

$\text{HNO}_3(aq)$ 에서 H^+ 수 = NO_3^- 수이고, KOH 수용액에서 K^+ 수 = OH^- 수이다. $\rightarrow \text{NO}_3^-$ 수와 K^+ 수가 같은 지점이 중화점이므로 KOH 수용액 15 mL를 넣을 지점이 중화점이다.

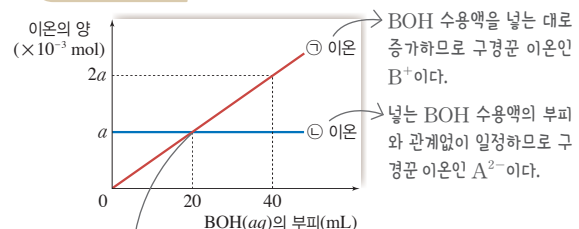


- ① ㉠은 KOH 수용액을 넣는 대로 증가하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 K^+ 이다.
- ② ㉡은 넣는 KOH 수용액의 부피와 관계없이 일정하므로 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온인 NO_3^- 이다.
- ④ P는 중화점에 도달하기 이전이므로 P 용액의 색상은 산성이다. 따라서 ㉢(NO_3^-)이 가장 많이 존재한다.
- ⑤ $\text{HNO}_3(aq)$ 30 mL에 KOH 수용액 15 mL를 넣을 때 완전히 중화되므로 $\text{HNO}_3(aq)$ 과 KOH 수용액의 농도비는 1 : 2이다.

다. 따라서 단위 부피당 양이온 수비는 $\text{HNO}_3(aq) : \text{KOH}$ 수용액 = 1 : 2이다.

바로알기 ③ P 용액은 산성 용액이므로 페놀프탈레인 용액의 색 변화가 없다. 따라서 P 용액은 무색이다.

15 품공 문제 분석



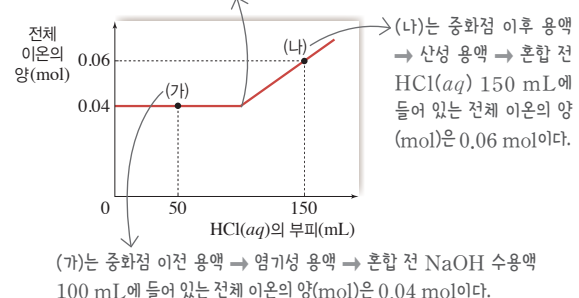
x M BOH 수용액 20 mL에 들어 있는 B^+ 의 양(mol)과 0.5 M H_2A 수용액 20 mL에 들어 있는 A^{2-} 의 양(mol)이 같다.

0.5 M H_2A 수용액 20 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.5 \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 20 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, A^{2-} 의 양(mol)은 $0.5 \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 10 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이므로 $a=10$ 이다. 또, x M BOH 수용액 20 mL에 들어 있는 B^+ 의 양(mol)과 0.5 M H_2A 수용액 20 mL에 들어 있는 A^{2-} 의 양(mol)이 같으므로 BOH 수용액의 몰 농도는 H_2A 수용액의 몰 농도와 같다. 따라서 $x=0.5$ 이므로 $a \times x = 10 \times 0.5 = 5$ 이다.

16 품공 문제 분석

혼합 용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)은 혼합 용액의 색상이 산성 이면 혼합 전 산 수용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)과 같고, 염기성 이면 혼합 전 염기 수용액에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)과 같다.

NaOH 수용액에 $\text{HCl}(aq)$ 을 넣으면 중화 반응으로 감소하는 OH^- 의 수만큼 같은 수의 산의 음이온(Cl^-)이 증가한다. $\rightarrow$ 중화점까지 전체 이온 수는 일정하다.



- ㄱ. (가)는 중화점 이전 용액이므로 염기성 용액이다.
- ㄴ. 혼합 전 NaOH 수용액 100 mL에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)이 0.04 mol이므로 Na^+ 의 양(mol)은 0.02 mol이다. 혼합 전 $\text{HCl}(aq)$ 150 mL에 들어 있는 전체 이온의 양(mol)이 0.06 mol이므로 Cl^- 의 양(mol)은 0.03 mol이다. 그러므로 $\text{HCl}(aq)$ 50 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)은 0.01 mol이다. 따라서 (가)에서 $\frac{\text{Na}^+ \text{의 양(mol)}}{\text{Cl}^- \text{의 양(mol)}} = \frac{0.02 \text{ mol}}{0.01 \text{ mol}} = 2$ 이다.

바로알기 ㄷ. 혼합 전 NaOH 수용액 100 mL에는 Na^+ 과 OH^- 이 각각 0.02 mol씩 들어 있고, 혼합 전 HCl(aq) 150 mL에는 H^+ 과 Cl^- 이 각각 0.03 mol씩 들어 있다. Cl^- 은 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이므로 (나)에서 Cl^- 의 양(mol)은 0.03 mol이다. 또, H^+ 은 중화 반응에 참여하는 이온이므로 0.03 mol의 H^+ 중 0.02 mol은 OH^- 과 반응하고 0.01 mol만 남기 때문에 (나)에서 H^+ 의 양(mol)은 0.01 mol이다. 따라서 (나)에서 $\frac{\text{Cl}^- \text{의 양(mol)}}{\text{H}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{0.03 \text{ mol}}{0.01 \text{ mol}} = 3$ 이다.

17 설탕이 더 이상 녹지 않고 가라앉은 상태는 설탕의 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형에 도달한 상태이다.

모범 답안 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 %

18 양쪽성 물질은 산으로도 작용할 수 있고 염기로도 작용할 수 있는 물질이다.

모범 답안 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 %

19 **모범 답안** 순수한 물이 자동 이온화하면 H_3O^+ 과 OH^- 을 1 : 1로 내놓으므로 순수한 물의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 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 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 가 같기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

20 (가)에 들어 있는 H_3O^+ 의 양(mol)이 0.02 mol이고, 부피가 200 mL이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 $\text{pH} = -\log(1 \times 10^{-1}) = 1$ 이고, 25 °C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이므로 $\text{pOH} = 13$ 이다. 또, (나)의 pOH 는 (가)보다 1만큼 작으므로 $\text{pOH} = 12$ 이다. 따라서 $\text{pH} = 2$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2}$ 이다.

모범 답안 $x = 13$, $y = 1 \times 10^{-3}$, (가)에 들어 있는 H_3O^+ 의 양(mol)이 0.02 mol이고, 부피가 200 mL이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 $\text{pH} = 1$ 이고, $\text{pOH} = 13$ 이므로 $x = 13$ 이다. 또, (나)의 $\text{pOH} = 12$ 이므로 $\text{pH} = 2$ 이다. 이로부터 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고, H_3O^+ 의 양(mol)은 $1 \times 10^{-2} \text{ M} \times 100 \times 10^{-3} \text{ L} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 따라서 $y = 1 \times 10^{-3}$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 x 와 y 의 값을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정을 옳게 서술하였지만 x 와 y 의 값 중 1가지만 옳게 쓴 경우	70 %
x 와 y 의 값만 옳게 쓴 경우	40 %

21 1가 산과 1가 염기의 혼합 용액이 염기성일 때 용액 속 양이온의 수는 혼합 전 염기 수용액 속 양이온 수와 같고, 혼합 용액이 산성일 때 용액 속 양이온의 수는 혼합 전 산의 양이온(H^+) 수와 같다. NaOH 수용액의 Na^+ 은 구경꾼 이온이므로 용액 속 이온의 양은 넣어 준 NaOH 수용액의 부피에 비례한다. 넣어 준 NaOH 수용액의 부피는 (가)가 (나)보다 크지만 용액 속 모든 양이온의 양(mol)은 0.01 mol로 같으므로 (가)와 (나)의 액성이 다르고, (가)의 액성은 염기성이다. 이로부터 NaOH 수용액 80 mL에 들어 있는 Na^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 0.01 mol이다. (나)의 액성은 (가)와 다른데, (나)의 액성이 중성이라면 용액 속 양이온의 양(mol)은 혼합 전 NaOH 수용액의 Na^+ 의 양(mol)과 같으며, (가)와 (나)의 혼합 전 NaOH 수용액의 부피비가 4 : 3이므로 용액 속 양이온의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{3}{4}$ 이 되어야 하는데, 양이온의 양(mol)이 같으므로 조건에 맞지 않다. 따라서 (나)의 액성은 산성이다. 이로부터 혼합 전 각 용액에 들어 있는 이온의 양(mol)은 다음과 같다.

혼합 용액	혼합 전 용액의 부피(mL)와 이온의 양(mol)				혼합 용액 속 모든 양이온의 양(mol)
	HCl(aq)		NaOH(aq)		
	H ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	OH ⁻	
(가)	20		80		0.01
	0.005	0.005	0.01	0.01	
(나)	40		60		0.01
	0.01	0.01	0.0075	0.0075	
(다)	60		40		0.015
	0.015	0.015	0.005	0.005	

같은 부피에 들어 있는 이온의 양(mol)은 HCl(aq) 이 NaOH 수용액의 2배이므로 $x : y = 2 : 1$ 이다.

모범 답안 2. 넣어 준 NaOH 수용액의 부피는 (가)가 (나)보다 크지만 혼합 용액 속 모든 양이온의 양(mol)은 같으므로 (가)와 (나)의 액성이 다르며, (가)는 염기성이고, (나)는 산성이다. NaOH 수용액 80 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 HCl(aq) 40 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)이 같으므로 용액의 몰 농도는 HCl(aq) 이 NaOH 수용액의 2배이다. 따라서 $x : y = 2 : 1$ 이므로 $\frac{x}{y} = 2$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	60 %
답만 옳게 쓴 경우	40 %

22 **모범 답안** 1 M, $\frac{1}{10}$ 로 묶힌 식초 20 mL를 적정하는 데 사용한 0.1 M NaOH 수용액의 부피가 20 mL이므로 $\frac{1}{10}$ 로 묶힌 식초 속 CH_3COOH 의 몰 농도를 x 라고 하면 중화 반응의 양적 관계는 다음과 같다.
 $1 \times x \times 20 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 20 \text{ mL}$, $x = 0.1 \text{ M}$
따라서 묶이기 전 식초 속 CH_3COOH 의 몰 농도는 1 M이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	60 %
답만 옳게 쓴 경우	40 %

수능 실전 문제

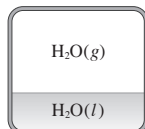
278~281쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ① 04 ③ 05 ② 06 ② 07 ⑤
08 ③ 09 ④ 10 ② 11 ① 12 ③ 13 ④ 14 ②
15 ⑤

01 품공 문제 분석

증발 속도와 응축 속도가 같다. $\rightarrow$ 동적 평형(상평형) 상태에 도달하였다.

시간	t	$2t$	$4t$
증발 속도	a	a	a
응축 속도	b	a	x



선택지 분석

- ㄱ. $x = a$ 이다.
ㄴ. t 일 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도보다 빠르다.
ㄷ. 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 $2t$ 일 때와 $4t$ 일 때가 같다.

전략적 풀이 ① 동적 평형에 도달한 시간을 찾는다.

ㄱ. 일정한 온도에서 증발 속도와 응축 속도가 같은 $2t$ 일 때 동적 평형(상평형)에 도달하였다. 따라서 $2t$ 이후 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도는 같으므로 $x = a$ 이다.

② 동적 평형에 도달하기 전의 증발 속도와 응축 속도를 비교한다.

ㄴ. t 일 때는 동적 평형(상평형)에 도달하기 이전 상태이므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증발 속도는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 응축 속도보다 빠르다.

③ 동적 평형 상태에서는 증발하는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 분자 수와 응축하는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 분자 수가 같다는 것을 적용한다.

ㄷ. $2t$ 이후에는 동적 평형(상평형) 상태를 유지하므로 $2t$ 이후

증발하는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 분자 수와 응축하는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 분자 수가 같다. 따라서 용기 속 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양(mol)은 $2t$ 일 때와 $4t$ 일 때가 같다.

02 품공 문제 분석

$\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}} = 1$ 이다. $\rightarrow$ 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형(상평형) 상태이다. $\rightarrow t_3$ 일 때 동적 평형(상평형)에 도달하였다.

시간	t_1	t_2	t_3
증발 속도	a	b	1
응축 속도			
$\frac{X(l) \text{의 양(mol)}}{X(g) \text{의 양(mol)}}$		1	c

동적 평형(상평형)에 도달하기 이전 상태이다.

선택지 분석

- ㄱ. $a > 1$ 이다.
~~ㄴ. $b = 1$ 이다.~~ $>$
ㄷ. t_3 일 때 $X(l)$ 와 $X(g)$ 는 동적 평형을 이루고 있다.

전략적 풀이 ① 동적 평형에 도달한 시간을 찾는다.

일정한 온도에서 $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}} = 1$ 인 t_3 일 때 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형(상평형)에 도달하였다.

② 동적 평형에 도달하기 전의 증발 속도와 응축 속도를 비교하여 $\frac{\text{증발 속도}}{\text{응축 속도}}$ 값을 파악한다.

ㄱ, ㄴ. t_3 일 때 동적 평형(상평형)에 도달하므로 t_1, t_2 일 때는 동적 평형(상평형)에 도달하기 이전 상태이다. 즉, t_1, t_2 일 때 $X(l)$ 의 증발 속도는 $X(g)$ 의 응축 속도보다 크므로 $a > 1, b > 1$ 이다.

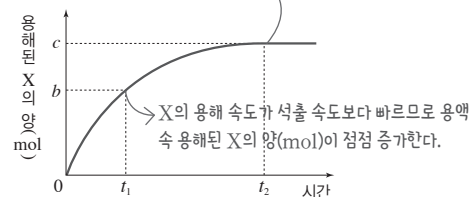
③ 동적 평형 상태의 특징을 이해한다.

ㄷ. t_3 일 때 $X(l)$ 의 증발 속도와 $X(g)$ 의 응축 속도가 같으므로 $X(l)$ 와 $X(g)$ 는 동적 평형(상평형)을 이루고 있다.

03 품공 문제 분석

t_2 이후 용액 속 용해된 X의 양(mol)이 증가하지 않고 일정해진다.

$\rightarrow t_2$ 일 때 동적 평형(용해 평형)에 도달하였다.



선택지 분석

- ㄱ. t_1 일 때 X의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.
~~ㄴ. t_2 일 때 X의 석출 속도는 0이다.~~ 0이 아니다
~~ㄷ. t_2 일 때 고체 X를 추가하면 X 수용액의 몰 농도는 증가한다.~~ 일정하다

전략적 풀이 ① 동적 평형에 도달한 시간을 찾는다.

t_2 이후 용액 속 용해된 X의 양(mol)이 증가하지 않고 일정해지므로 t_2 일 때 동적 평형(용해 평형)에 도달하였다.

② 동적 평형에 도달하기 전의 용해 속도와 석출 속도를 비교한다.

ㄱ. t_2 일 때 동적 평형(용해 평형)에 도달하므로 t_1 일 때는 동적 평형(용해 평형)에 도달하기 이전 상태이다. 따라서 t_1 일 때 X의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.

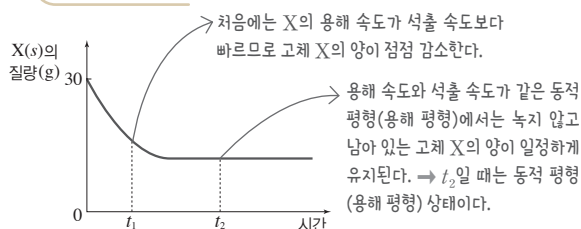
③ 동적 평형의 정의를 이용하여 동적 평형 상태에서 용해와 석출이 일어나는지의 여부를 파악한다.

ㄴ. t_2 일 때 동적 평형(용해 평형) 상태이므로 X의 용해와 석출은 같은 속도로 일어난다. 따라서 t_2 일 때 X의 석출 속도는 0이 아니다.

④ 일정 온도에서 동적 평형에 도달하면 용액의 몰 농도가 일정해짐을 이해한다.

ㄷ. 동적 평형(용해 평형) 상태인 t_2 일 때 고체 X를 추가해도 용해되는 용질 입자 수는 일정하므로 X 수용액의 몰 농도는 증가하지 않고 일정하다.

04 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ t_1 에서 X의 용해 속도는 석출 속도보다 빠르다.
- ㉡ X 수용액의 농도는 t_2 에서보다 t_1 에서 크다. **작다**
- ㉢ X의 석출 속도는 t_1 에서보다 t_2 에서 빠르다.

전략적 풀이 ① 동적 평형 상태인 시간을 찾는다.

일정한 온도에서 수용액에 녹지 않고 남아 있는 고체 X의 양이 일정하게 유지되는 t_2 일 때는 용해 속도와 석출 속도가 같은 동적 평형(용해 평형) 상태이다.

② 동적 평형에 도달하기 전의 용해 속도와 석출 속도를 비교한다.

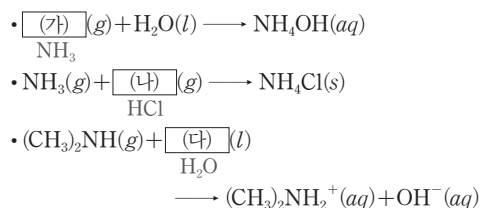
ㄱ. t_1 일 때는 동적 평형(용해 평형)에 도달하기 이전이므로 X의 용해 속도가 석출 속도보다 빠르다.

③ 동적 평형에 도달하기 전과 도달한 이후의 수용액에 용해된 X의 양을 파악한다.

ㄴ. 수용액에 용해된 X의 양은 t_1 에서보다 동적 평형(용해 평형) 상태인 t_2 에서 많다. 따라서 물은 100 g으로 일정하므로 X 수용액의 농도는 t_2 에서보다 t_1 에서 작다.

ㄷ. 수용액에 용해된 X의 양이 많을수록 석출 속도가 빠르므로 X의 석출 속도는 t_1 에서보다 t_2 에서 빠르다.

05 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (가)는 아레니우스 산이다. **아니다**
- ㉡ (나)는 브뢴스테드·로리 산이다.
- ㉢ (다)는 브뢴스테드·로리 염기이다. **산**

전략적 풀이 ① (가)~(다)가 어떤 물질인지 파악한다.

(가)는 NH_3 , (나)는 HCl , (다)는 H_2O 이다.

② 아레니우스 산 염기 정의를 알고, 주어진 반응에서 해당 물질이 아레니우스 산으로 작용하는지 확인한다.

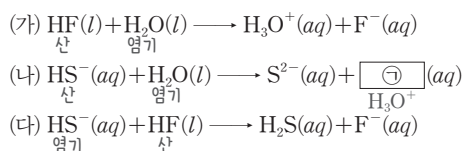
ㄱ. (가)는 NH_3 로, 물에 녹아 H^+ 을 내놓지 못하므로 아레니우스 산이 아니다.

③ 브뢴스테드·로리 산 염기 정의를 알고, 주어진 반응에서 해당 물질이 브뢴스테드·로리 산이나 염기로 작용하는지 확인한다.

ㄴ. (나)는 HCl 로, H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄷ. (다)는 H_2O 로, H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

06 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ ㉠은 OH^- 이다. **H_3O^+**
- ㉡ (가)와 (다)에서 HF는 모두 브뢴스테드·로리 산이다.
- ㉢ (나)와 (다)에서 HS^- 은 모두 브뢴스테드·로리 염기이다. (나)에서는 브뢴스테드·로리 산, (다)에서는 브뢴스테드·로리 염기이다.

전략적 풀이 ① 반응 전후 H^+ 의 이동을 이용하여 ㉠을 알아낸다.

ㄱ. (나)에서 HS^- 이 H^+ 을 내놓고 S^{2-} 으로 되므로 H_2O 은 H^+ 을 받아 H_3O^+ 으로 된다. 따라서 ㉠은 H_3O^+ 이다.

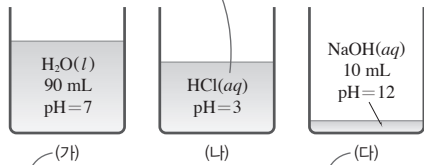
② 브뢴스테드·로리 산 염기 정의를 알고, 주어진 반응에서 브뢴스테드·로리 산과 염기를 구분해 본다.

ㄴ. HF는 (가)와 (다)에서 모두 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

ㄷ. HS^- 은 (나)에서는 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드·로리 산이고, (다)에서는 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

07 품공 문제 분석

pH=3이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-3}$ M이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-]=1 \times 10^{-11}$ M이다.



pH=7이므로 $[H_3O^+]=[OH^-]$ 이다. pH=12이며, 25 °C에서 pH+pOH=14이므로 pOH=2이고, $[OH^-]=1 \times 10^{-2}$ M이다.

선택지 분석

- ㉠ (가)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=1$ 이다.
- ㉡ (나)에서 $[OH^-]=1 \times 10^{-11}$ M이다.
- ㉢ (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액의 pOH=3이다.

전략적 풀이 ① 25 °C의 물과 수용액에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 로 일정하다는 것을 적용한다.

㉠. (가)의 pH=7이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[H_3O^+]=[OH^-]=1 \times 10^{-7}$ M이다. 따라서 (가)에서 $\frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}=1$ 이다.

㉡. (나)의 pH=3이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-3}$ M이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-]=1 \times 10^{-11}$ M이다.

② 25 °C에서 pH+pOH=14인 것을 적용한다.

㉢. (다)의 pH=12이고, 25 °C에서 pH+pOH=14이므로 pOH=2이다. (가)는 물 90 mL이고, (다)는 NaOH 수용액 10 mL이므로 (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액의 부피는 100 mL이다. 따라서 (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액은 (다)를 $\frac{1}{10}$ 로 희석한 용액이므로 혼합 용액의 pOH=3이다.

08 품공 문제 분석

산성 수용액의 pH < 7이고, 염기성 수용액의 pH > 7이므로 pH는 산성 수용액 < 염기성 수용액이다. pH는 (가) < (나)이므로 (가)는 염산(HCl(aq))이고, (나)는 수산화 나트륨(NaOH) 수용액이다.

수용액	(가)	(나)
pH	x	$3x$
OH ⁻ 의 양(mol)	y	$10^3 y$
부피(mL)	10	100

선택지 분석

- ㉠ $x=4$ 이다.
- ㉡ $y=1 \times 10^{-12}$ 이다.
- ㉢ (나)에서 $[OH^-]=1 \times 10^{-4}$ M이다. 1×10^{-2} M

전략적 풀이 ① 수용액에서 $pH = -\log[H_3O^+]$ 이고, 25 °C에서 pH+pOH=14임을 적용하여 x 와 y 를 구한다.

㉠. (가)의 pH= x 이므로 $[H_3O^+]=10^{-x}$ M이고, pOH=14- x 이므로 $[OH^-]=10^{-(14-x)}$ M이다. 이로부터 (가)의 OH⁻의 양(mol)은 $10^{-(14-x)} \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 10^{x-16}$ mol이다. 따라서 $y=10^{x-16}$ 이다. 또, (나)의 pH=3 x 이므로 pOH=14-3 x 이고, $[OH^-]=10^{-(14-3x)}$ M이며, OH⁻의 양(mol)은 $10^{-(14-3x)} \text{ M} \times 100 \times 10^{-3} \text{ L} = 10^{3x-15}$ mol이다. 따라서 (나)의 OH⁻의 양(mol)은 다음과 같은 식이 성립한다.

$$10^9 y = 10^9 \times 10^{x-16} = 10^{x-7} = 10^{3x-15}$$

따라서 $x-7=3x-15$ 이므로 $x=4$ 이다. 그리고 (가)의 OH⁻의 양(mol)에서 $y=10^{x-16}$ 이므로 $y=1 \times 10^{-12}$ 이다.

② x 값을 이용하여 (나) 수용액의 pH를 파악한 후 25 °C에서 pH+pOH=14임을 적용하여 pOH를 구해 $[OH^-]$ 를 구한다.

㉢. (나)의 pH=3 x 이고 $x=4$ 이므로 (나)의 pH=12이다. 따라서 pOH=2이므로 $[OH^-]=1 \times 10^{-2}$ M이다.

09 품공 문제 분석

(나)에서 $[H_3O^+]=[OH^-]$ 이다.

수용액	(가)	(나)	(다)
$[H_3O^+]:[OH^-]$	$1:10^4$	$1:1$	$10^2:1$

(가)의 $[H_3O^+]=x$ M이라고 하면 $[OH^-]=10^4 x$ M이다.

(다)의 $[OH^-]=y$ M이라고 하면 $[H_3O^+]=10^2 y$ M이다.

선택지 분석

- ㉠ (가)의 pH=10이다. 9
- ㉡ (나)의 액성은 중성이다.
- ㉢ $[OH^-]$ 는 (가):(다)= $10^3:1$ 이다.

전략적 풀이 ① 25 °C 수용액에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 임을 이용하여 (가)의 pH를 구한다.

㉠. (가)의 $[H_3O^+]=x$ M이라고 하면 $[H_3O^+]:[OH^-]=1:10^4$ 이므로 $[OH^-]=10^4 x$ M이고, $[H_3O^+][OH^-]=10^4 x^2=1 \times 10^{-14}$ 이므로 $x=1 \times 10^{-9}$ 이다. 따라서 pH=9이다.

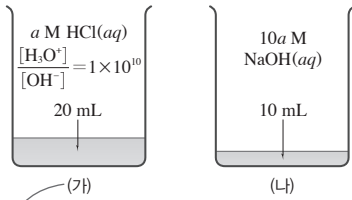
② $[H_3O^+]=[OH^-]$ 인 수용액은 중성임을 이해하여 (나)의 액성을 판단한다.

㉡. (나)에서 $[H_3O^+]:[OH^-]=1:1$ 이므로 $[H_3O^+]=[OH^-]$ 이다. 따라서 (나)는 중성 용액이다.

③ 25 °C 수용액에서 $[H_3O^+][OH^-]=1 \times 10^{-14}$ 임을 이용하여 (다)의 $[OH^-]$ 를 구한다.

㉢. (다)의 $[OH^-]=y$ M이라고 하면 $[H_3O^+]:[OH^-]=10^2:1$ 이므로 $[H_3O^+]=10^2 y$ M이고, 25 °C에서 $[H_3O^+][OH^-]=10^2 y^2=1 \times 10^{-14}$ 이므로 $y=1 \times 10^{-8}$ 이다. 또, (가)에서 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-9}$ 이므로 $[OH^-]=1 \times 10^{-5}$ M이다. 따라서 $[OH^-]$ 는 (가):(다)= $1 \times 10^{-5} \text{ M} : 1 \times 10^{-8} \text{ M} = 10^3:1$ 이다.

10 품공 문제 분석



$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 1 \times 10^{10}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] : [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{10} : 1$ 이다.
 → (가)의 $[\text{OH}^-] = x \text{ M}$ 이라고 하면 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{10}x \text{ M}$ 이다.

선택지 분석

☒ a=0.1이다. 0.01

☒ (나)의 pH
(가)의 pH ≤ 6 이다. >

☒ (나)에 물을 넣어 100 mL로 만든 NaOH 수용액에서
 $\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1 \times 10^{10}$ 이다.

전략적 풀이 ① 25 °C 수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 임을 적용하여 HCl(aq)의 몰 농도를 구한다.

ㄱ. (가)에서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 1 \times 10^{10}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] : [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{10} : 1$ 이다. 이로부터 (가)의 $[\text{OH}^-] = x \text{ M}$ 이라고 하면 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{10}x \text{ M}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{10}x^2 = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $x^2 = 1 \times 10^{-24}$ 에서 $x = 1 \times 10^{-12}$ 이다. 따라서 (가)의 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{10}x \text{ M} = 0.01 \text{ M}$ 이므로 HCl(aq)의 몰 농도 $a = 0.01$ 이다.

② 25 °C 수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 임을 적용하여 (가)와 (나)의 pH를 구한다.

ㄴ. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-2}) = 2$ 이다. 또, (나)에서 NaOH 수용액의 몰 농도는 $10a \text{ M}$ 인데, $a = 0.01$ 이므로 NaOH 수용액의 몰 농도는 0.1 M 이다. 따라서 $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M}$ 이며, $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이다. 이로부터 (나)의 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \times 10^{-13}) = 13$ 이다. 따라서 $\frac{(\text{나)의 pH}}{(\text{가)의 pH}} = \frac{13}{2} > 6$ 이다.

③ 용액에 물을 넣어 용액의 부피가 10배가 되면 용액의 몰 농도는 $\frac{1}{10}$ 로 됨을 이해한다.

ㄷ. (나)에 물을 넣어 100 mL로 만들면 부피가 10배가 되므로 NaOH 수용액의 몰 농도는 $\frac{1}{10}$ 배인 0.01 M 이 된다. 따라서 $[\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] = 0.01 \text{ M}$ 이다. 이때 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ M}}{1 \times 10^{-12} \text{ M}} = 1 \times 10^{10}$ 이다.

11 품공 문제 분석

수용액 속 Cl^- 의 양(mol)은 넣어 염기 수용액의 부피가 $x \text{ mL}$ 로 같으므로 (가)준 HCl(aq)의 부피에 비례한다. ~ (다)에서 A^{2+} 의 양(mol)은 모두 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
A(OH) ₂ (aq)의 부피(mL)	x	x	x
HCl(aq)의 부피(mL)	20	30	60
pH		13	
용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도(M)비	$\begin{matrix} 2 & 3 \\ 1 \end{matrix}$	(나)의 액성은 염기성이다.	$\begin{matrix} 2 & 3 \\ 1 \end{matrix}$

(가)는 (나)보다 산 수용액의 부피가 작으므로 (가)의 액성도 염기성이다.

선택지 분석

① $\frac{1}{40}$ ② $\frac{1}{35}$ ③ $\frac{1}{30}$ ④ $\frac{1}{25}$ ⑤ $\frac{1}{20}$

전략적 풀이 ① 수용액 (나)의 액성이 염기성이라는 것을 이용하여 수용액 (가)의 액성을 파악하고, 용액 속 이온의 몰비를 찾아낸다.

수용액 (가)에 존재하는 3가지 이온의 몰 농도비는 $3 : 2 : 1$ 이다. (가)는 염기성이므로 용액에 존재하는 이온은 A^{2+} , OH^- , Cl^- 이고, 몰 농도가 가장 큰 이온을 A^{2+} 이라고 하면 다음과 같다. A(OH)₂ 수용액에서 A^{2+} 과 OH^- 은 $1 : 2$ 의 개수비로 존재하므로 A^{2+} 의 양(mol)을 $3n \text{ mol}$ 이라고 하면 혼합 전 OH^- 의 양(mol)은 $6n \text{ mol}$ 이고, OH^- 과 Cl^- 의 몰비가 $2 : 1$ 또는 $1 : 2$ 이다.

• 수용액 (가)에 존재하는 양(mol)이 가장 작은 이온을 Cl^- 이라고 하면 용액에 존재하는 Cl^- 의 양(mol)이 $n \text{ mol}$ 이므로 반응한 H^+ 의 양(mol)이 $n \text{ mol}$ 이고, 반응한 OH^- 의 양(mol)도 $n \text{ mol}$ 이므로 용액에 존재하는 OH^- 의 양(mol)은 $5n \text{ mol}$ 이다.

구분	A^{2+}	OH^-	H^+	Cl^-
혼합 전 이온 양(mol)	$3n$	$6n$	n	n
혼합 후 이온 양(mol)	$3n$	$5n$	0	n

따라서 수용액 (가)에 존재하는 이온의 몰비가 $\text{A}^{2+} : \text{OH}^- : \text{Cl}^- = 3 : 5 : 1$ 이므로 자료에 부합하지 않는다.

• 수용액 (가)에 존재하는 양(mol)이 가장 작은 이온을 OH^- 이라고 하면 용액에 존재하는 OH^- 의 양(mol)이 $n \text{ mol}$ 이므로 반응한 OH^- 의 양(mol)이 $5n \text{ mol}$ 이고, 반응한 H^+ 의 양(mol)도 $5n \text{ mol}$ 이므로 용액에 존재하는 Cl^- 의 양(mol)은 $5n \text{ mol}$ 이다.

구분	A^{2+}	OH^-	H^+	Cl^-
혼합 전 이온 양(mol)	$3n$	$6n$	$5n$	$5n$
혼합 후 이온 양(mol)	$3n$	n	0	$5n$

따라서 수용액 (가)에 존재하는 이온의 몰비가 $\text{A}^{2+} : \text{OH}^- : \text{Cl}^- = 3 : 1 : 5$ 이므로 자료에 부합하지 않는다.

또, 이온의 양(mol)이 가장 큰 이온을 Cl^- 이라 하고 Cl^- 의 양

(mol)을 $3n$ mol이라고 하면 OH^- 과 A^{2+} 의 양(mol)은 각각 n mol, $2n$ mol이며, 이때는 (나) 용액의 액성이 산성이 되어 적합하지 않다. 따라서 물 농도가 가장 큰 이온은 OH^- 이다. OH^- 의 양(mol)을 $3n$ mol이라고 하면 산이 내놓은 H^+ 과 염기가 내놓은 OH^- 이 1 : 1의 몰비로 반응하므로 수용액 (가)에서 A^{2+} 의 양(mol)은 $2n$ mol, Cl^- 의 양(mol)은 n mol이다.

구분	A^{2+}	OH^-	H^+	Cl^-
혼합 전 이온 양(mol)	$2n$	$4n$	n	n
혼합 후 이온 양(mol)	$2n$	$3n$	0	n

② 산의 수용액과 염기의 수용액의 부피에 비례하여 용액 속 이온의 양이 증가함을 적용하고, 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 수용액 (다)의 ① 이온을 파악한다.

수용액 (가)에서 혼합 전 HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양(mol)은 각각 n mol이므로 수용액 (다)에서 혼합 전 HCl(aq) 60 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양(mol)은 각각 $3n$ mol이고, A(OH)_2 수용액 x mL에 들어 있는 A^{2+} 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 $2n$ mol과 $4n$ mol이다. 따라서 수용액 (다)에 존재하는 A^{2+} 은 $2n$ mol, Cl^- 은 $3n$ mol, OH^- 은 n mol이므로 이온의 몰 농도가 가장 작은 ①은 OH^- 이다.

③ 25 °C에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 임을 적용하여 수용액 (나)의 $[\text{OH}^-]$ 와 염기 수용액의 부피(x), 산 수용액의 몰 농도(y)를 파악한다.

수용액 (나)의 $\text{pH} = 13$ 인데, $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이므로 $\text{pOH} = 1$ 이다. 따라서 $[\text{OH}^-] = 0.1$ M이다. 이때 0.2 M A(OH)_2 수용액 x mL가 내놓은 OH^- 의 양(mol)과 y M HCl(aq) 30 mL가 내놓은 H^+ 의 양(mol)의 차는 수용액 (나)의 OH^- 의 양(mol)과 같으므로 다음 관계식이 성립한다.

$$(2 \times 0.2 \text{ M} \times x \times 10^{-3} \text{ L}) - (y \text{ M} \times 30 \times 10^{-3} \text{ L}) = 0.1 \text{ M} \times (x + 30) \times 10^{-3} \text{ L} \Rightarrow 0.1x - 10y = 1$$

또, 수용액 (가)에서 A^{2+} 과 Cl^- 의 몰비가 2 : 1이므로 다음 관계식이 성립한다.

$$0.2 \text{ M} \times x \times 10^{-3} \text{ L} : y \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 : 1 \Rightarrow x = 200y$$

두 식을 풀면 $x = 20$, $y = 0.1$ 이다.

④ H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응함을 이용하여 수용액 (다)에서 ① 이온의 몰 농도를 구한다.

수용액 (다)에서 ①은 OH^- 이고, 혼합 전 0.2 M A(OH)_2 수용액 20 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $2 \times 0.2 \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 8 \times 10^{-3}$ mol이다. 또, 0.1 M HCl(aq) 60 mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 60 \times 10^{-3} \text{ L} = 6 \times 10^{-3}$ mol이다. 이때 H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응하므로 각각 6×10^{-3} mol씩 반응하고, OH^- 이 2×10^{-3} mol 남는다. 따라서 수용액 (다)에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 2×10^{-3} mol이고, 용액의 전체 부피가 20 mL + 60 mL = 80 mL이므로 ①의 몰 농도는 $\frac{2 \times 10^{-3} \text{ mol}}{80 \times 10^{-3} \text{ L}} = \frac{1}{40}$ M이다.

12 공공 문제 분석

[실험 과정]

(가) x M HA 수용액 25 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액을 만든다.

→ 물을 넣었을 때 용액의 부피가 묽히기 전의 4배이므로 묽힌 용액의 몰 농도는 묽히기 전의 $\frac{1}{4}$ 배가 된다. 따라서 $\frac{1}{4}x$ M이다.

(나) 삼각 플라스크에 (가)에서 만든 수용액 40 mL를 넣고 페놀프탈레인 용액을 2방울 ~ 3방울 떨어뜨린다.

(다) (나)의 삼각 플라스크에 0.2 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 조금씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 잘 흔들어 준다.

(라) (다)의 삼각 플라스크 속 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 적정을 멈추고, 적정에 사용된 NaOH 수용액의 부피(V_1)를 측정한다.

(마) x M HA 수용액 대신 y M H_2B 수용액을 사용해서 과정 (가)~(라)를 반복하여 적정에 사용된 NaOH 수용액의 부피(V_2)를 측정한다. (가) 과정에서 묽힌 용액의 몰 농도는 묽

[실험 결과] 기 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $\frac{1}{4}y$ M이다.

• V_1 : 40 mL

• V_2 : 16 mL

$\frac{1}{4}x$ M HA 수용액 40 mL를 적정하는 데 사용된 0.2 M NaOH 수용액의 부피가 40 mL이다.

$\frac{1}{4}y$ M H_2B 수용액 40 mL를 적정하는 데 사용된 0.2 M NaOH 수용액의 부피가 16 mL이다.

선택지 분석

① 0.72 ② 0.84 ③ 0.96 ④ 1.02 ⑤ 1.24

전략적 풀이 ① 일정 농도의 용액에 물을 넣어 묽힌 용액 속 용질의 양은 일정하므로 몰 농도비는 용액의 부피에 반비례한다는 것을 적용하여 x 를 구한다.

x M HA 수용액 25 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액을 만들었다. 따라서 물을 넣었을 때 용액의 부피가 묽히기 전의 4배이므로 묽힌 용액의 몰 농도는 $\frac{1}{4}x$ M이다. 즉, $\frac{1}{4}x$ M HA 수용액 40 mL를 적정하는 데 사용된 0.2 M NaOH 수용액의 부피가 40 mL이므로 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$$1 \times \frac{1}{4}x \text{ M} \times 40 \text{ mL} = 1 \times 0.2 \text{ M} \times 40 \text{ mL}, x = 0.8$$

② 산의 가수에 따라 산이 내놓은 H^+ 의 양(mol)이 다름을 적용하여 y 값을 구한다.

y M H_2B 수용액 25 mL에 물을 넣어 100 mL 수용액을 만들었으므로 묽힌 용액의 몰 농도는 $\frac{1}{4}y$ M이다. 즉, $\frac{1}{4}y$ M H_2B 수용액 40 mL를 적정하는 데 사용된 0.2 M NaOH 수용액의 부피가 16 mL이므로 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$$2 \times \frac{1}{4}y \text{ M} \times 40 \text{ mL} = 1 \times 0.2 \text{ M} \times 16 \text{ mL}, y = 0.16$$

따라서 $x + y = 0.8 + 0.16 = 0.96$ 이다.

13 품공 문제 분석

[자료]

- 수용액에서 HA는 H^+ 과 A^- 으로, BOH는 B^+ 과 OH^- 으로 모두 이온화한다.

[실험 과정]

- (가) x M HA 수용액 10 mL를 비커에 넣는다.
- (나) (가)의 비커에 y M BOH 수용액 a mL를 넣는다.
- (다) (나)의 비커에 x M HA 수용액 b mL를 넣는다.

[실험 결과]

- 각 과정 후 수용액에 대한 자료

과정	(가)	(나)	(다)
음이온의 물 농도(M)	X 이온 A^- 0.4	0.2	0.3
	Y 이온 OH^- ①	0.4	①

(가)에 존재하는 음이온인 X 이온은 A^- 이고, (가)에 들어 있는 A^- 의 물 농도는 0.4 M이다. $\rightarrow$ HA 수용액의 물 농도는 0.4 M이다.

선택지 분석

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

전략적 풀이 ① 산 수용액의 음이온의 물 농도는 산 수용액의 물 농도와 같다는 것을 적용하여 HA 수용액의 물 농도 x 를 구한다.

(가)에 들어 있는 음이온인 A^- 의 물 농도는 0.4 M이므로 HA 수용액의 물 농도는 0.4 M이다. 따라서 $x=0.4$ 이다.

② 산 수용액 속 구경꾼 이온은 그 양이 일정함을 적용하여 BOH 수용액의 부피 a 를 구한다.

구경꾼 이온인 A^- 의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같고, 물 농도는 (나)가 (가)의 절반이므로 부피는 (나)가 (가)의 2배이다. 따라서 $a=10$ 이다.

③ 산 수용액 속 H^+ 은 넣어 준 염기 수용액의 OH^- 과 1 : 1의 몰비로 반응하여 그 양이 감소하는 것을 이용하여 BOH 수용액의 물 농도 y 를 구한다.

(가)에서 H^+ 의 양(mol)은 $0.4 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, (가)에 y M BOH 수용액 10 mL를 넣어 만든 (나)에서 OH^- 의 양(mol)은 $0.4 \text{ M} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 이때 산 수용액의 H^+ 은 넣어 준 염기 수용액의 OH^- 과 1 : 1의 몰비로 반응하므로 y M BOH 수용액 10 mL에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $12 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 즉, 같은 부피(10 mL)에 들어 있는 이온의 양(mol)은 BOH 수용액이 HA 수용액의 3배이므로 BOH 수용액의 농도는 HA 수용액의 3배이다. 따라서 $y=1.2$ 이다.

④ 산 수용액 속 구경꾼 이온은 그 양이 일정함을 적용하여 HA 수용액의 부피 b 를 구한다.

(다)에서 A^- 의 양(mol)은 (가)의 HA 수용액 10 mL 속 A^- 의 양(mol)과 (다)에서 넣어 준 HA 수용액 b mL 속 A^- 의 양(mol)의 합과 같으므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

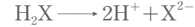
$$0.3 \text{ M} \times (20+b) \times 10^{-3} \text{ L} = 0.4 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} + 0.4 \text{ M} \times b \times 10^{-3} \text{ L} \Rightarrow 3 \times (20+b) = 40 + 4b, b=20$$

따라서 $\frac{y}{x} \times \frac{a}{b} = \frac{1.2}{0.4} \times \frac{10}{20} = \frac{3}{2}$ 이다.

14 품공 문제 분석

[자료]

- 수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로 모두 이온화한다.



- 이온의 양(mol)은 양이온 : 음이온 = 2 : 1이므로 H_2X 수용액에서 양이온의 양(mol) = 2이고, 1가 염기인 NaOH 수용액을 추가하면 넣어 준 OH^- 만큼 H^+ 이 감소하고 감소한 H^+ 만큼 Na^+ 이 첨가되므로 중화점까지 양이온의 양(mol) = 2가 된다.

[실험 과정]

- (가) a M H_2X 수용액 V mL와 b M NaOH 수용액 50 mL를 혼합하여 용액 I을 만든다.

- (나) 용액 I에 c M 염산($HCl(aq)$) 20 mL를 추가하여 용액 II를 만든다.

[실험 결과]

- 용액 I과 II에 대한 자료

용액	I	II
양이온의 양(mol)	$\frac{5}{3}$	$\frac{3}{2}$
음이온의 양(mol)		
모든 이온의 물 농도의 합(상댓값)	1	1

용액 I과 II의 양이온의 양(mol)이 서로 다르다. $\rightarrow$ 용액 II의 액성은 용액 I과 다르므로 산성이다.

선택지 분석

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

전략적 풀이 ① 일정량의 2가 산 수용액에 1가 염기 수용액을 넣을 때 용액 속 양이온의 양(mol)과 음이온의 양(mol)의 변화를 파악하여 용액 I과 II의 액성을 판단한다.

H_2X 수용액에서 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = 2$ 이고, NaOH 수용액을 추가하면 넣어 준 OH^- 만큼 H^+ 이 감소하고 감소한 H^+ 만큼 Na^+ 이 첨가되므로 중화점까지 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = 2$ 가 된다.

용액 I에서 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = \frac{5}{3}$ 로 2보다 작으므로 용액 I의 액성은 염기성이고, 용액에 존재하는 양이온은 Na^+ 이다. 이때 Na^+ 의 양(mol)을 $5k$ mol이라고 하면 혼합 전후 용액 I에 들어 있는 이온의 종류와 양(mol)은 다음과 같다.

구분	Na^+	H^+	X^{2-}	OH^-
혼합 전 이온 양(mol)	$5k$	$4k$	$2k$	$5k$
혼합 후 이온 양(mol)	$5k$	0	$2k$	k

용액 II의 액성은 산성이므로 용액에 존재하는 양이온은 Na^+ , H^+ 이고 음이온은 X^{2-} , Cl^- 이다.

② 용액 II의 액성과 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}}$ 의 값을 이용하여 $c \text{ M}$ HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 이온의 양(mol)을 구한다.

$c \text{ M}$ HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 H^+ 과 Cl^- 의 양(mol)을 각각 $x \text{ mol}$ 이라고 하면, H^+ $x \text{ mol}$ 중 $k \text{ mol}$ 은 OH^- 과 반응하므로 용액 II 속 H^+ 의 양(mol)은 $(x-k) \text{ mol}$ 이다. 즉, 용액 II의 양이온의 양(mol)은 Na^+ $5k \text{ mol}$, H^+ $(x-k) \text{ mol}$ 이고, 음이온의 양(mol)은 X^{2-} $2k \text{ mol}$, Cl^- $x \text{ mol}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{양이온의 양(mol)}}{\text{음이온의 양(mol)}} = \frac{5k + (x-k)}{2k + x} = \frac{3}{2}$ 이므로 $x=2k$ 이다. 이로부터 용액 II에 들어 있는 이온의 종류와 양(mol)은 다음과 같다.

Na^+	H^+	X^{2-}	Cl^-
$5k$	k	$2k$	$2k$

③ 용액 I과 용액 II의 전체 이온의 양(mol)과 부피를 이용하여 H_2X 수용액의 부피(V)를 구한다.

용액 I에 들어 있는 전체 이온의 양은 $8k \text{ mol}$, 부피는 $(V+50) \text{ mL}$ 이고, 용액 II에 들어 있는 전체 이온의 양은 $10k \text{ mol}$, 부피는 $(V+70) \text{ mL}$ 이다. 이때 용액 I과 II에서 모든 이온의 몰 농도(M)의 합이 같으므로 다음 관계식이 성립한다.

$$\frac{8k}{V+50} = \frac{10k}{V+70} \Rightarrow 10(V+50) = 8(V+70), V=30$$

④ 3가지 산, 염기 수용액의 구경꾼 이온의 양(mol)과 용액의 부피로부터 각 용액의 몰 농도를 비교한다.

$a \text{ M}$ H_2X 수용액 30 mL에 들어 있는 X^{2-} 의 양(mol)이 $2k \text{ mol}$, $b \text{ M}$ NaOH 수용액 50 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)이 $5k \text{ mol}$, $c \text{ M}$ HCl(aq) 20 mL에 들어 있는 Cl^- 의 양(mol)이 $2k \text{ mol}$ 이므로 각 용액의 몰 농도비는 $a:b:c = \frac{2k}{30}$

$$: \frac{5k}{50} : \frac{2k}{20} = 2:3:3 \text{이다. 따라서 } \frac{b}{a+c} = \frac{3}{5} \text{이다.}$$

15 공공 문제 분석

용액 A와 용액 B는 혼합한 NaOH 수용액의 부피는 같고, HX 수용액의 부피만 $V \text{ mL}$ 만큼 차이가 있다. $\rightarrow$ 용액 A와 용액 B에서 OH^- 의 양(mol)의 차는 HX 수용액 $V \text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 같다.

혼합 용액	A	B	C	D
$[\text{H}^+]$ 또는 $[\text{OH}^-](\text{M})$	$\frac{3}{10} [\text{OH}^-]$	$\frac{1}{5} [\text{OH}^-]$	x	$\frac{2}{15} [\text{H}^+]$
액성	염기성	염기성		산성

$\rightarrow$ 용액 B의 액성이 염기성이므로 B보다 산 수용액이 적게 들어간 A의 액성도 염기성이다.

선택지 분석

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

전략적 풀이 ① 산 수용액 속 H^+ 은 넣어 준 염기 수용액의 OH^- 과 1:1의 몰비로 반응하여 그 양이 감소한다는 것을 적용하여 HX 수용액 $V \text{ mL}$ 속 H^+ 의 양(mol)을 파악한다.

용액 B의 액성이 염기성이므로 용액 B보다 산 수용액이 적게 들어간 용액 A의 액성도 염기성이고, 용액 A 속 OH^- 의 양(mol)은 $\frac{3}{10} \text{ M} \times (10+2V) \times 10^{-3} \text{ L} = \frac{3}{10} \times (10+2V) \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, 용액 B 속 OH^- 의 양(mol)은 $\frac{1}{5} \text{ M} \times (10+3V) \times 10^{-3} \text{ mol} = \frac{1}{5} \times (10+3V) \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 이때 용액 A와 B에서 OH^- 의 양(mol)의 차는 HX 수용액 $V \text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 같다. 따라서 HX 수용액 $V \text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $\frac{3}{10} \times (10+2V) \times 10^{-3} \text{ mol} - \frac{1}{5} \times (10+3V) \times 10^{-3} \text{ mol} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다.

② 용액 A에서 반응의 양적 관계를 적용하여 부피를 파악한다.

0.8 M NaOH 수용액 10 mL 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $0.8 \text{ M} \times 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, HX 수용액 $2V \text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 용액 A는 염기성이므로 OH^- 의 몰 농도가 $\frac{3}{10} \text{ M}$ 이며, 0.8 M NaOH 수용액 10 mL 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)과 HX 수용액 $2V \text{ mL}$ 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)의 차는 용액 A에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)과 같으므로 다음 관계식이 성립한다.

$$(8 \times 10^{-3} \text{ mol}) - (2 \times 10^{-3} \text{ mol}) = \frac{3}{10} \text{ M} \times (10+2V) \times 10^{-3} \text{ L} \\ \Rightarrow 6 \times 10^{-3} \text{ mol} = \frac{3}{10} (10+2V) \times 10^{-3} \text{ mol}, V=5$$

③ D 용액 속 H^+ 의 양(mol)을 이용하여 H_2Y 수용액의 몰 농도를 구하고, C 용액 속 $[\text{H}^+]$ 또는 $[\text{OH}^-]$ 를 구한다.

용액 D의 부피가 30 mL 이고 액성이 산성이므로 용액 속 H^+ 의 양(mol)은 $\frac{2}{15} \text{ M} \times 30 \times 10^{-3} \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 이때 0.8 M NaOH 수용액 10 mL 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이므로 혼합 전 H_2Y 수용액 20 mL 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $12 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이다. 따라서 H_2Y 수용액의 몰 농도는 $\frac{6 \times 10^{-3} \text{ mol}}{20 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 0.3 \text{ M}$ 이다.

용액 C에서 혼합 전 0.3 M H_2Y 수용액 5 mL 에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.3 \text{ M} \times 5 \times 10^{-3} \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이고, 혼합 전 0.8 M NaOH 수용액 10 mL 에 들어 있는 OH^- 의 양(mol)은 $8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 이므로, 두 용액을 혼합한 용액 C에는 OH^- 이 $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 들어 있다. 이때 용액 C의 부피가 15 mL 이므로 $[\text{OH}^-] = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{15 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \frac{1}{3} \text{ M}$ 이다. 따라서 $x = \frac{1}{3}$ 이다.

2 화학 반응과 열의 출입

1 산화 환원 반응

개념 확인 문제

286쪽

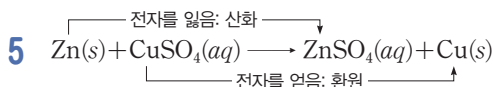
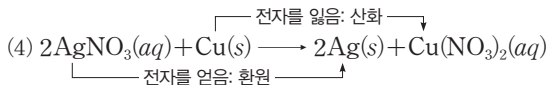
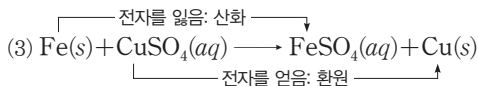
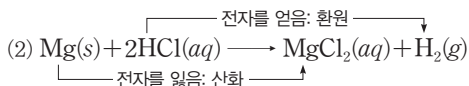
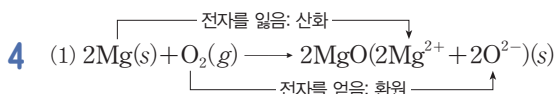
① 산화 ② 환원 ③ 동시

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 2 ㉠ 환원, ㉡ 산화 3 산화되는 물질: Na, 환원되는 물질: Cl₂ 4 (1) ㉠ 산화, ㉡ 환원 (2) ㉠ 환원, ㉡ 산화 (3) ㉠ 산화, ㉡ 환원 (4) ㉠ 산화, ㉡ 환원 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

- 1 (1), (2) 어떤 물질이 산소를 얻거나 전자를 잃는 반응은 산화이고, 산소를 잃거나 전자를 얻는 반응은 환원이다.
(3) 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.
(4) 산화 환원 반응에서 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 전자를 얻는 물질도 있으므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

2 철의 제련 과정에서 Fe₂O₃은 산소를 잃고 Fe로 환원되고, C는 산소를 얻어 CO₂로 산화된다.

3 Na은 전자를 잃고 Na⁺으로 산화되고, Cl는 전자를 얻어 Cl⁻으로 환원된다.



- (1), (2) 수용액에 녹아 있는 Cu²⁺이 Cu로 석출되면서 수용액의 푸른색이 없어지는 것으로 보아 수용액은 Cu²⁺ 때문에 푸른색을 띠을 알 수 있다.
(3), (4), (5) Zn은 전자를 잃고 Zn²⁺으로 산화되고, Cu²⁺은 그 전자를 얻어 Cu로 환원되므로 전자는 Zn에서 Cu²⁺으로 이동한다.

개념 확인 문제

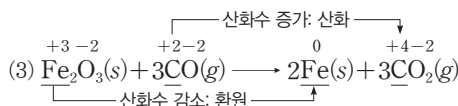
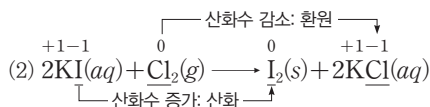
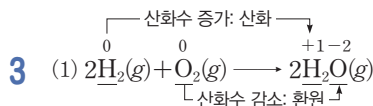
290쪽

① 산화수 ② 전하 ③ 큰 ④ 증가 ⑤ 감소 ⑥ 동시
 ⑦ 산화제 ⑧ 환원제

1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ 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) 환원제 (2) 산화제 (3) ㉠ 산화제, ㉡ 환원제 5 (1) 산화제: N₂, 환원제: H₂ (2) 산화제: HCl, 환원제: Zn (3) 산화제: SO₂, 환원제: H₂S 6 a=1, b=5, c=5, d=1

- 1 (1) 산화수가 증가하는 반응은 산화, 산화수가 감소하는 반응은 환원이다.
(2) 이온 결합 물질에서 산화수는 물질을 구성하고 있는 각 이온의 전하와 같다. 따라서 NaCl에서 Na의 산화수는 +1이다.
(3) 공유 결합 물질에서 산화수는 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정할 때, 각 원자가 가지는 전하이다. CO₂에서 C는 2개의 O에게 전자 4개를 잃은 것이므로 C의 산화수는 +4이다.
(4) 화합물에서 O의 산화수는 대체로 -2이지만 과산화물에서는 -1이고, 플루오린 화합물에서는 +2이다.
(5) 화합물은 전기적으로 중성이므로 원자들의 산화수 합은 0이다.

- 2 (1) HNO₃: H의 산화수는 +1이고, O의 산화수는 -2이며, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. N의 산화수를 x라고 하면 (+1)+x+(-2)×3=0이므로 x=+5이다.
(2) NaH: 금속의 수소 화합물에서 H의 산화수는 -1이다.
(3) H₂O₂: 과산화물에서 O의 산화수는 -1이다.
(4) CH₄: H의 산화수는 +1이고, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. C의 산화수를 x라고 하면 x+(+1)×4=0이므로 x=-4이다.
(5) OF₂: 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)=0이므로 x=+1이다.

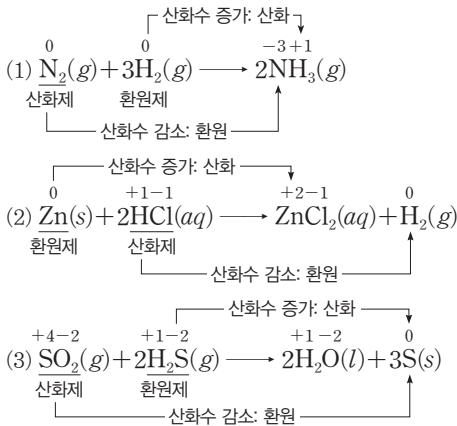


4 (1) 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질은 환원제이다.

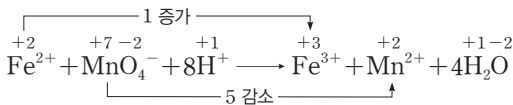
(2) 화학 반응에서 산화수가 감소하는 원자를 포함한 물질은 자신은 환원되는 것이므로 다른 물질을 산화시키는 산화제이다.

(3) F_2 은 다른 물질로부터 전자를 얻어 환원되기 쉬우므로 다른 물질을 산화시키는 산화제로 사용되고, Na 은 다른 물질에게 전자를 주고 산화되기 쉬우므로 다른 물질을 환원시키는 환원제로 사용된다.

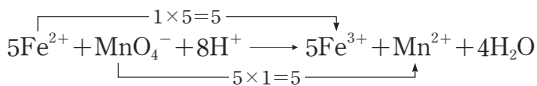
5 산화제는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질, 환원제는 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질이다.



6 주어진 산화 환원 반응식에서 각 원자의 산화수 변화는 다음과 같다.



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.



따라서 c는 5이고, d는 1이다.

대표 자료 분석

291쪽

자료 ① 1 H: 1 증가, O: 2 감소 2 0, -1 3 5 감소

4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) ○

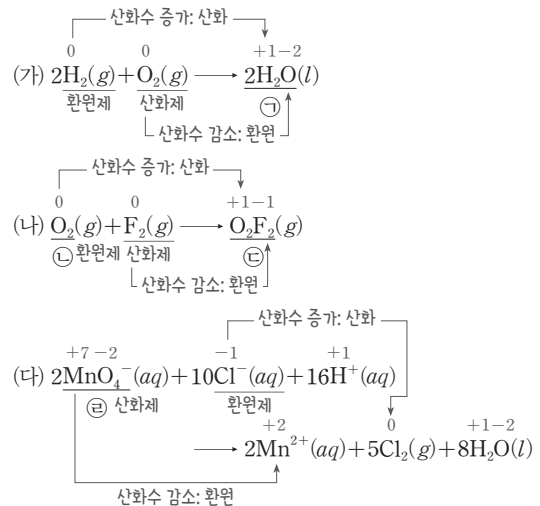
자료 ② 1 산화되는 물질: H_2 , 환원되는 물질: CO 2 산화

되는 물질: CO, 환원되는 물질: H_2O 3 Mn: 3 감소

소, S: 2 증가 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

(6) × (7) ○

1-1 품평 문제 분석



(가)에서 H의 산화수는 H_2 에서 0이고, H_2O 에서 +1이므로 H의 산화수 변화는 1 증가이다. O의 산화수는 O_2 에서 0이고 H_2O 에서 -2이므로 O의 산화수 변화는 2 감소이다.

1-2 (나)에서 F의 산화수는 F_2 에서 0이고, O_2F_2 에서 -1이다. 화합물에서 F의 산화수는 -1이다.

1-3 (다)에서 Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 +7이고, Mn^{2+} 에서 +2이다. 이때 MnO_4^- 에서 Mn의 산화수를 x라고 하면 $x + (-2) \times 4 = -1$ 이므로 $x = +7$ 이다. 따라서 Mn의 산화수 변화는 5 감소이다.

1-4 (1) (가)에서 H의 산화수는 H_2 에서 0이고, H_2O 에서 +1이다. 따라서 H_2 를 구성하는 H의 산화수가 증가하므로 H_2 는 산화된다.

(2) (가)에서 O의 산화수는 O_2 에서 0이고, H_2O 에서 -2이다. 따라서 O_2 를 구성하는 O의 산화수가 감소하므로 O_2 는 자신은 환원되면서 H_2 를 산화시키는 산화제이다.

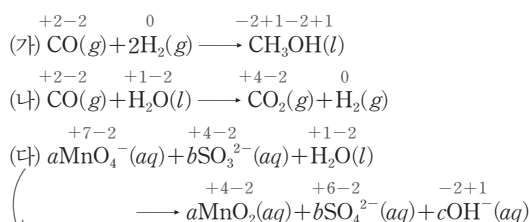
(3) (나)에서 F의 산화수는 F_2 에서 0이고, O_2F_2 에서 -1이다. 따라서 F_2 를 구성하는 F의 산화수가 감소하므로 F_2 은 환원된다.

(4) (나)에서 O의 산화수는 O_2 에서 0이고, O_2F_2 에서 +1이다. 따라서 O의 산화수는 증가한다.

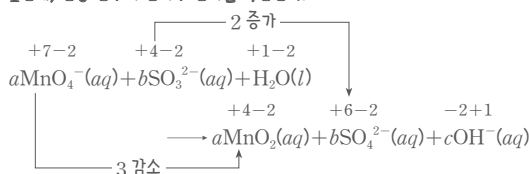
(5), (6) (다)에서 Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 +7이고, Mn^{2+} 에서 +2이다. 따라서 MnO_4^- 을 구성하는 Mn의 산화수가 감소하므로 MnO_4^- 은 자신은 환원되면서 Cl^- 을 산화시키는 산화제이다.

(7) O의 산화수는 ㉠에서 -2, ㉡에서 0, ㉢에서 +1, ㉣에서 -2이다. 따라서 산화수가 가장 큰 값은 +1이다.

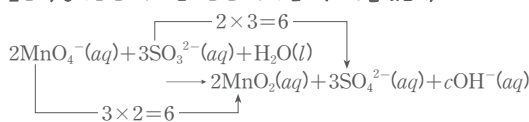
2-1 품공 문제 분석



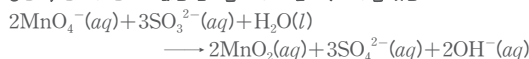
1단계) 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.



2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.



(가)에서 C의 산화수는 CO에서 +2이고, CH₃OH에서 -2로 4 감소이므로 CO는 환원된다. 또, H의 산화수는 H₂에서 0이고 CH₃OH에서 +1로 1 증가이므로 H₂는 산화된다.

2-2 (나)에서 C의 산화수는 CO에서 +2이고, CO₂에서 +4로 2 증가이므로 CO는 산화된다. 또, H의 산화수는 H₂O에서 +1이고, H₂에서 0으로 1 감소이므로 H₂O는 환원된다.

2-3 (다)에서 Mn의 산화수는 MnO₄⁻에서 +7이고, MnO₂에서 +4이므로 산화수는 3 감소이다. 또, S의 산화수는 SO₃²⁻에서 +4이고, SO₄²⁻에서 +6이므로 산화수는 2 증가이다.

2-4 (1) (가)에서 CO는 환원되므로 H₂를 산화시키는 산화제이다.
 (2) (나)에서 H₂O는 환원되므로 CO를 산화시키는 산화제이다.
 (3) (다)에서 Mn은 산화수가 감소하므로 MnO₄⁻은 환원된다. 따라서 MnO₄⁻은 SO₃²⁻을 산화시키는 산화제이다.
 (4) (다)에서 산화 환원 반응식을 완성하면 다음과 같다.
 $2\text{MnO}_4^- + 3\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{MnO}_2 + 3\text{SO}_4^{2-} + 2\text{OH}^-$
 이로부터 $a=2, b=3, c=2$ 이므로 $a+b+c=7$ 이다.
 (5) 완성된 산화 환원 반응식에서 MnO₄⁻과 SO₃²⁻의 계수비는 2:3이므로 MnO₄⁻과 SO₃²⁻은 2:3의 몰비로 반응한다.
 (6) MnO₄⁻과 SO₃²⁻은 2:3의 몰비로 반응하므로 SO₃²⁻ 1mol을 산화시키는 데 필요한 MnO₄⁻의 최소 양(mol)은 $\frac{2}{3}$ mol이다.
 (7) MnO₄⁻ 1mol이 반응할 때 Mn의 산화수는 3 감소하므로 이동하는 전자는 3 mol이다.

내신 안전 문제

292~296쪽

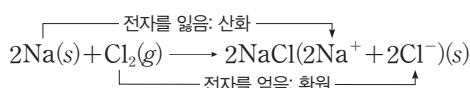
- 01 ④ 02 ① 03 ⑤ 04 ③ 05 ② 06 학생 C
 07 ③ 08 ① 09 ㄱ, ㄷ 10 해설 참조 11 ④ 12 ④
 13 ③ 14 (가) Cl₂ (나) HCl (다) AgNO₃ 15 ② 16 ⑤
 17 ⑤ 18 ③ 19 ② 20 ③ 21 ① 22 ④ 23 ⑤
 24 ②

01 ㄴ. 어떤 물질이 전자를 얻는 반응은 환원이다.

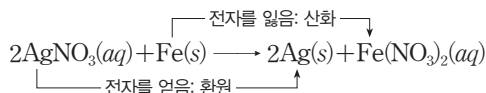
ㄷ. 산화 환원 반응에서 산소를 얻거나 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 산소를 잃거나 전자를 얻는 물질이 있으므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

바로알기 ㄱ. 어떤 물질이 산소를 잃는 반응은 환원이다.

02 ㄱ. (가)에서 Na는 전자를 잃고 Na⁺으로 산화된다.



바로알기 ㄴ. (나)에서 Ag⁺은 전자를 얻어 Ag이 되므로 AgNO₃은 환원된다.



ㄷ. (나)에서 Ag⁺ 2개가 감소할 때 Fe²⁺ 1개가 생성되므로 용액 속 양이온 수는 감소한다.

03 품공 문제 분석

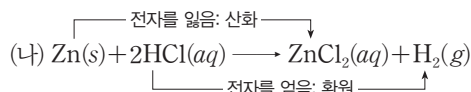
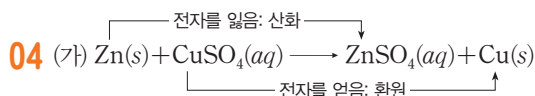
A는 Ag⁺과 Cu²⁺을 환원시키지 못한다.

→ A는 Ag과 Cu보다 산화되기 어렵다.

금속	AgNO ₃ 수용액	CuSO ₄ 수용액
A	반응 안함	반응 안함
B	금속 Ag 석출	반응 안함
C	금속 Ag 석출	금속 Cu 석출

B는 자신은 산화되면서 Ag⁺을 Ag으로 환원시키지만 Cu²⁺을 환원시키지 못한
 C는 자신은 산화되면서 Ag⁺을 Ag으로 환원시키지만 Cu²⁺을 Cu로 환원시킨다. → C
 다. → B는 Ag보다 산화되기 쉽고, Cu는 Ag과 Cu보다 산화되기 쉽다.
 보다 산화되기 어렵다.

C는 Ag과 Cu보다 산화되기 쉽고, B는 Ag보다 산화되기 쉬우며, A는 Ag보다 산화되기 어렵다. 따라서 산화되기 쉬운 정도는 C>B>A이다.



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.

05 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 H의 산화수는 대체로 +1이지만, 금속의 수소 화합물에서는 -1이다.

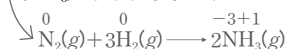
06 학생 C: OF_2 에서 O는 F보다 전기 음성도가 작으므로 산화수가 +2이고, CO_2 에서 O의 산화수는 -2이다. 따라서 O의 산화수는 OF_2 에서가 CO_2 에서보다 크다.

바로알기 학생 A: H의 산화수는 HCl 에서는 +1이고, LiH 에서는 -1로 서로 다르다.

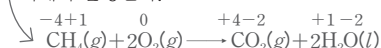
학생 B: 전기 음성도는 $\text{F} > \text{N} > \text{C} > \text{H}$ 이다. 따라서 $\text{FCN}(\text{F}-\text{C}\equiv\text{N})$ 에서 C 주변의 공유 전자쌍은 F와 N 쪽으로 이동한다고 가정하므로 C는 전자 4개를 잃은 것이다. 그러므로 C의 산화수는 +4이다. 또, $\text{HCN}(\text{H}-\text{C}\equiv\text{N})$ 에서 H-C 결합의 전자쌍은 C 쪽으로 이동하고, C≡N 결합의 전자쌍은 N 쪽으로 이동한다고 가정하므로 C는 전자 2개를 잃은 것이다. 따라서 C의 산화수는 +2이다. 그러므로 FCN 과 HCN 에서 C의 산화수는 다르다.

07 품공 문제 분석

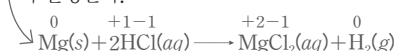
- 질소(N_2) 기체와 수소(H_2) 기체를 반응시키면 암모니아(NH_3) 기체가 생성된다.



- 메테인(CH_4)을 공기 중에서 연소시키면 이산화 탄소(CO_2) 기체가 발생한다.

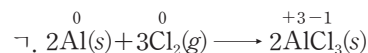


- 염산(HCl)에 마그네슘(Mg) 조각을 넣으면 수소(H_2) 기체가 발생한다.

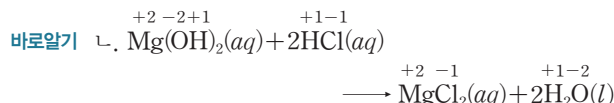


N의 산화수는 N_2 에서는 0이고, NH_3 에서는 -3이므로 3만큼 감소한다. C의 산화수는 CH_4 에서는 -4이고, CO_2 에서는 +4이므로 8만큼 증가한다. H의 산화수는 HCl 에서는 +1이고, H_2 에서는 0이므로 1만큼 감소한다.

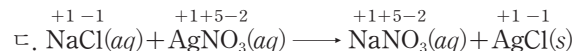
08 산화 환원 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있어야 한다.



Al의 산화수는 0에서 +3으로 증가하고, Cl의 산화수는 0에서 -1로 감소한다. 이와 같이 산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화 환원 반응이다.

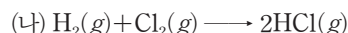
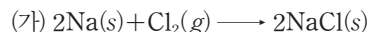


산 염기 중화 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.



양금 생성 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

09 화학 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 ㉠은 NaCl , ㉡은 HCl 이다.



ㄱ. (가)에서 Na은 전자를 잃고 Na^+ 이 되고, Cl는 전자를 얻어 Cl^- 이 되며, Na^+ 과 Cl^- 이 정전기적 인력으로 결합하여 NaCl 을 형성한다.

ㄷ. 1족 금속 원소인 Na의 산화수는 +1이고, H의 산화수는 대부분 +1이다. 따라서 Cl의 산화수는 NaCl 과 HCl 에서 모두 -1이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 H의 산화수는 H_2 에서 0이고, HCl 에서 +1이므로 산화수가 증가한다. 따라서 H_2 는 산화된다.

10 공유 결합 물질에서 산화수는 구성 원자 중 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 모두 이동한다고 가정할 때, 각 원자가 가지는 전하이다.

모범 답안 (가)에서 전기 음성도는 $\text{B} > \text{A}$ 이므로 공유 전자쌍이 모두 B 쪽으로 이동한다고 가정한다. 따라서 B는 4개의 A로부터 각각 전자를 1개씩 얻은 것이므로 B의 산화수는 -4이다.

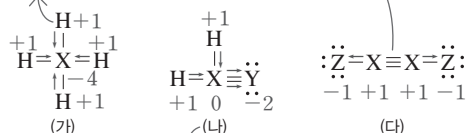
(나)에서 전기 음성도는 $\text{C} > \text{B}$ 이므로 공유 전자쌍이 모두 C 쪽으로 이동한다고 가정한다. 따라서 B는 2개의 C에게 전자 4개를 잃은 것이므로 B의 산화수는 +4이다.

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 %

11 꼼꼼 문제 분석

전기 음성도가 $X > H$ 이므로 $X-H$ 결합에서 공유 전자쌍이 모두 X 쪽으로 이동한다고 가정한다.

루이스 구조로부터 Z 의 원자가 전자 수는 7이다. $\rightarrow Z$ 는 17족 원소이다.



루이스 구조로부터 X의 원자가 전자 수는 4이고, Y의 원자가 전자 수는 6이다. → X는 14족 원소, Y는 16족 원소이다.

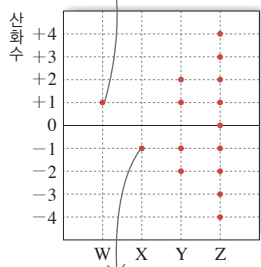
나. X는 14족 원소이고, Y는 16족 원소이므로 원자 번호는 $Y > X$ 이다. 또, 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 전기 음성도가 대체로 커지므로 14족 원소보다 16족 원소의 전기 음성도가 크다. 따라서 전기 음성도는 $Y > X$ 이다. XY_2 ($Y = X = Y$)에서 $X = Y$ 결합의 공유 전자쌍이 모두 전기 음성도가 큰 Y 쪽으로 이동한다고 가정하므로 Y는 X로부터 전자 2개를 얻은 것이다. 따라서 Y의 산화수는 -2 이다.

다. Y는 16족 원소이고, (다)에서 Z는 17족 원소이므로 전기 음성도는 $Z > Y$ 이다. YZ_2 에서 $Y-Z$ 결합의 공유 전자쌍이 모두 전기 음성도가 큰 Z 쪽으로 이동한다고 가정하므로 Y는 2개의 Z에게 각각 전자를 1개씩 잃은 것이다. 따라서 Y 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

바로알기 ㄱ. 전기 음성도가 $X > H$ 이므로 (가)에서 $X-H$ 결합의 공유 전자쌍이 모두 X 쪽으로 이동한다고 가정한다. 따라서 X 는 4개의 H 로부터 각각 전자를 1개씩 얻은 것이므로 X 의 산화수는 -4 이다.

12 **꼼꼼 문제 분석**

W는 화합물에서 산화수가 +1이므로 다른 원자와 결합했을 때 다른 원자에게 전자를 잃는다.



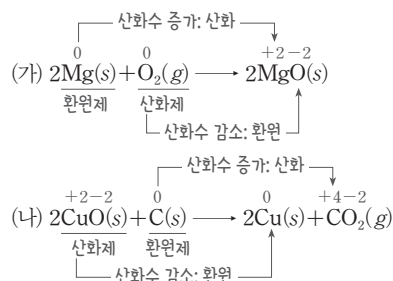
X는 화합물에서 산화수가 -1 이므로 다른 원자와 결합했을 때 공유 전자쌍이 X 쪽으로 이동한다고 가정할 수 있다.

1. X가 화합물에서 가질 수 있는 산화수는 -1 이고, 화합물에서 구성 원자의 산화수의 합은 0 이다. 따라서 YX_2 에서 Y의 산화수를 x 라고 할 때 $x + (-1) \times 2 = 0$ 에서 $x = +2$ 이다.

ㄷ. X가 화합물에서 가질 수 있는 산화수는 -1 이고, 화합물에서 구성 원자의 산화수의 합은 0 이다. 따라서 ZX_4 에서 Z의 산화수를 y 라고 할 때 $y + (-1) \times 4 = 0$ 에서 $y = +4$ 이다.

바로알기 ㄱ. W는 산화수가 +1이므로 다른 원자와 결합했을 때 다른 원자에게 전자를 잃고, X는 산화수가 -1이므로 다른 원자와 결합했을 때 다른 원자로부터 전자를 얻는다고 가정할 수 있다. 따라서 전기 음성도는 $X > W$ 이다.

13 꼼꼼 문제 분석

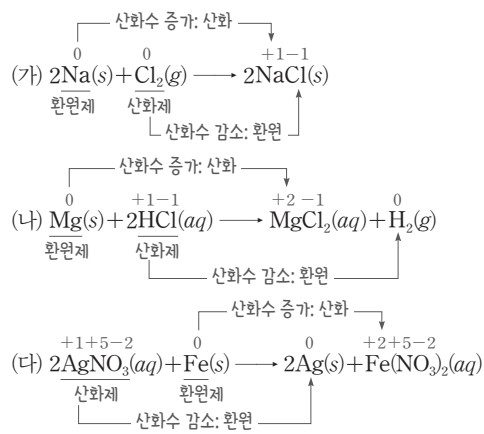


7. (가)에서 Mg의 산화수는 Mg에서 0이고, MgO에서 +2이므로 산화수가 증가한다. 따라서 Mg은 산화된다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화 환원 반응이다.

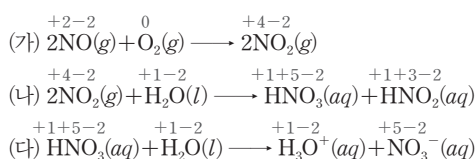
바로알기 ㄴ. (나)에서 Cu의 산화수는 CuO에서 +2이고, Cu에서 0이므로 산화수가 감소한다. 따라서 CuO는 자신은 환원되면서 C를 산화시키는 산화제이다.

14 꼼꼼 문제 분석



(가)에서 Cl의 산화수는 Cl_2 에서 0이고, NaCl 에서 -1 이므로 산화수가 감소한다. 따라서 Cl_2 는 자신은 환원되면서 Na를 산화시키는 산화제이다. (나)에서 H의 산화수는 HCl 에서 $+1$ 이고, H_2 에서 0이므로 산화수가 감소한다. 따라서 HCl 은 자신은 환원되면서 Mg를 산화시키는 산화제이다. (다)에서 Ag의 산화수는 AgNO_3 에서 $+1$ 이고, Ag에서 0이므로 산화수가 감소한다. 따라서 AgNO_3 은 자신은 환원되면서 Fe을 산화시키는 산화제이다.

15 품공 문제 분석



ㄴ. (나)의 질소 화합물 중 N의 산화수는 NO_2 에서 +4, HNO_3 에서 +5, HNO_2 에서 +3이다. 따라서 산화수가 가장 작은 N를 포함한 화합물은 HNO_2 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 N의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 NO는 자신은 산화되면서 O_2 를 환원시키는 환원제이다.

ㄷ. (다)에는 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 (다)는 산화 환원 반응이 아니다.

16 품공 문제 분석

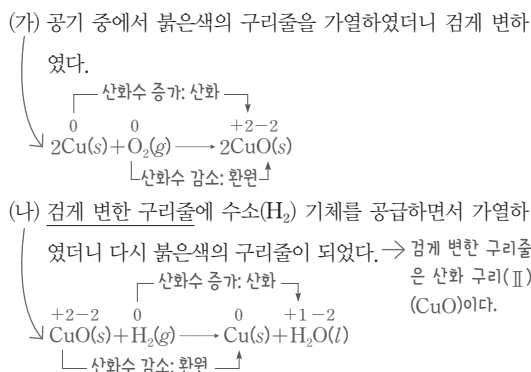
- $2XY + Y_2 \longrightarrow 2XY_2$
- XY와 XY_2 에서 Y의 산화수는 $-a$ 이다. ($a > 0$)
 $\rightarrow$ X와 Y로 이루어진 화합물 XY와 XY_2 에서 Y의 산화수는 모두 음의 값을 가진다. $\rightarrow$ X-Y 결합의 공유 전자쌍이 모두 Y 쪽으로 이동한다고 가정할 수 있다.

ㄱ. 화합물 XY와 XY_2 에서 Y의 산화수는 모두 음의 값을 가지므로 X-Y 결합의 공유 전자쌍이 모두 Y 쪽으로 이동한다고 가정할 수 있다. 따라서 전기 음성도는 $X < Y$ 이다.

ㄴ. 화합물에서 구성 원자의 산화수의 합은 0이다. Y의 산화수가 $-a$ 이므로 X의 산화수는 XY에서는 +a이고, XY_2 에서는 +2a이다. 따라서 X의 산화수는 XY_2 에서가 XY에서의 2배이다.

ㄷ. Y의 산화수는 Y_2 에서 0이고, XY_2 에서 $-a$ 이므로 산화수가 감소한다. 따라서 Y_2 는 자신은 환원되면서 XY를 산화시키는 산화제이다.

17 품공 문제 분석

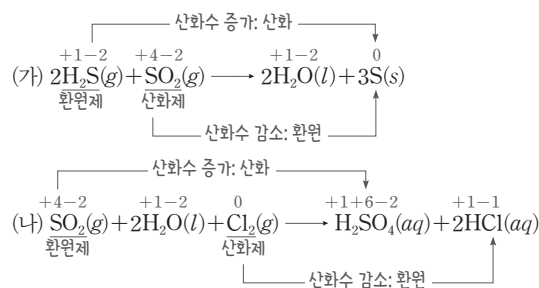


ㄱ. (가)에서 Cu의 산화수는 Cu에서 0이고, CuO 에서 +2이므로 2만큼 증가한다.

ㄴ. (나)에서 Cu의 산화수는 CuO 에서 +2이고, Cu에서 0이므로 산화수가 감소한다. 따라서 검게 변한 구리줄(CuO)은 환원된다.

ㄷ. (나)에서 H의 산화수는 H_2 에서 0이고, H_2O 에서 +1이므로 산화수가 증가한다. 따라서 H_2 는 자신은 산화되면서 CuO 를 환원시키는 환원제이다.

18 품공 문제 분석

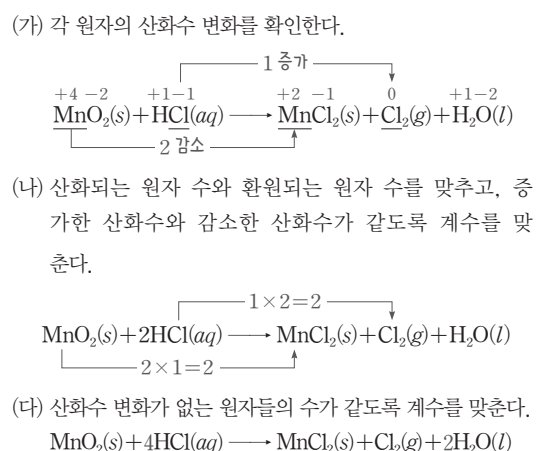


ㄱ. (가)에서 S의 산화수는 H_2S 에서 -2이고, S에서 0이다. 따라서 S의 산화수가 증가하므로 H_2S 는 산화된다.

ㄷ. (가)에서 S의 산화수는 SO_2 에서 +4이고, S에서 0으로 감소하므로 (가)에서 SO_2 은 자신은 환원되면서 H_2S 를 산화시키는 산화제이다. (나)에서 S의 산화수는 SO_2 에서 +4이고, H_2SO_4 에서 +6으로 증가하므로 (나)에서 SO_2 은 자신은 산화되면서 Cl_2 를 환원시키는 환원제이다.

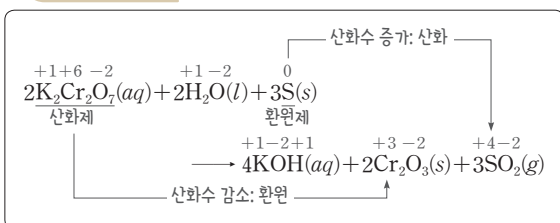
바로알기 ㄴ. (나)에서 Cl의 산화수는 Cl_2 에서 0이고, HCl 에서 -1이다. 따라서 Cl의 산화수가 감소하므로 Cl_2 는 자신은 환원되면서 SO_2 을 산화시키는 산화제이다.

19 품공 문제 분석



(가)에서 Cl의 산화수는 -1 에서 0 으로 증가하므로 a 는 1 이고, Mn의 산화수는 $+4$ 에서 $+2$ 로 감소하므로 b 는 2 이다. (다)에서 산화수 변화가 없는 원자들, 즉 H와 O의 수가 같도록 계수를 맞추면 H의 수는 $c=2d$ 식이 성립하고, O의 수는 $d=2$ 가 성립하므로 c 는 4 이고, d 는 2 이다. 따라서 $a+b+c+d=1+2+4+2=9$ 이다.

20 품공 문제 분석

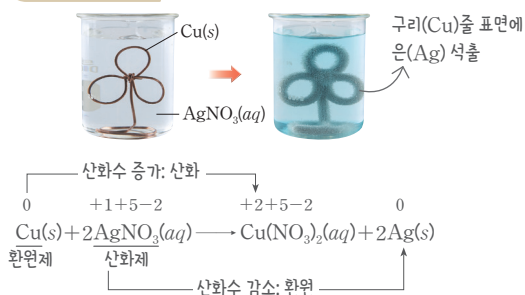


ㄱ. Cr의 산화수는 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 에서 $+6$ 이고, Cr_2O_3 에서 $+3$ 이므로 3 만큼 감소한다.

ㄴ. Cr의 산화수가 감소하므로 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 은 자신은 환원되면서 S를 산화시키는 산화제이다. S의 산화수는 S에서 0 이고, SO_2 에서 $+4$ 로 증가하므로 S은 자신은 산화되면서 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 을 환원시키는 환원제이다.

바로알기 ㄷ. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1 mol이 반응할 때 Cr의 산화수가 3 만큼 감소하고, 환원되는 Cr 원자의 양(mol)이 2 mol이므로 이동하는 전자는 6 mol이다.

21 품공 문제 분석



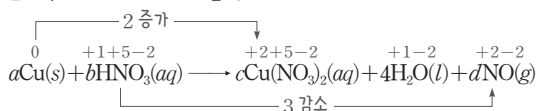
ㄱ. Cu의 산화수는 Cu에서 0 이고, $\text{Cu(NO}_3)_2$ 에서 $+2$ 이므로 Cu의 산화수는 증가한다.

바로알기 ㄴ. Ag의 산화수는 AgNO_3 에서 $+1$ 이고, Ag에서 0 이므로 감소한다. 따라서 AgNO_3 은 자신은 환원되면서 Cu를 산화시키는 산화제이다.

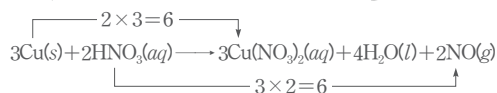
ㄷ. 0.1 M AgNO_3 수용액 100 mL 에 들어 있는 AgNO_3 의 양(mol)은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다. 화학 반응식에서 Cu와 AgNO_3 은 $1 : 2$ 의 몰비로 반응하므로 0.1 M AgNO_3 수용액 100 mL 를 모두 환원시키는 데 필요한 Cu의 최소 양(mol)은 0.005 mol 이다.

22 품공 문제 분석

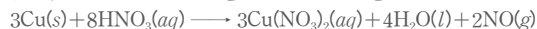
1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.

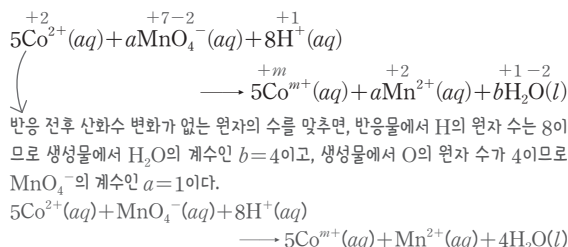


ㄴ. 완성된 화학 반응식에서 Cu와 HNO_3 의 계수비는 $3 : 8$ 이므로 Cu와 HNO_3 은 $3 : 8$ 의 몰비로 반응한다. 따라서 Cu 0.03 mol 을 모두 산화시키는 데 필요한 HNO_3 의 최소 양(mol)은 0.08 mol 이다.

ㄷ. 완성된 산화 환원 반응식에서 Cu와 NO의 계수비는 $3 : 2$ 이므로 Cu와 NO는 $3 : 2$ 의 몰비로 반응한다. 따라서 Cu 3 mol 이 산화될 때 NO 기체 2 mol 이 생성됨을 알 수 있다. 0°C , 1 atm 에서 기체 1 mol 의 부피가 22.4 L 이므로 NO 기체 2 mol 의 부피는 44.8 L 이다.

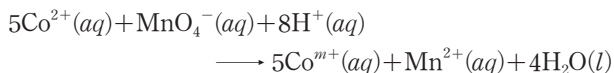
바로알기 ㄱ. $a=3$, $b=8$, $c=3$, $d=2$ 이므로 $a+b+c+d=16$ 이다.

23 품공 문제 분석



ㄱ. $a=1$ 이고, $b=4$ 이므로 $a+b=5$ 이다.

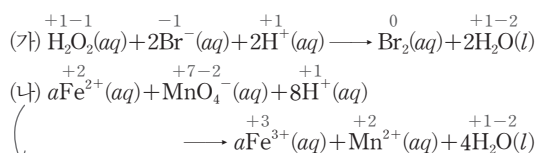
ㄴ. 산화 환원 반응식을 완성하면 다음과 같다.



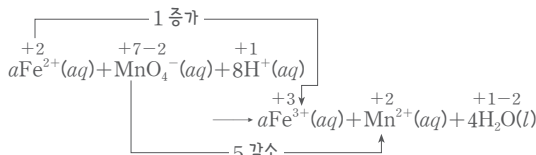
Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 $+7$ 이고, Mn^{2+} 에서 $+2$ 이다. 따라서 Mn의 산화수 변화는 5 감소인데, 감소한 산화수와 증가한 산화수가 같아야 하므로 Co의 전체 산화수 변화는 5 증가이어야 한다. Co의 산화수는 Co^{2+} 에서 $+2$ 이고, Co^{m+} 에서 $+m$ 이며, 화학 반응식에서 Co^{2+} 과 Co^{m+} 의 계수가 5 이므로 Co^{2+} 에서 Co^{m+} 로 될 때 산화수 변화는 1 증가이어야 한다. 따라서 $m=3$ 이다.

ㄷ. MnO_4^- 1 mol 이 반응할 때 Mn의 산화수는 5 만큼 감소하므로 이동하는 전자의 양(mol)은 5 mol 이다.

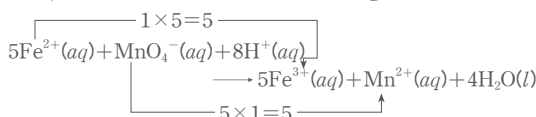
24 품공 문제 분석



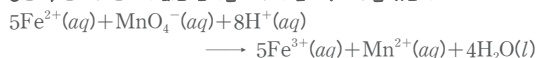
1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.



ㄴ. (나)에서 Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 +7이고, Mn^{2+} 에서 +2이다. 따라서 Mn의 산화수가 감소하므로 Mn를 포함한 MnO_4^- 은 자신은 환원되면서 Fe^{2+} 을 산화시키는 산화제이다.

바로알기 ㄱ. (가)의 H_2O_2 에서 O의 산화수는 -1이고, (가)와 (나)의 H_2O , MnO_4^- 에서 O의 산화수는 -2이다.

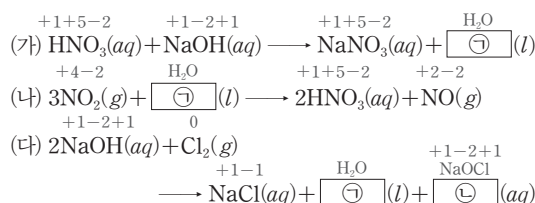
ㄷ. (나)에서 H_2O 과 Fe^{2+} 의 반응 몰비는 4 : 5이므로 H_2O 1 mol 이 생성될 때 반응한 Fe^{2+} 의 양(mol)은 $\frac{5}{4} \text{ mol} = 1.25 \text{ mol}$ 이다.

ㄴ. (다)에서 Z의 산화수는 $\ominus$ 이 -3이고, $\oplus$ 이 +3이므로 Z의 산화수는 $\oplus$ 이 $\ominus$ 보다 6만큼 크다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 Y의 산화수는 -2이다.

ㄷ. X는 H이고 Z는 C이므로 $\text{Z}_2\text{X}_2(\text{X}-\text{Z}\equiv\text{Z}-\text{X})$ 에서 X-Z 결합의 공유 전자쌍은 Z 쪽으로 이동한다고 가정할 수 있다. 따라서 Z의 산화수는 -1이다.

02 품공 문제 분석



반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 $\ominus$ 은 H_2O , $\oplus$ 은 NaOCl 이다.

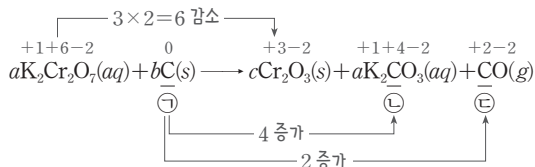
ㄷ. (다)에서 Cl의 산화수는 Cl_2 에서 0, NaCl 에서 -1, NaOCl 에서 +1이다. 따라서 Cl의 산화수 중 가장 큰 값은 +1이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 N의 산화수는 모두 +5로 변하지 않는다.

ㄴ. (나)에서 $\ominus$ 은 H_2O 이고, 반응 전후 H와 O의 산화수는 각각 +1, -2로 변하지 않는다. 따라서 $\ominus$ 은 산화제나 환원제가 아니다. N의 산화수는 NO_2 에서 +4이고, HNO_3 에서 +5, NO 에서 +2이므로 NO_2 3개 중 2개는 HNO_3 으로 산화되고, 1개는 NO 로 환원된다.

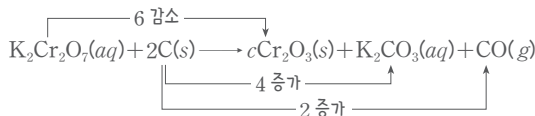
03 품공 문제 분석

1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



→ Cr의 산화수는 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 에서 +6이고, Cr_2O_3 에서 +3이며, Cr 원자 수가 2이므로 전체 산화수 변화는 6 감소이다.

2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



→ 생성물에서 CO의 계수가 1이므로 C가 CO로 될 때 산화수 변화는 2 증가이며, Cr의 전체 산화수 변화가 6 감소이므로 C의 전체 산화수 변화는 6 증가하여야 한다. 따라서 K_2CO_3 의 계수 a=1이며, 생성물의 C 수가 2이므로 반응물의 C의 계수 b=2이다. 또, 반응물에서 Cr의 수가 2이므로 생성물에서 Cr의 수도 2이다. 따라서 Cr_2O_3 의 계수 c=1이다.



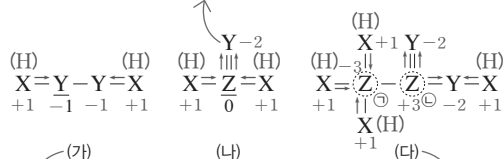
실력 UP 문제

297쪽

01 ② 02 ② 03 ④ 04 ③

01 품공 문제 분석

X의 산화수는 +1이고, Z의 산화수가 0이므로 Y의 산화수는 -2이다.
→ Z 주위의 공유 전자쌍 수가 4이므로 Z는 C이고, Y는 O이다.



Y의 산화수가 -1이므로 X의 산화수는 +1이다. → $\text{X} \sim \text{Z}$ 는 1, 2주기의 원소이며, X는 +1의 산화수를 가지는 분자를 형성하는 비금속 원소이므로 H이다.

X-Z 결합의 공유 전자쌍은 모두 Z 쪽으로 이동하고, Z-Y 결합과 $\text{Z}=\text{Y}$ 결합의 공유 전자쌍은 모두 Y 쪽으로 이동한다. → Z의 산화수는 $\ominus$ 이 -3이고, $\oplus$ 이 +3이다.

산화 환원 반응식을 완성하면 다음과 같다.



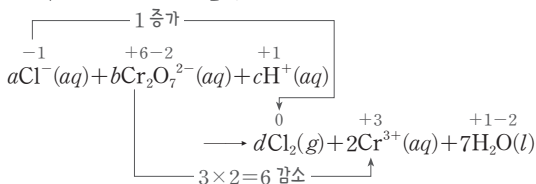
ㄴ. 산화 환원 반응식에서 $a=1$, $b=2$, $c=1$ 이므로 $a+b+c=4$ 이다.

ㄷ. ㉠의 산화수는 0, ㉡의 산화수는 +4, ㉢의 산화수는 +2이다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢의 산화수의 합은 $0+(+4)+(+2)=+6$ 이다.

바로알기 ㄱ. Cr의 산화수는 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 에서 +6이고, Cr_2O_3 에서 +3이므로 Cr의 산화수는 감소한다. 따라서 Cr을 포함하고 있는 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 은 자신은 환원되면서 다른 물질(C)을 산화시키는 산화제이다.

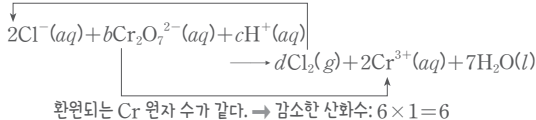
04 품목 문제 분석

1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.

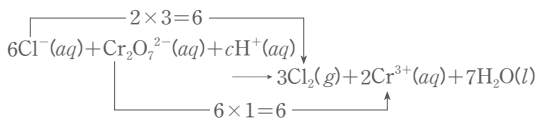


⇒ Cr의 산화수는 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 에서 +6이고 Cr^{3+} 에서 +3이며, Cr 원자 수가 2이므로 Cr의 전체 산화수 변화는 6 감소이다.

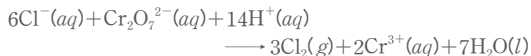
2단계) 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수가 다른 경우 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수를 맞추고, 증가한 산화수와 감소한 산화수를 각각 계산한다. 산화되는 Cl 원자 수가 다르므로 맞추어 준다. ⇒ 증가한 산화수: $1 \times 2 = 2$



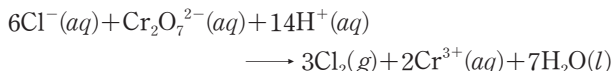
3단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



4단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.



산화 환원 반응식을 완성하면 다음과 같다.



ㄱ. Cl의 산화수는 Cl^- 에서 -1이고, Cl_2 에서 0이므로 Cl의 산화수는 증가한다. 따라서 Cl^- 은 산화된다.

ㄷ. 산화 환원 반응식에서 $a=6$, $b=1$, $c=14$, $d=3$ 이므로 $a+b+c+d=24$ 이다.

바로알기 ㄴ. Cr의 산화수는 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 에서 +6이고, Cr^{3+} 에서 +3이므로 Cr의 산화수는 감소한다. 따라서 Cr을 포함하고 있는 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 은 자신은 환원되면서 다른 물질(Cl^-)을 산화시키는 산화제이다.

2 화학 반응에서 열의 출입

개념 확인 문제

302쪽

- ① 발열 ② 흡열 ③ 높 ④ 낮 ⑤ 간이 열량계 ⑥ 통열량계 ⑦ 비열 ⑧ 열용량

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ 2 (1) 흡열 (2) 흡열 (3) 발열 (4) 발열
3 ㉠ 흡수, ㉡ 낮, ㉢ 방출, ㉣ 높 4 ㉠ 방출, ㉡ 높, ㉢ 흡수, ㉣ 낮 5 (1) 비열 (2) 열용량 (3) 비열 6 (1) (가) (2) (나)

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) 식물의 광합성은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이다.

(2) 탄산수소 나트륨의 열분해는 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

(3) 메테인의 연소는 열을 방출하는 발열 반응이다.

(4) 산과 염기의 중화 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

3 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응은 흡열 반응이다. 따라서 반응이 일어나면 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다. 또, 염산과 아연의 반응은 발열 반응이다. 따라서 반응이 일어나면 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.

4 휴대용 손난로는 철 가루가 산화될 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 것을 이용한 것이다. 또, 냉각 팩은 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아지는 것을 이용한 것이다.

5 (1) 비열은 어떤 물질 1g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량으로, 단위는 $\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 이다.

(2) 열용량은 어떤 물질의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량으로, 단위는 $\text{J}/^\circ\text{C}$ 이다.

(3) 어떤 물질이 방출하거나 흡수하는 열량은 그 물질의 비열에 질량과 온도 변화를 곱하여 구한다.

6 (1) (가)는 구조가 간단하여 쉽게 사용할 수 있는 간이 열량계로, 단열이 잘되지 않아 열 손실이 많으므로 정밀한 실험에 이용되지 않는다.

(2) (나)는 단열이 잘되도록 만들어져 있고 매우 단단한 강철 용기로 되어 있는 통열량계로, 열 손실이 거의 없어 열량을 비교적 정확하게 측정할 수 있다.

- 자료 1** 1 ㉠ 발열 반응, ㉡ 흡열 반응, ㉢ 발열 반응 2 ㉠ 반응물의 에너지 합 > 생성물의 에너지 합, ㉡ 반응물의 에너지 합 < 생성물의 에너지 합, ㉢ 반응물의 에너지 합 > 생성물의 에너지 합 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×
- 자료 2** 1 열 2 발열 반응 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×

1-1 꼼꼼 문제 분석

① 뷰테인을 연소시켜 물을 끓였다. 연소 반응은 주위로 열을 방출하는 발열 반응이다.

② 질산 암모늄을 물에 용해시켰더니 용액의 온도가 낮아졌다. 흡열 반응이 일어날 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아진다.

③ 진한 황산을 물에 용해시켰더니 용액의 온도가 높아졌다. 발열 반응이 일어날 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아진다.

반응 ㉠이 일어날 때 출입하는 열로 물을 끓이는 것으로 보아 반응 ㉠은 열을 방출하는 발열 반응이다. 반응 ㉡이 일어날 때 용액의 온도가 낮아졌으므로 반응 ㉡은 열을 흡수하는 흡열 반응이다. 반응 ㉢이 일어날 때 용액의 온도가 높아졌으므로 반응 ㉢은 열을 방출하는 발열 반응이다.

1-2 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 큰 반응에서는 열을 방출하고, 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 큰 반응에서는 열을 흡수한다. 따라서 발열 반응인 ㉠과 ㉢에서는 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 크고, 흡열 반응인 ㉡에서는 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 작다.

- 1-3** (1) 반응 ㉠이 일어날 때 주위로 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.
- (2) 반응 ㉡은 흡열 반응으로 주위의 온도가 낮아지므로 냉각 팩에 이용할 수 있다.
- (3) 중화 반응은 발열 반응이다. 따라서 흡열 반응인 ㉡의 열의 출입 방향은 산 염기 중화 반응에서의 열의 출입 방향과 다르다.
- (4) 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응은 흡열 반응이다. 따라서 발열 반응인 ㉢의 열의 출입 방향은 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응에서의 열의 출입 방향과 다르다.

2-1 꼼꼼 문제 분석

[실험 과정]

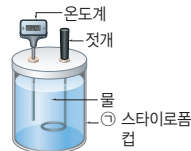
(가) 그림과 같이 25 °C의 물 100 g이 담긴 열량계를 준비한다.

(나) (가)의 열량계에 25 °C의 CaCl_2 w g을 넣어 녹인 후 수용액의 최고 온도를 측정한다.

수용액의 질량 = 100 g + w g = (100 + w) g

[실험 결과]

• 수용액의 최고 온도: 30 °C
수용액의 온도가 25 °C에서 30 °C로 높아진 것으로 보아 CaCl_2 의 용해 반응은 발열 반응이다.



열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 스티로폼 컵을 사용한다.

2-2 CaCl_2 을 물에 용해시킬 때 수용액의 온도가 용해 전보다 높아졌으므로 CaCl_2 의 용해 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

2-3 (1) CaCl_2 이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이므로 주위로 열을 방출한다.

(2) 열량계 속 용액의 온도가 높아지면 반응이 일어날 때 열을 방출한 것이고, 열량계 속 용액의 온도가 낮아지면 반응이 일어날 때 열을 흡수한 것이다.

(3), (4) 간이 열량계로 열량을 측정할 때는 반응에서 출입한 열은 모두 간이 열량계 속 용액의 온도 변화에 이용된다고 가정한다. 따라서 CaCl_2 이 물에 용해될 때 방출한 열량은 용액이 흡수한 열량과 같다. 용액이 흡수한 열량은 용액의 비열, 용액의 질량, 용액의 온도 변화의 곱으로 구하므로 용액의 비열을 알아야 CaCl_2 이 물에 용해될 때 방출한 열량을 구할 수 있다.

(5) CaCl_2 이 물에 용해되는 반응은 발열 반응이므로 냉각 팩에 이용할 수 없다.

내신 '안정' 문제

304~306쪽

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

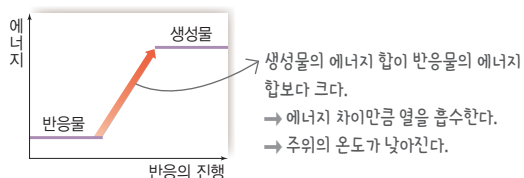
바로알기 ④ 산과 염기의 중화 반응과 연소 반응은 발열 반응의 예이다.

02 학생 C. 금속과 산의 반응은 반응이 일어날 때 열을 방출하는 발열 반응이다.

바로알기 학생 A. 흡열 반응은 반응이 일어날 때 주위로부터 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다.

학생 B. 화학 반응은 열을 방출하는 발열 반응과 열을 흡수하는 흡열 반응이 있다.

03 품고 문제 분석



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.

04 품고 문제 분석



→ 물이 얼어 나무판이 비켜와 함께 들어 올려졌다.

$$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) + \text{열}$$

$$\longrightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{NH}_3(\text{g})$$
 → 흡열 반응

ㄷ. 질산 암모늄의 용해는 흡열 반응이므로 주어진 반응과 열의 출입 방향이 같다.

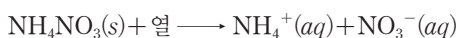
바로알기 ㄱ. 비커와 나무판 사이의 물이 언 것으로 보아 반응이 일어날 때 주위의 온도가 낮아짐을 알 수 있다.

ㄴ. 주어진 반응은 흡열 반응이므로 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 작다.

05 ㄱ, ㄴ. ㉠에서 생석회(산화칼슘)가 물에 용해될 때 열이 발생하므로 발열 반응이다. ㉡에서 염화칼슘이 물에 용해될 때 발생하는 열로 음식을 데우므로 이 반응도 발열 반응이다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄷ. 발열 반응은 반응이 일어날 때 주위로 열을 방출하므로 반응물의 에너지 합은 생성물의 에너지 합보다 크다.

06 ㄱ, ㄴ. NH_4NO_3 이 용해될 때 비닐 팩이 차가워지는 것으로 보아 NH_4NO_3 의 용해는 흡열 반응이다.



따라서 NH_4NO_3 이 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 염화칼슘을 뿌려 눈을 녹이는 것은 염화칼슘이 용해될 때 열을 방출하여 주위의 온도가 높아지는 발열 반응을 이용한 것이다.

바로알기 ㄷ. 에어컨에서 액체 냉매가 기화할 때는 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아진다.

08 ㄱ. 제시된 반응은 철로에 균열이 생긴 틈을 반응에서 방출되는 높은 열에 의해 용융된 철로 메우는 데 이용되므로 발열 반응이다.

ㄴ. 발열 반응이므로 물질의 에너지 합은 반응물인 ㉠이 생성물인 ㉡보다 크다.

ㄷ. Al의 산화수는 Al에서 0이고, Al_2O_3 에서 +3으로 증가하므로 Al은 산화된다. 또, Fe의 산화수는 Fe_2O_3 에서 +3이고, Fe에서 0으로 감소하므로 Fe_2O_3 는 환원된다. 따라서 이 반응은 산화 환원 반응이다.

[09~10] 품고 문제 분석

[과정]

→ 용액의 질량: $150 \text{ g} + 10 \text{ g} = 160 \text{ g}$

(가) 간이 열량계에 물 150 g 을 넣고 물의 온도(t_1)를 측정한다.

(나) 간이 열량계에 CaCl_2 10 g 을 넣고 완전히 녹인 뒤 용액의 온도(t_2)를 측정한다.

[결과]

$$\text{CaCl}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{열}$$

구분	t_1	t_2
측정 온도(°C)	25	35

용액의 온도가 높아진 것으로 보아 온도 변화: $35^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$

CaCl_2 의 용해는 발열 반응이다.

09 ㄱ. 용액의 온도가 높아진 것으로 보아 CaCl_2 이 물에 용해될 때 열을 방출한다.

ㄷ. CaCl_2 1 mol 이 물에 용해될 때 출입하는 열량(J/mol)은 CaCl_2 1 g 이 물에 용해될 때 출입하는 열량에 CaCl_2 의 화학식량을 곱하여 구한다. 따라서 CaCl_2 의 화학식량을 추가로 알아야 한다.

바로알기 ㄴ. CaCl_2 이 물에 용해될 때 출입(방출)한 열량은 용액이 얻은 열량과 같다. 용액의 질량은 $160 \text{ g}(=150 \text{ g} + 10 \text{ g})$ 이고, 온도 변화는 10°C 이므로 비열이 $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 인 용액이 얻은 열량(Q)은 다음과 같다.

$$Q = cm\Delta t = 4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 160 \text{ g} \times 10^\circ\text{C} = 6720 \text{ J}$$

용해된 CaCl_2 의 질량은 10 g 이므로 CaCl_2 1 g 이 물에 용해될 때 출입하는 열량은 $\frac{6720 \text{ J}}{10 \text{ g}} = 672 \text{ J/g}$ 이다.

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 열량계 밖으로 빠져나가거나 용액 이외에 실험 기구 등의 온도를 변화시키는 데 쓰이는 경우 실험값은 이론값보다 작게 된다.

바로알기 ㄷ. CaCl_2 을 용해시키기 전의 물의 온도가 실제보다 낮게 측정되면 용액의 온도 변화가 크게 계산되므로 실험값은 이론값보다 커진다.

11 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.

12 품공 문제 분석

[탐구 과정 및 결과]

- 25 °C의 물 96 g이 담긴 열량계에 25 °C의 수산화 나트륨(NaOH) 4 g을 넣어 녹인 후 수용액의 최고 온도를 측정한다.

→ 용액의 질량 = 96 g + 4 g = 100 g

- 수용액의 최고 온도: 35 °C 온도 변화: 35 °C - 25 °C = 10 °C

[자료]

- NaOH 의 화학식량: 40

→ NaOH 4 g → $\frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$

- 수용액의 비열: 4 J/(g·°C)

ㄱ. NaOH 이 물에 녹는 용액의 온도가 용해 전보다 높아졌으므로 NaOH 이 물에 녹는 반응은 발열 반응이다.

ㄴ. NaOH 4 g이 물에 녹을 때 방출한 열량은 용액이 흡수한 열량과 같다. 또, '용액이 흡수한 열량 = 용액의 비열 × 용액의 질량 × 용액의 온도 변화'이므로 용액이 흡수한 열량(Q)은 다음과 같다.

$$Q = cm\Delta t = 4 \text{ J/(g} \cdot ^\circ\text{C)} \times 100 \text{ g} \times 10 ^\circ\text{C} = 4000 \text{ J} = 4 \text{ kJ}$$

바로알기 ㄷ. NaOH 4 g은 0.1 mol이고, NaOH 0.1 mol이 물에 녹을 때 출입한 열량은 4 kJ이므로 NaOH 1 mol이 물에 녹을 때 출입하는 열량은 40 kJ이다.

13 품공 문제 분석

용해 후 온도가 낮아짐 → 흡열 반응

물질	$t_1(^{\circ}\text{C})$	$t_2(^{\circ}\text{C})$
고체 X	20	16
고체 Y	20	23

용해 후 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 X가 4 °C이고, Y가 3 °C로, $X > Y$ 이므로 출입하는 열량은 $X > Y$ 이다.

바로알기 ㄱ. 고체 X가 물에 용해될 때 용액의 온도가 낮아진 것으로 보아 고체 X가 용해될 때 열을 흡수한다. 따라서 고체 X의 용해는 흡열 반응이다.

ㄴ. 고체 Y가 물에 용해될 때 용액의 온도가 높아진 것으로 보아 고체 Y가 용해될 때 열을 방출한다.

14 C가 연소할 때 방출한 열량은 통열량계 속 물과 통열량계가 얻은 열량과 같다.

방출하거나 흡수한 열량 = 물이 얻거나 잃은 열량 + 통열량계가 얻거나 잃은 열량 = $c_{\text{물}}m_{\text{물}}\Delta t + C_{\text{통열량계}}\Delta t$

모범 답안 25.5 kJ/g, C가 연소할 때 방출한 열량(Q)은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Q &= c_{\text{물}}m_{\text{물}}\Delta t + C_{\text{통열량계}}\Delta t \\ &= 4.2 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)} \times 2 \text{ kg} \times 10 ^\circ\text{C} + 1.8 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \times 10 ^\circ\text{C} \\ &= 102 \text{ kJ} \end{aligned}$$

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	60 %
방출하는 열량만 옳게 구한 경우	40 %

실력 UP 문제

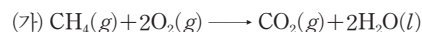
307쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ㄱ, ㄴ 04 ③

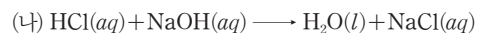
01 ㄱ, ㄷ. $\text{CO}_2(\text{s})$ 가 $\text{CO}_2(\text{g})$ 로 승화될 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아지기 때문에 아이스크림을 녹지 않게 보관할 수 있다. 즉, $\text{CO}_2(\text{s})$ 의 승화 반응은 흡열 반응이다. 따라서 물질의 에너지는 생성물이 반응물보다 크므로 물질 1 mol의 에너지는 $\text{CO}_2(\text{s}) < \text{CO}_2(\text{g})$ 이다.

ㄴ. Mg 이 공기 중의 산소와 반응하여 산화될 때 밝은 불꽃을 내며 타는 것으로 보아 Mg 의 산화 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

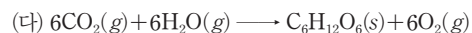
02 품공 문제 분석



메테인의 연소 반응 → 발열 반응



산 염기 중화 반응 → 발열 반응



광합성(빛에너지 흡수) → 흡열 반응

ㄱ. 반응 (가)는 연료인 메테인의 연소 반응으로, 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄴ. 반응 (나)는 산 염기 중화 반응으로, 발열 반응이므로 열을 방출한다.

바로알기 ㄷ. 반응 (다)는 광합성으로, 흡열 반응이므로 물질의 에너지 총합은 생성물이 반응물보다 크다.

03 ㄱ. $\text{HCl}(aq)$ 과 NaOH 수용액을 혼합하였을 때 용액의 온도가 높아진 것으로 보아 $\text{HCl}(aq)$ 과 NaOH 수용액의 중화 반응은 발열 반응이다.

ㄴ. $\text{HCl}(aq)$ 과 NaOH 수용액의 중화 반응에서 출입(방출)한 열량은 용액이 얻은 열량과 같다. 용액의 밀도가 1 g/mL 이므로 혼합 용액의 질량은 200 g 이다. 온도 변화는 $0.6^\circ\text{C}(=25.6^\circ\text{C}-25^\circ\text{C})$ 이고, 용액의 비열은 $4.2 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)}$ 이므로 용액이 얻은 열량은 다음과 같다.

$$Q = cm\Delta t = 4.2 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)} \times 200 \text{ g} \times 0.6^\circ\text{C} = 504 \text{ J}$$

바로알기 ㄷ. $0.1 \text{ M HCl}(aq)$ 100 mL 와 0.1 M NaOH 수용액 100 mL 에 들어 있는 H^+ 과 OH^- 의 양(mol)이 각각 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이므로 실험에서 생성된 물의 양(mol)은 0.01 mol 이다. 0.01 mol 의 물이 생성될 때 출입한 열량이 504 J 이므로 1 mol 의 물이 생성될 때 출입하는 열량은 $\frac{504 \text{ J}}{0.01 \text{ mol}} = 50400 \text{ J/mol} = 50.4 \text{ kJ/mol}$ 이다.

04 ㄱ. NaOH 이 물에 용해될 때 용액의 최종 온도(30°C)가 용해 전(20°C)보다 높아졌으므로 NaOH 의 용해 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄴ. NH_4NO_3 이 물에 용해될 때 용액의 최종 온도(14°C)가 용해 전(20°C)보다 낮아졌으므로 NH_4NO_3 의 용해 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

바로알기 ㄷ. 용해 과정에서 방출하거나 흡수하는 열량은 용액이 얻거나 잃은 열량과 같으며, ‘용액이 얻거나 잃은 열량=용액의 비열×용액의 질량×용액의 온도 변화’이다.

NaOH 이 물에 용해될 때 출입(방출)한 열량은 용액이 얻은 열량과 같다. 용액의 질량은 $104 \text{ g}(=100 \text{ g} + 4 \text{ g})$ 이고, 온도 변화는 $10^\circ\text{C}(=30^\circ\text{C}-20^\circ\text{C})$ 이므로 용액이 얻은 열량(Q_1)은 다음과 같다.

$$Q_1 = cm\Delta t = 4 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)} \times 104 \text{ g} \times 10^\circ\text{C} = 4160 \text{ J}$$

NH_4NO_3 이 물에 용해될 때 출입(흡수)한 열량은 용액이 잃은 열량과 같다. 용액의 질량은 $104 \text{ g}(=100 \text{ g} + 4 \text{ g})$ 이고, 온도 변화는 $6^\circ\text{C}(=20^\circ\text{C}-14^\circ\text{C})$ 이므로 용액이 잃은 열량(Q_2)은 다음과 같다.

$$Q_2 = cm\Delta t = 4 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)} \times 104 \text{ g} \times 6^\circ\text{C} = 2496 \text{ J}$$

$$\text{따라서 } \frac{a}{b} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{4160 \text{ J}}{2496 \text{ J}} = \frac{5}{3} \text{ 이다.}$$

중단원 핵심 정리

308~309쪽

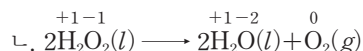
- | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-----------|---------|
| 1 산화 | 2 환원 | 3 산화 | 4 환원 | 5 산화 | 6 환원 |
| 7 전하 | 8 큰 | 9 -2 | 10 0 | 11 산화 | 12 환원 |
| 13 산화 | 14 환원 | 15 환원 | 16 산화 | 17 산화제 | 18 환원제 |
| 19 발열 | 20 흡열 | 21 높 | 22 낮 | 23 간지 열량계 | 24 통열량계 |

중단원 마무리 문제

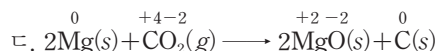
310~314쪽

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

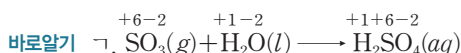
01 산화 환원 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있어야 한다.



반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화 환원 반응이다.

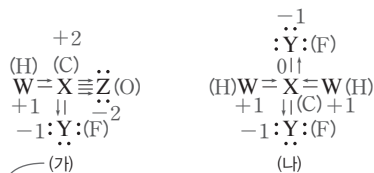


반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화 환원 반응이다.



반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

02 품목 문제 분석



루이스 구조로부터 각 원소의 원자가 전자 수는 W는 1, X는 4, Y는 7, Z는 6이다. $\rightarrow$ X는 2주기 14족 원소(C), Y는 2주기 17족 원소(F), Z는 2주기 16족 원소(O)이므로 전기 음성도는 $Y > Z > X$ 이다. 또, $W \sim Z$ 는 1, 2주기 원소이므로 W는 1주기 1족 원소(H)이다.

• (가)에서 $X=Z$ 결합의 공유 전자쌍은 Z 쪽으로 모두 이동하고, $X-Y$ 결합의 공유 전자쌍은 Y 쪽으로 모두 이동한다고 가정한다. $\rightarrow$ X의 산화수는 양의 값을 가진다.

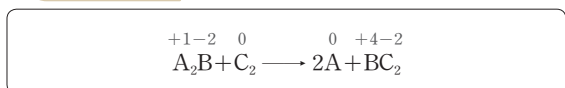
• (가)에서 X의 산화수는 양의 값을 가지고, $\frac{\text{X의 산화수}}{\text{W의 산화수}} = +2$ 이므로 W의 산화수는 양의 값을 가진다. $\rightarrow W-X$ 결합의 공유 전자쌍은 X 쪽으로 모두 이동한다고 가정할 수 있으므로 산화수는 W가 +1, X가 +2이다. 이때 X는 W에게 1개의 전자를 얻은 것이고, X는 Z에게 2개의 전자를, Y에게 1개의 전자를 잃은 것으로 볼 수 있다.

ㄱ. Y는 2주기 17족 원소, Z는 2주기 16족 원소이므로 전기 음성도는 $Y > Z$ 이다.

ㄴ. (나)의 W-X 결합에서 공유 전자쌍은 X 쪽으로 모두 이동하고, X-Y 결합에서 공유 전자쌍은 Y 쪽으로 모두 이동한다고 가정할 수 있으므로 W의 산화수는 +1이고, Y의 산화수는 -1이다. 따라서 $\frac{Y \text{의 산화수}}{W \text{의 산화수}} = -1$ 이다.

바로알기 ㄷ. X의 산화수는 (가)에서 +2이고, (나)에서 0이므로 (가)에서가 (나)에서보다 2만큼 크다.

03 품공 문제 분석

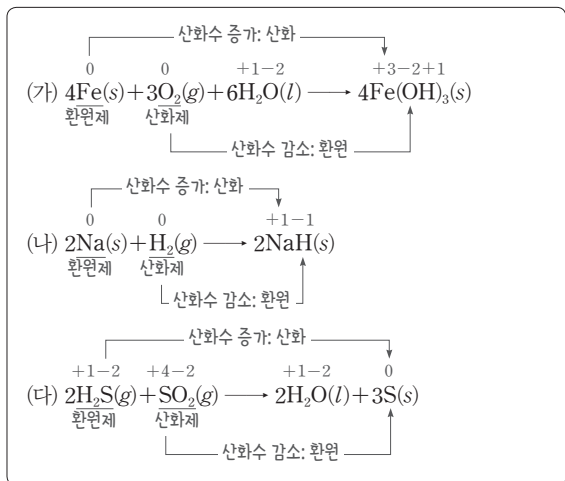


원자	㉠ C		㉡ A		㉢ B	
	반응물	생성물	반응물	생성물	반응물	생성물
산화수	0	-x	+1	0	-x	+y
	C ₂	BC ₂ 의 C	A ₂ B의 A	A	A ₂ B의 B	BC ₂ 의 B

- 원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이다. $\Rightarrow$ ㉠은 C, ㉡은 A이다. 나머지 ㉢은 B이다.
- A₂B에서 A의 산화수가 +1이므로 B의 산화수는 -2이다. $\Rightarrow x=2$ 이다.
- BC₂에서 C의 산화수가 -2이므로 B의 산화수는 +4이다. $\Rightarrow y=4$ 이다.

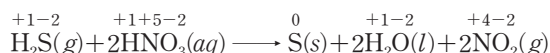
$x=2$ 이고, $y=4$ 이므로 $x+y=6$ 이다.

04 품공 문제 분석



(가)에서 O의 산화수는 0에서 -2로 감소하므로 O₂는 자신은 환원되면서 Fe를 산화시키는 산화제이다. (나)에서 H의 산화수는 0에서 -1로 감소하므로 H₂는 자신은 환원되면서 Na를 산화시키는 산화제이다. (다)에서 S의 산화수는 SO₂에서 +4이고, S에서 0으로 감소하므로 SO₂은 자신은 환원되면서 H₂S를 산화시키는 산화제이다.

05 주어진 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.

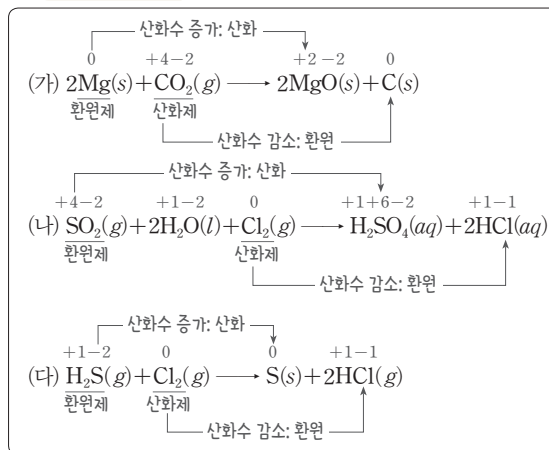


ㄴ. S의 산화수는 H₂S에서 -2이고, S에서 0이므로 2 증가한다.

ㄷ. S의 산화수는 -2에서 0으로 증가하므로 H₂S는 자신은 산화되면서 HNO₃을 환원시키는 환원제이다.

바로알기 ㄱ. X는 NO₂이고, 이때 N의 산화수는 +4이다.

06 품공 문제 분석



ㄱ. (가)에서 C의 산화수는 CO₂에서 +4이고, C에서 0으로 감소한다. 따라서 CO₂는 자신은 환원되면서 Mg를 산화시키는 산화제이다.

ㄴ. (나)와 (다)에서 Cl의 산화수는 Cl₂에서 0이고, HCl에서 -1로 감소한다. 따라서 Cl₂는 (나)와 (다)에서 모두 환원된다.

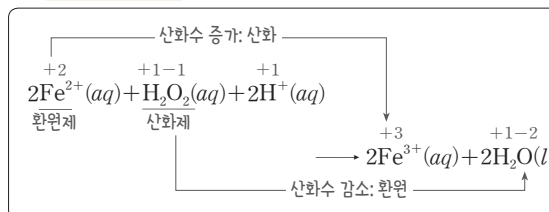
바로알기 ㄷ. (다)에서 Cl₂는 환원되고 H₂S는 산화되므로 Cl₂가 H₂S보다 더 강한 산화제이다.

07 ㄴ. (가)에서 N의 산화수는 N₂에서 0이고, NH₃에서 -3으로 감소한다. 따라서 N₂는 자신은 환원되면서 H₂를 산화시키는 산화제이다.

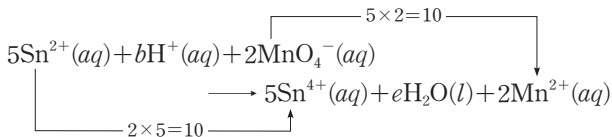
ㄷ. (나)에서 Zn 1 mol이 전자 2 mol을 잃고 Zn²⁺을 생성하므로 Zn 1 mol이 반응할 때 이동하는 전자는 2 mol이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 H₂에서 0이고, NH₃에서 +1이므로 증가한다.

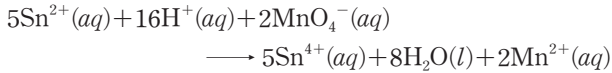
08 품공 문제 분석



Sn의 산화수는 +2에서 +4로 2만큼 증가하고, Mn의 산화수는 +7에서 +2로 5만큼 감소한다. 이를 바탕으로 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.

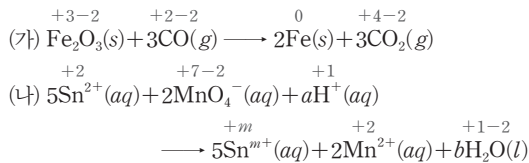


산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.



따라서 $a=5, b=16, c=2, d=5, e=8, f=2$ 이므로 $a \sim f$ 의 합은 $5+16+2+5+8+2=38$ 이다.

13 품공 문제 분석



ㄷ. (나)에서 산화수 변화가 없는 H, O의 원자 수가 같아야 한다. 따라서 O 원자 수에 의해 $b=8$ 이고, H 원자 수에 의해 $a=2b$ 이므로 $a=16$ 이다. 이로부터 MnO_4^{-} 과 H_2O 의 반응 몰비가 $2:8=1:4$ 이므로 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응한 MnO_4^{-} 의 양(mol)은 0.25 mol이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 Fe의 산화수는 Fe_2O_3 에서 +3이고, Fe에서 0이므로 3만큼 감소한다. 이때 반응한 Fe 원자 수가 2이므로 전체 산화수 변화는 6 감소이다.

ㄴ. (나)에서 Mn의 산화수는 MnO_4^{-} 에서 +7이고, Mn^{2+} 에서 +2이므로 산화수는 5만큼 감소한다. 이때 반응한 Mn 원자 수가 2이므로 전체 산화수 변화는 10 감소이다. 감소한 산화수가 10이므로 증가한 산화수도 10이어야 하는데 Sn^{2+} 과 Sn^{m+} 의 반응 계수가 5이므로 $5 \times (m-2)=10$ 이다. 따라서 $m=4$ 이다.

14 ㄱ. 식물의 광합성은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이다.

ㄴ. 메테인의 연소 반응은 열을 방출하는 발열 반응이므로 난방에 이용할 수 있다.

ㄷ. 철 가루의 산화는 열을 방출하는 발열 반응이므로 이를 이용하여 손난로를 만든다.

ㄹ. 물의 전기 분해는 전기 에너지를 흡수하는 흡열 반응이며, 물을 전기 분해하면 수소 기체와 산소 기체를 얻을 수 있다.

15 ㄱ. NO의 분해 반응은 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 에너지 차이만큼 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄴ. NO의 분해 반응이 일어날 때 열을 방출하므로 주위의 온도가 높아진다.

ㄷ. 아연과 염산의 반응은 발열 반응이므로 NO의 분해 반응과 열의 출입 방향이 같다.

16 ㄴ. (나)에서 휴대용 냉각 팩에 들어 있는 질산 암모늄이 물에 용해될 때 팩이 차가워지므로 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수한다.

ㄷ. (다)에서 겨울철 도로에 쌓인 눈에 염화 칼슘을 뿌리면 염화 칼슘이 물에 용해될 때 열을 방출하여 눈이 녹으므로 염화 칼슘의 용해 반응은 발열 반응이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 물이 증발할 때 주위의 온도가 낮아져 시원해지는 것으로 보아 물의 증발 과정에서 열을 흡수한다.

17 ㄷ. ㄹ. NaOH 1 mol이 물에 용해될 때 방출하는 열량은 용액이 얻은 열량($Q=c m \Delta t$)을 용해된 NaOH의 양(mol) (= $\frac{\text{용해된 NaOH의 질량(g)}}{\text{NaOH의 화학식량(g/mol)}}$)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 ㄱ, ㄴ. NaOH 1 mol이 물에 용해될 때 방출하는 열량을 구하는 과정에서 물의 밀도나 물의 분자량은 필요하지 않다.

18 품공 문제 분석

고체 X가 용해될 때 수용액의 최종 온도는 용해 전보다 낮아진다. → 고체 X의 용해 반응은 흡열 반응이다.

수용액	용질	용질의 질량(g)	최종 온도(°C)
(가)	고체 X	1	20
(나)	고체 Y	1	t
(다)	고체 Y	2	28

고체 Y가 용해될 때 수용액의 최종 온도는 용해 전보다 높아진다. → 고체 Y의 용해 반응은 발열 반응이다.

ㄱ. 고체 X가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이므로 용해될 때 열을 흡수한다.

ㄴ. 고체 Y가 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.

바로알기 ㄷ. 고체 Y가 물에 용해되는 반응은 발열 반응이므로 수용액의 최종 온도는 용해 전 온도인 25 °C보다 높아야 한다. 따라서 $t > 25$ 이다.

19 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이 연소할 때 방출한 열량은 통열량계 속 물과 통열량계가 얻은 열량과 같다. 물의 질량은 2 kg이고, 물의 온도 변화는 10 °C(=35 °C-25 °C)이며, 물의 비열은 4.2 kJ/(kg·°C)이다. 통열량계의 열용량이 3 kJ/°C이므로 통열량계 속 물과 통열량계가 얻은 열량은 다음과 같다.

방출한 열량(Q)=물이 얻은 열량+통열량계가 얻은 열량
 $=c_{\text{물}}m_{\text{물}}\Delta t + C_{\text{통열량계}}\Delta t$
 $=4.2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})\times 2 \text{ kg}\times 10^{\circ}\text{C} + 3 \text{ kJ}/^{\circ}\text{C}\times 10^{\circ}\text{C}=114 \text{ kJ}$
 연소한 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 질량은 4 g이므로 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1 g이 연소할
 때 방출하는 열량은 $\frac{114 \text{ kJ}}{4 \text{ g}}=28.5 \text{ kJ/g}$ 이다.

20 품공 문제 분석

(가)의 최종 온도는 용해 전보다 낮다.
 → 고체 X의 용해 반응은 흡열 반응이다.

수용액	용질	최종 온도($^{\circ}\text{C}$)
(가)	고체 X	17.6
(나)	고체 Y	21.3
(다)	고체 Z	24.5

(나)의 최종 온도는 용해 전보다 높다. (다)의 최종 온도는 용해 전보다 높다.
 → 고체 Y의 용해 반응은 발열 반응이다. → 고체 Z의 용해 반응은 발열 반응이다.

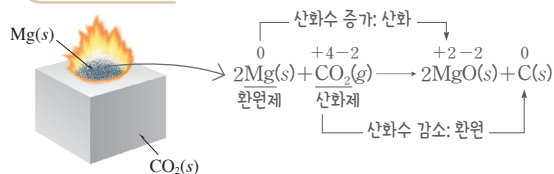
ㄱ. 고체 X가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다. 따라서 반응이 일어날 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 낮아지므로 이 반응을 이용하여 냉각 팩을 만들 수 있다.

바로알기 ㄴ. 고체 Y가 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.

ㄷ. 고체 Y와 고체 Z가 각각 물에 용해될 때 '방출하는 열량=용액의 비열×용액의 질량×용액의 온도 변화'이다.

이때 물 100 g에 녹인 고체 Y와 고체 Z의 질량이 같고, 두 수용액의 비열이 같으므로 용액의 온도 변화가 클수록 출입하는 열량이 크다. 따라서 각 물질 1 g이 용해될 때 출입하는 열량은 고체 Z가 고체 Y보다 크다.

21 품공 문제 분석



모범 답안 산화제: CO_2 , 환원제: Mg, C의 산화수는 CO_2 에서 +4이고, C에서 0으로 감소하므로 CO_2 는 자신을 환원되면서 Mg를 산화시키는 산화제이다. Mg의 산화수는 Mg에서 0이고, MgO 에서 +2로 증가하므로 Mg는 자신을 산화되면서 CO_2 를 환원시키는 환원제이다.

채점 기준	배점
산화제와 환원제를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
산화제와 환원제만 옳게 쓴 경우	40 %

22 모범 답안 0.5 mol, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 과 MnO_4^- 은 5:2의 몰비로 반응하므로 MnO_4^- 0.2 mol을 모두 환원시키는 데 필요한 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 의 최소 양(mol)은 0.5 mol이다.

채점 기준	배점
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 의 최소 양(mol)을 옳게 구하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 의 최소 양(mol)만 옳게 구한 경우	40 %

23 HCl(aq) 과 KOH 수용액의 중화 반응에서 방출한 열량은 용액이 얻은 열량과 같다. 용액의 밀도가 1 g/mL이므로 혼합 용액의 질량은 200 g이다. 용액의 온도 변화는 $6^{\circ}\text{C}(=31^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C})$ 이고, 용액의 비열은 $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ 이다.

모범 답안 50400 J/mol, HCl(aq) 과 KOH 수용액의 중화 반응에서 방출한 열량(Q)은 다음과 같다.

$$Q = cm\Delta t = 4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})\times 200 \text{ g}\times 6^{\circ}\text{C} = 5040 \text{ J}$$

1 M HCl(aq) 100 mL와 1 M KOH 수용액 100 mL에 들어 있는 H^+ 과 OH^- 의 양(mol)은 각각 0.1 mol이므로 생성된 물의 양(mol)은 0.1 mol이다. 물 0.1 mol이 생성될 때 방출한 열량이 5040 J이므로 물 1 mol이 생성될 때 방출하는 열량은 50400 J/mol이다.

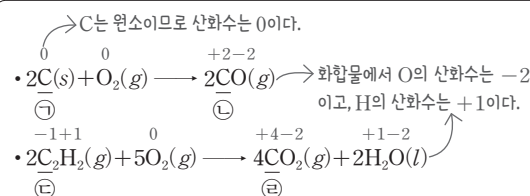
채점 기준	배점
방출하는 열량을 옳게 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	60 %
방출하는 열량만 옳게 구한 경우	40 %

수능 실전 문제

316~319쪽

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

01 품공 문제 분석



선택지 분석

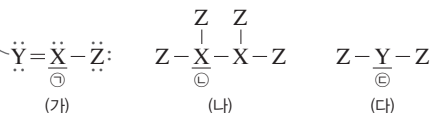
① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

전략적 풀이 ① 원소의 산화수는 0임을 적용하여 C의 산화수를 구한다. ①은 원소 상태로 존재하는 C의 산화수이므로 0이다. ② 화합물에서 H, O의 산화수는 각각 +1, -2임을 적용하여 C의 산화수를 구한다.

CO 에서 O의 산화수가 -2이고 화합물을 구성하는 각 원자의 산화수의 합은 0이므로 ①은 +2이다. C_2H_2 에서 H의 산화수가 +1이므로 ②은 -1이고, CO_2 에서 O의 산화수가 -2이므로 ③은 +4이다. 따라서 ①+②+③+④=+5이다.

02 품공 문제 분석

(가)의 루이스 구조에서 (가)를 구성하는 각 원자가 옥텟 규칙을 만족하도록 각 원자 주위에 비공유 전자쌍을 그리면 비공유 전자쌍 수는 X 원자가 1, Y 원자가 2, Z 원자가 3이다. → X는 15족 원소, Y는 16족 원소, Z는 17족 원소이다.



선택지 분석

- ㉠ 전기 음성도는 $Y > X$ 이다.
- ㉡ (가)~(다)에서 Z의 산화수는 모두 -1 이다.
- ㉢ $\text{ⓐ} + \text{ⓑ} + \text{ⓒ} = +7$ 이다.

전략적 풀이 ① (가)~(다)를 구성하는 각 원자의 원자가 전자 수를 파악하여 전기 음성도를 비교한다.

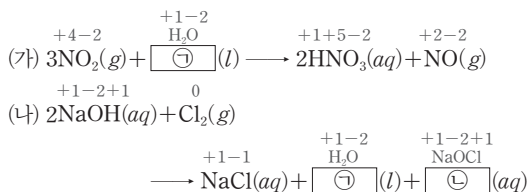
㉠. (가)~(다)의 루이스 구조에서 각 원자의 비공유 전자쌍 수는 X 원자가 1, Y 원자가 2, Z 원자가 3이다. 따라서 X는 2주기 15족 원소, Y는 2주기 16족, Z는 2주기 17족 원소이다. 이로부터 원자 번호는 $X < Y < Z$ 이고, 전기 음성도는 $X < Y < Z$ 이다.

② 공유 결합 물질에서 두 원자 사이의 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 모두 이동한다고 가정하는 것을 적용하여 각 원자의 산화수를 구한다.

㉡. X~Z 중 Z의 전기 음성도가 가장 크므로 (가)~(다)에서 Z와 결합한 각 원자의 공유 전자쌍은 Z 쪽으로 모두 이동한다고 가정한다. 따라서 (가)~(다)에서 Z의 산화수는 모두 -1 이다.

㉢. 전기 음성도는 $X < Y < Z$ 이다. 이를 통해 (가)의 $Y=X$ 결합에서 공유 전자쌍은 Y 원자 쪽으로 모두 이동하고, (가)와 (나)의 $X-Z$ 결합에서 공유 전자쌍은 Z 원자 쪽으로 모두 이동한다고 가정하므로 X의 산화수 ⓐ 은 $+3$ 이고, ⓑ 은 $+2$ 이다. 또, (다)의 $Y-Z$ 결합에서 전자쌍은 Z 원자 쪽으로 모두 이동한다고 가정하므로 Y의 산화수 ⓒ 은 $+2$ 이다. 따라서 $\text{ⓐ} + \text{ⓑ} + \text{ⓒ} = +7$ 이다.

03 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (가)에서 ⓐ 은 산화된다. 산화되거나 환원되지 않는다
- ㉡ (나)에서 NaOH는 환원제이다. 가 아니다
- ㉢ ⓒ 에서 Cl의 산화수는 $+1$ 이다.

전략적 풀이 ① 반응물과 생성물의 원자의 종류와 수가 같도록 화학 반응식을 완성하고, 구성 원자의 산화수를 구하여 산화 또는 환원되는 물질을 판단한다.

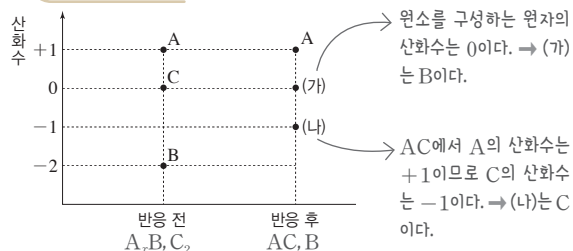
㉠. ⓐ 은 H_2O 이고, 반응 전후 H의 산화수는 $+1$ 이고, O의 산화수는 -2 로 변하지 않는다. 따라서 H_2O 은 산화되거나 환원되지 않는다.

② 구성 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 파악한다.

㉡. (나)에서 반응 전후 Na의 산화수는 $+1$, O의 산화수는 -2 , H의 산화수는 $+1$ 로 변하지 않으므로 NaOH는 산화되거나 환원되지 않는다. 따라서 NaOH는 산화제나 환원제가 아니다.

㉢. ⓒ 은 NaOCl 이며, Na의 산화수는 $+1$ 이고, O의 산화수는 -2 이며, 구성 원자의 산화수의 합이 0이므로 Cl의 산화수는 $+1$ 이다.

04 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ A_xB 에서 x 는 2이다.
- ㉡ (가)는 C이고, (나)는 B이다.
- ㉢ A~C 중 A의 전기 음성도가 가장 크다. 작다

전략적 풀이 ① 산화수를 정하는 규칙을 생각해 본다.

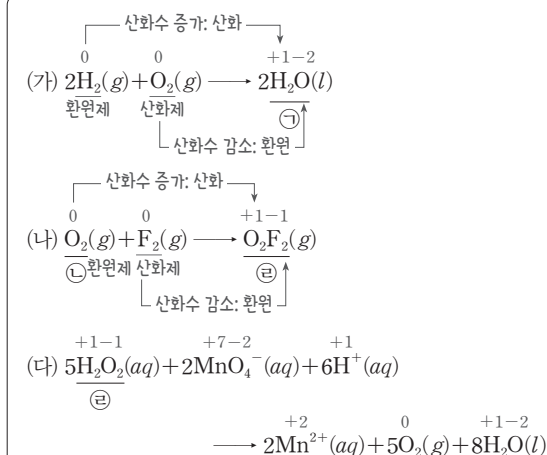
㉠. 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. A_xB 에서 A의 산화수는 $+1$ 이고, B의 산화수는 -2 이므로 $(+1) \times x + (-2) = 0$ 에서 $x=2$ 이다.

㉡. 반응 후 생성물은 AC와 B이고, 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다. AC에서 A의 산화수는 $+1$ 이므로 C의 산화수는 -1 이다. 따라서 (나)는 C이다. 또, 원소를 구성하는 원자의 산화수는 0이므로 (가)는 B이다.

② 공유 결합 물질에서 산화수와 전기 음성도의 관계를 파악한다.

㉢. 공유 결합 물질의 구성 원자 중에서 전기 음성도가 큰 원자는 공유 전자쌍을 얻은 것과 같으므로 산화수가 음수이고, 전기 음성도가 작은 원자는 공유 전자쌍을 잃은 것과 같으므로 산화수가 양수이다. A와 B로 이루어진 A_xB 에서 A의 산화수는 $+1$ 로 양수이므로 A가 B보다 전기 음성도가 작다. 또, A와 C로 이루어진 AC에서 A의 산화수는 $+1$ 로 양수이므로 A가 C보다 전기 음성도가 작다. 따라서 A~C 중 A의 전기 음성도가 가장 작다.

05 품공 문제 분석



선택지 분석

- ✗ (가)에서 H_2 는 산화제이다. 환원제
 ㉠ (다)에서 Mn의 산화수는 감소한다.
 ✗ ㉠~㉢에서 O의 산화수 중 가장 큰 값과 작은 값의 합은 0이다. -1

전략적 풀이 ① 구성 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 파악한다.

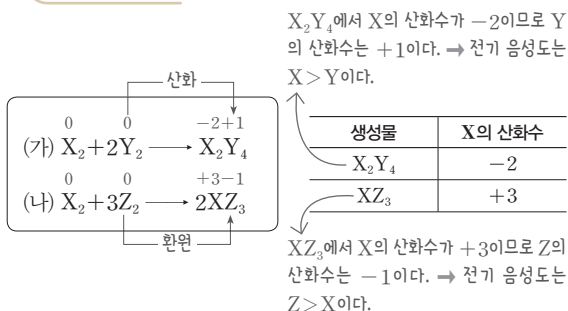
㉠. (가)에서 H의 산화수는 H_2 에서 0이고, H_2O 에서 +1로 증가한다. 따라서 H_2 는 자신은 산화되면서 O_2 를 환원시키는 환원제이다.

㉡. (다)에서 Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 +7이고, Mn^{2+} 에서 +2이므로 Mn의 산화수는 감소한다.

② 구성 원자의 산화수를 구하고, 여러 화합물에서 같은 종류의 원자의 산화수를 비교한다.

㉢. ㉠에서 O의 산화수는 -2, ㉡에서 O의 산화수는 0, ㉢에서 O의 산화수는 +1, ㉣에서 O의 산화수는 -1이다. 따라서 ㉠~㉣에서 O의 산화수 중 가장 큰 값은 +1이고, 가장 작은 값은 -2이므로 그 합은 $(+1) + (-2) = -1$ 이다.

06 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (가)에서 Y_2 는 산화된다.
 ✗ (나)에서 Z_2 는 환원제이다. 산화제
 ㉡ 전기 음성도는 $Z > X > Y$ 이다.

전략적 풀이 ① 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화와 환원되는 물질을 찾는다.

㉠. (가)에서 Y의 산화수는 0에서 +1로 증가하므로 Y_2 는 산화된다.

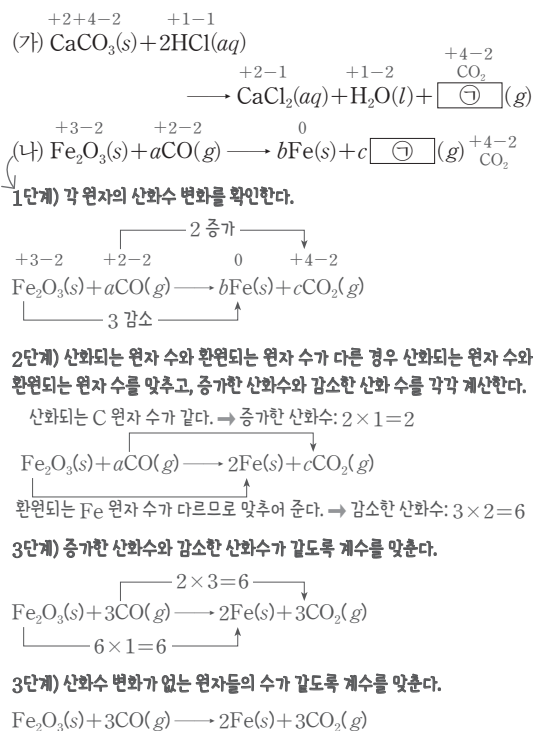
② 산화되는 물질을 찾아 환원제를 파악한다.

㉡. (나)에서 Z의 산화수는 0에서 -1로 감소하므로 Z_2 는 자신은 환원되면서 X_2 를 산화시키는 산화제이다.

③ 각 원자의 산화수를 확인하여 전기 음성도를 비교한다.

㉢. (가)의 생성물 X_2Y_4 에서 산화수는 X가 음의 값이고, Y가 양의 값이므로 전기 음성도는 $X > Y$ 이다. 또, (나)의 생성물 XZ_3 에서 산화수는 X가 양의 값이고 Z가 음의 값이므로 전기 음성도는 $Z > X$ 이다. 따라서 전기 음성도는 $Z > X > Y$ 이다.

07 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (나)에서 C의 산화수는 2만큼 증가한다.
 ㉡ (나)에서 $a + c = 3b$ 이다.
 ✗ (가)와 (나)는 모두 산화 환원 반응이다. (나)만 산화 환원 반응이다

전략적 풀이 ① 반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 ①의 화학식을 완성한 후 각 원자의 산화수를 구한다.

반응 전후 원자의 종류와 수가 같도록 화학식을 완성하면 ①은 CO_2 이다.

ㄱ. (나)에서 C의 산화수는 CO 에서 +2이고, ① CO_2 에서 +4이다. 따라서 C의 산화수는 2만큼 증가한다.

② 산화 환원 반응을 완성하여 반응 계수를 구한다.

ㄴ. (나)의 산화 환원 반응을 완성하면 다음과 같다.

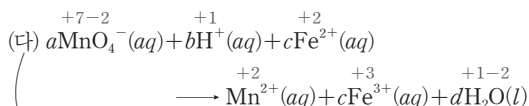
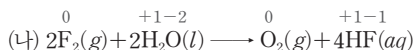
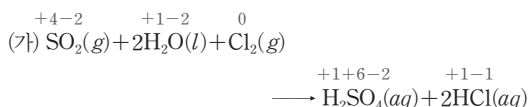


따라서 $a=3, b=2, c=3$ 이므로 $a+c=3b$ 이다.

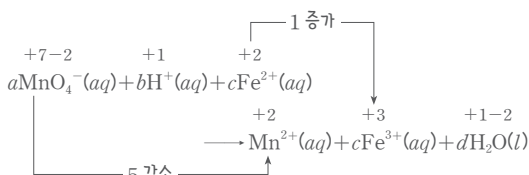
③ 반응 전후 원자의 산화수 변화가 있는 반응이 산화 환원 반응임을 이해한다.

ㄷ. (가)에서 C의 산화수는 CaCO_3 에서 +4이고, ① CO_2 에서도 +4이다. 또, Ca, O, H, Cl의 산화수도 반응 전후 각각 +2, -2, +1, -1로 변하지 않으므로 (가)는 산화 환원 반응이 아니다. (나)에서는 C의 산화수가 +2에서 +4로 증가하고, Fe의 산화수가 +3에서 0으로 감소하므로 (나)는 산화 환원 반응이다.

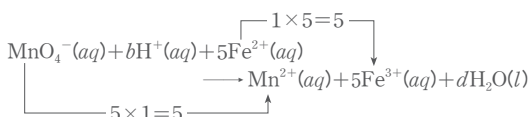
08 품공 문제 분석



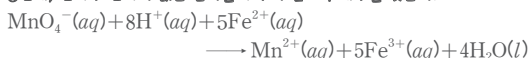
1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.



선택지 분석

- ㉠ (가)에서 SO_2 은 환원제이다.
- ㉡ (나)에서 O의 산화수는 증가한다.
- ㉢ (다)에서 $a+b \geq c+d$ 이다. =

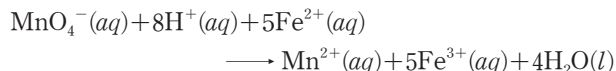
전략적 풀이 ① 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 찾는다.

ㄱ. (가)에서 S의 산화수는 SO_2 에서 +4이고, H_2SO_4 에서 +6이다. 따라서 S의 산화수가 증가하므로 SO_2 은 자신은 산화되면서 Cl_2 를 환원시키는 환원제이다.

ㄴ. (나)에서 O의 산화수는 H_2O 에서 -2이고, O_2 에서 0이므로 증가한다.

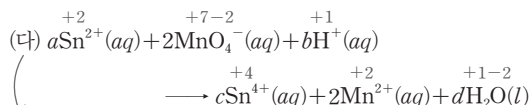
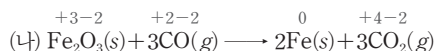
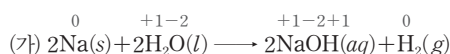
② 산화 환원 반응을 완성하여 반응 계수를 구한다.

ㄷ. (다)의 산화 환원 반응을 완성하면 다음과 같다.

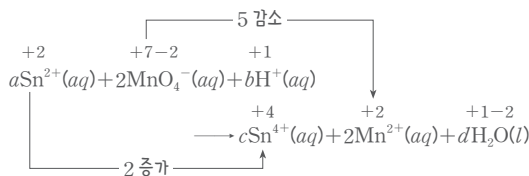


따라서 $a=1, b=8, c=5, d=4$ 이므로 $a+b=c+d$ 이다.

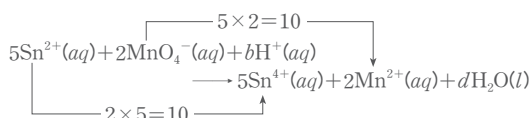
09 품공 문제 분석



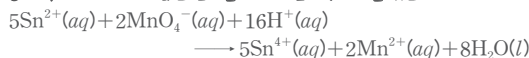
1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.



선택지 분석

- ㉠ (가)에서 H_2O 은 산화제이다.
- ㉡ (나)에서 Fe의 산화수는 감소한다.
- ㉢ (다)에서 $\frac{a \times b}{c \times d} = 2$ 이다.

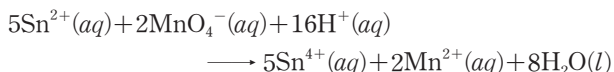
전략적 풀이 ① 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 찾는다.

ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 H_2O 에서 +1이고, H_2 에서 0이다. 따라서 H의 산화수가 감소하므로 H_2O 은 자신은 환원되면서 Na를 산화시키는 산화제이다.

ㄴ. (나)에서 Fe의 산화수는 Fe_2O_3 에서 +3이고, Fe에서 0이므로 감소한다.

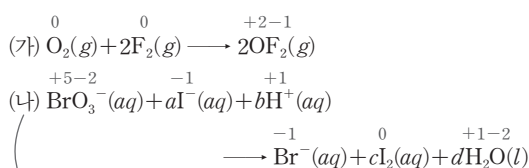
② 산화 환원 반응을 완성하여 반응 계수를 구한다.

ㄷ. (다)의 산화 환원 반응을 완성하면 다음과 같다.

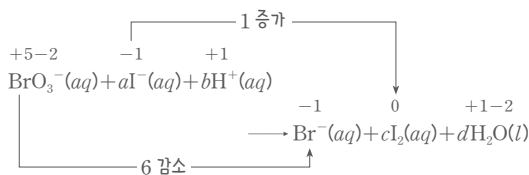


따라서 $a=5$, $b=16$, $c=5$, $d=8$ 이므로 $\frac{a \times b}{c \times d} = \frac{5 \times 16}{5 \times 8} = 2$ 이다.

10 품공 문제 분석

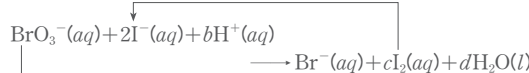


1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



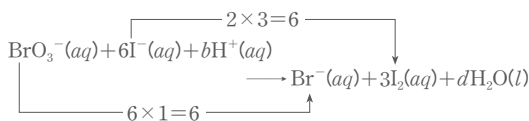
2단계) 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수가 다른 경우 산화되는 원자 수와 환원되는 원자 수를 맞추고, 증가한 산화수와 감소한 산화수를 각각 계산한다.

산화되는 I 원자 수가 다르므로 맞추어 준다. $\Rightarrow$ 증가한 산화수: $1 \times 2 = 2$

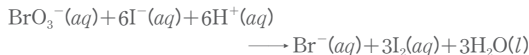


환원되는 Br 원자 수가 같다. $\Rightarrow$ 감소한 산화수: $6 \times 1 = 6$

3단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



4단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.



선택지 분석

㉠ (가)에서 O의 산화수는 2만큼 증가한다.

㉡ (나)에서 BrO_3^{-} 은 환원제이다. 산화제

㉢ (나)에서 I^{-} 2 mol이 반응하면 H_2O 3 mol이 생성된다. 1

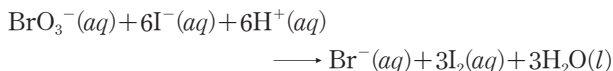
전략적 풀이 ① 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 찾는다.

㉠. (가)에서 O의 산화수는 O_2 에서 0이고, OF_2 에서 +2이므로 2만큼 증가한다.

ㄴ. (나)에서 Br의 산화수는 BrO_3^{-} 에서 +5이고 Br^{-} 에서 -1이다. 따라서 Br의 산화수가 감소하므로 BrO_3^{-} 은 자신은 환원되면서 I^{-} 을 산화시키는 산화제이다.

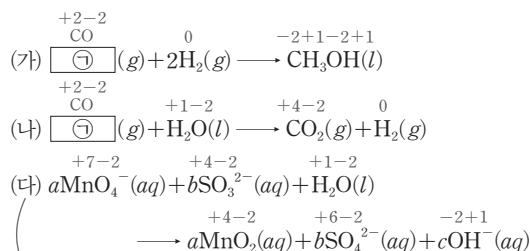
② 산화 환원 반응을 완성한 후, 산화 환원 반응식으로부터 반응하는 물질 사이의 양적 관계를 확인한다.

ㄷ. (나)에서 I의 산화수는 I^{-} 에서 -1이고 I_2 에서 0이며, I의 원자 수가 2이므로 전체 산화수의 변화는 2 증가이다. 또, Br의 산화수는 6 감소이다. 이때 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘 후, 산화수 변화가 없는 H, O 원자 수가 같도록 계수를 맞추면 다음과 같다.

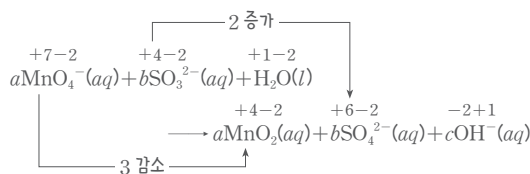


I^{-} 과 H_2O 의 반응 몰비가 $6 : 3 = 2 : 1$ 이므로 I^{-} 2 mol이 반응하면 H_2O 1 mol이 생성된다.

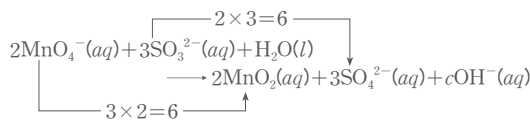
11 품공 문제 분석



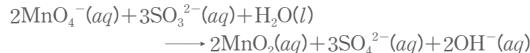
1단계) 각 원자의 산화수 변화를 확인한다.



2단계) 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같도록 계수를 맞춘다.



3단계) 산화수 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞춘다.



선택지 분석

㉠ (가)에서 ㉠은 산화된다. 환원

㉡ (나)에서 ㉠은 환원제이다.

㉢ (다)에서 MnO_4^{-} 2 mol이 반응하면 SO_4^{2-} 3 mol이 생성된다.

전략적 풀이 ① 각 원자의 산화수를 구하고, 산화수 변화를 확인하여 산화제와 환원제를 찾는다.

14 품공 문제 분석

- ㉠ 염화 암모늄을 물에 용해시켰더니 용액의 온도가 낮아졌다.
- ㉡ 메테인을 연소시켜 물을 끓였다.
 → 주위의 온도가 낮아진 것이다.
 → 열을 방출하는 반응이 일어난 것이다.

선택지 분석

학생 A. ㉠은 흡열 반응이야.

학생 B. ㉡은 발열 반응이야.

학생 C. ㉠ 반응에서 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 커.

전략적 풀이 ① 반응 전후 온도 변화를 파악하여 발열 반응인지 흡열 반응인지 판단한다.

학생 A. ㉠ 반응이 일어날 때 용액의 온도가 낮아졌으므로 ㉠ 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

학생 B. ㉡ 반응에서 출입하는 열로 물을 끓이므로 ㉡ 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

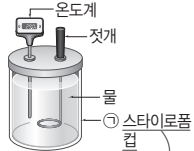
학생 C. 흡열 반응에서 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크다.

15 품공 문제 분석

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 25 °C 물 100 g이 담긴 열량계를 준비한다.

(나) (가)의 열량계에 25 °C의 NH_4NO_3 w g을 넣어 녹인 후 수용액의 최종 온도를 측정한다.



[실험 결과]

• 수용액의 최종 온도: 21 °C

열량계 속 물이 얻거나 잃은 열량은 반응이 일어날 때 출입하는 열량과 같다.

→ 열량계 속 열이 주위로 빠져나가거나 주위로부터 열을 흡수하지 않아야 한다.

→ 용해 후 최종 온도는 용해 전보다 낮다.

→ 반응이 일어날 때 주위의 열을 흡수한다.

선택지 분석

㉠ ㉠은 열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 사용한다.

✗ NH_4NO_3 이 용해되는 반응은 발열 반응이다. **흡열**

㉡ NH_4NO_3 이 용해될 때 출입하는 열량을 구하기 위해 수용액의 비열을 알아야 한다.

전략적 풀이 ① 용해 과정에서 흡수하는 열량은 용액이 잃은 열량과 같다는 것을 생각한다.

ㄱ. 열량계를 이용하여 용해 과정에서 출입하는 열량을 구할 때 열량계와 주위 사이의 열의 이동이 없어야 한다. ㉠은 열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 사용한다.

② 반응 전후 온도 변화를 파악하여 발열 반응인지 흡열 반응인지 판단한다.

ㄴ. NH_4NO_3 이 용해될 때 용액의 최종 온도가 용해 전보다 낮으므로 NH_4NO_3 이 용해되는 반응은 흡열 반응이다.

③ 화학 반응에서 출입하는 열을 측정할 때 필요한 요소를 생각해 본다.

ㄷ. NH_4NO_3 의 용해 과정에서 흡수하는 열량은 용액이 잃은 열량과 같고, 용액이 잃은 열량은 '용액의 비열 × 용액의 질량 × 용액의 온도 변화'와 같다. 따라서 실험 과정에서 용액의 질량과 용액의 온도 변화는 측정했으므로 용액의 비열을 알아야 한다.

16 품공 문제 분석

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 20 °C 물 50 g이 담긴 열량계를 준비한다.

(나) (가)의 열량계에 20 °C의 고체 X w g을 넣어 녹인 후 수용액의 최종 온도(t_1)를 측정한다.

(다) 고체 X가 용해될 때 출입한 열량(Q_1)을 구한다.

(라) 고체 X w g 대신 고체 Y w g으로 (가)~(다)를 수행하여 수용액의 최종 온도(t_2)를 측정하고, 출입한 열량(Q_2)을 구한다.



[자료 및 실험 결과]

• 수용액의 비열은 4 J/(g · °C)이다.

• t_1 : 22 °C

• t_2 : 19 °C

고체 X가 용해되는 과정에서 온도가 높아진다. → 열을 방출한다.

고체 Y가 용해되는 과정에서 온도가 낮아진다. → 열을 흡수한다.

선택지 분석

㉠ 고체 X가 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다.

㉡ 고체 Y가 물에 용해되는 반응이 일어날 때 열을 흡수한다.

㉢ $\frac{Q_1}{Q_2} = 2$ 이다.

전략적 풀이 ① 반응 전후 온도 변화를 파악하여 발열 반응인지 흡열 반응인지 판단한다.

ㄱ. 고체 X가 물에 용해되는 과정에서 용액의 온도가 높아지므로 이 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

ㄴ. 고체 Y가 물에 용해되는 과정에서 용액의 온도가 낮아지므로 이 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

② '열량(Q) = 용액의 비열(c) × 용액의 질량(m) × 용액의 온도 변화(Δt)'를 이용하여 각 과정에서 출입하는 열량을 구한다.

$$Q_1 = 4 \text{ J/(g} \cdot \text{°C)} \times (50 + w) \text{ g} \times (22 - 20) \text{ °C} = 8(50 + w) \text{ J}$$

$$Q_2 = 4 \text{ J/(g} \cdot \text{°C)} \times (50 + w) \text{ g} \times (20 - 19) \text{ °C} = 4(50 + w) \text{ J}$$

$$\text{따라서 } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{8(50 + w) \text{ J}}{4(50 + w) \text{ J}} = 2 \text{이다.}$$