



# 정답과 풀이

# I | 기체의 성질

## 01 입자의 운동

자료 보고 개념 다지기

P.11

- 01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○      02 (1) < (2) < (3) >  
 03 ① 스스로, ② 확산, ③ 모든      04 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×  
 05 ① 오른, ② 증발, ③ 기체

01 확산은 물질을 이루는 입자가 스스로 움직여 퍼져 나가는 현상으로 공기가 없는 곳에서도 일어나며, 공기가 없을 때는 확산을 방해하는 다른 입자가 없기 때문에 확산 속도가 더 빠르다. 확산은 모든 방향으로 일어난다.

02 확산은 온도가 높을수록, 입자의 질량이 작을수록 잘 일어나며, 물질의 상태가 '고체 < 액체 < 기체' 순으로 갈수록 빨라지며, 확산이 일어나는 장소는 '액체 속 < 기체 속 < 진공 속' 일수록 빨라진다.

04 증발은 입자가 스스로 움직여 액체 표면에서 기체로 변하는 현상이다. 액체 내부에서 입자가 기체로 변하는 것은 끓음이다. 증발이 일어날 때 입자는 바람에 의해 움직이는 것이 아니라 스스로 움직인다.

05 윗접시저울의 한 쪽에 아세톤을 떨어뜨리면 처음에는 아세톤의 무게 때문에 저울이 아세톤을 떨어뜨린 쪽으로 기울어진다. 시간이 지나 아세톤이 모두 증발하여 액체 아세톤이 기체가 되면 윗접시저울은 다시 수평이 된다.

탐구 대표문제

P.12

- 01 C-B-A      02 ②      03 해설 참조

01 답 C-B-A | 페트리 접시 가운데에 떨어뜨린 암모니아수의 표면에서 암모니아 입자가 증발한 후 확산하여 페트리 접시 전체로 퍼져 나가므로 솜의 색은 암모니아수를 떨어뜨린 곳에서 가까운 순서대로 붉게 변한다.

02 답 ② | 암모니아 입자는 모든 방향으로 스스로 움직여 확산되며, 페트리 접시 중앙에서 퍼져 나가는 것이므로 암모니아수와 가까이 있는 솜부터 붉게 변한다. 주방에서 요리하는 음식 냄새를 거실에서 맡을 수 있는 것은 음식 냄새가 확산되기 때문이며, 솜의 색이 변하는 것 역시 암모니아 입자가 확산하기 때문이다.

03 모범 답안 암모니아 입자가 스스로 운동하여 퍼져 나가 페놀프탈레인 용액을 묻힌 솜에 닿았기 때문이다.

채점 기준	배점
암모니아 입자가 스스로 움직였거나 확산하여 퍼져 나갔다는 내용을 넣어 옳게 서술한 경우	100 %
암모니아 입자가 스스로 움직였다는 내용 없이 암모니아 입자가 페놀프탈레인을 묻힌 솜에 닿았다고만 서술한 경우	50 %

실력 다지기

P.13-15

- 01 ⑤      02 ⑤      03 ④      04 ②      05 ⑤  
 06 ①      07 ③      08 ①      09 ②      10 ①  
 11 ⑤      12 ②, ⑤      13 ④      14 ⑤      15 ①  
 16 ④

01 답 ⑤ | 어항 속의 물이 줄어드는 것은 물이 증발했기 때문이다. 증발은 입자가 스스로 운동한다는 증거이다.

개념 바로 알기

- ① 입자의 운동은 온도가 높을수록 빨라진다.  
 ② 기체 입자는 모든 방향으로 운동하여 퍼져 나간다.  
 ③ 입자는 진공에서도 스스로 움직여 퍼져 나간다.  
 ④ 입자는 스스로 움직이기 때문에 외부의 충격이나 바람이 부는지의 여부에 관계없이 움직인다.

02 답 ⑤ | 빵집 근처에서 빵 냄새가 나는 것은 빵 냄새를 내는 입자가 스스로 움직여 퍼져 나가기 때문이며, 염전에서 소금을 얻는 것은 가뭄 놓은 바닷물의 표면에서 물 입자가 스스로 움직여 기체로 변했기 때문이다. 즉, 물질을 이루는 입자가 스스로 움직이기 때문에 일어나는 현상이다.

03 답 ④ | 젖은 머리카락이 마르는 것은 증발, 모기향을 피우면 향 냄새가 방 안 전체로 퍼지는 것은 확산이다.

개념 바로 알기

- ㄱ. 폭포수가 아래로 떨어지는 것은 중력에 의해 지구의 모든 물체가 아래로 움직이기 때문에 나타나는 현상이다.  
 ㄴ. 물의 작용으로 지표의 모양이 변하는 것은 풍화이다.

04 답 ② | 향수병을 열면 향수 입자가 스스로 움직여 공기 중으로 퍼져 나가기 때문에 멀리서도 향수 냄새를 맡을 수 있다. 향수 입자는 모든 방향으로 퍼져 나간다. 온도가 높으면 확산 속도가 빨라지므로 향수 냄새가 더 빨리 퍼진다. 진공에서는 향수 입자 운동을 방해하는 다른 입자가 없으므로 확산 속도는 빨라진다.

- 05 답 ⑤** | 확산은 입자가 스스로 움직이는 것으로, 입자의 질량이 작을수록 입자가 더 빨리 움직이므로 확산이 잘 일어난다. 또한 물질이 액체 상태일 때보다 기체 상태일 때 입자 사이에 서로 잡아당기는 힘이 줄어들므로 확산이 잘 일어난다.

**개념 바로 알기**

- ㄱ. 확산은 온도가 높을수록 잘 일어난다.  
 ㄴ. 진공 속에서는 입자의 확산을 방해하는 다른 입자가 없기 때문에 공기 중에서보다 확산이 더 빠르게 일어난다.

- 06 답 ①** | 모기향이나 냄새가 멀리까지 퍼지는 것, 물에 떨어뜨린 잉크가 물 전체로 퍼지는 것은 모두 확산의 예이다.

**개념 바로 알기**

- ① 감을 맡아 냄새를 만드는 것은 감에 있는 액체 상태의 수분이 기체로 증발하는 것이다.

- 07 답 ③** | 페놀프탈레인 용액은 염기성 물질인 암모니아와 만나면 붉은색으로 변한다. 페트리 접시 가운데에 떨어뜨린 암모니아수에서 암모니아 입자가 증발한 후 사방으로 퍼져 나가기 때문에 중심에서 가까운 쪽의 솜부터 먼 쪽의 솜으로 차례로 색이 변한다. 확산 속도는 온도가 높을수록 빨라지므로, 높은 온도에서 실험한다면 솜의 색이 더 빨리 변한다.

**개념 바로 알기**

- ③ 암모니아 입자는 사방으로 퍼져 나갔다.

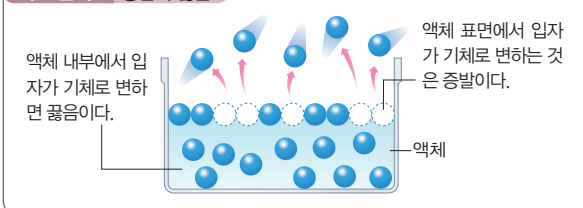
- 08 답 ①** | 물에 떨어뜨린 잉크가 물 전체로 퍼져 나가는 것은 확산 현상이다. 물속에서 확산 현상이 일어날 때, 물 입자와 잉크 입자는 모두 스스로 움직인다.

**개념 바로 알기**

- ㄷ. 물의 온도를 낮추면 물 입자와 잉크 입자의 움직임이 느려지므로, 잉크가 더 느리게 퍼져 나간다.  
 ㄹ. 물 입자와 잉크 입자는 모두 사방으로 움직인다. 따라서 잉크는 사방으로 퍼져 나간다.

- 09 답 ②** | 액체 표면에서 입자가 기체로 변하는 현상은 증발이다. 증발의 예로는 어항의 물이 줄어드는 것, 땀이 마르는 것, 물기가 마르는 것 등이 있다.

**자료 분석 증발과 끓음**



**개념 바로 알기**

- ② 빵집 근처에서 빵 냄새가 나는 것은 빵 냄새를 내는 입자가 사방으로 퍼져 나가기 때문이다. → 확산

- 10 답 ①** | 증발은 액체 표면에서 일어나며, 온도가 높을수록 잘 일어난다.

**개념 바로 알기**

- ① 액체 전체에서 액체가 기체로 변하는 현상은 끓음이다.

- 11 답 ⑤** | 문제의 그림은 액체 표면에서 액체가 기체로 변하는 증발 현상을 나타낸 것이다. 증발은 액체 표면에서 일어나므로 표면적이 넓을수록 잘 일어난다.

**개념 바로 알기**

- ① 온도가 높을수록 입자 운동이 활발해지므로, 온도가 높을수록 증발이 잘 일어난다.  
 ② 습도가 높으면 공기 중에 수증기가 많아지므로 증발이 잘 일어나지 않는다.  
 ③ 바람이 많이 불면 증발된 물질이 더 빨리 퍼져 나가므로 증발이 잘 일어난다.  
 ④ 끓는점 이상의 온도에서 액체가 기체로 변하는 현상은 끓음이다.

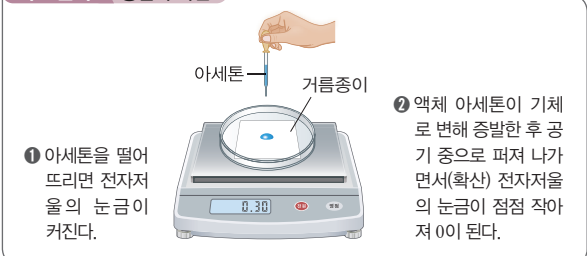
- 12 답 ②, ⑤** | 어항의 물이 줄어 들고, 손등에 바른 알코올이 사라지는 것은 증발에 의한 현상이다. 거품에 눈바닥이 달라갈라지는 것과 한낮에 이슬이 사라지는 것은 증발 현상이다.

**개념 바로 알기**

- ① 물이 끓는 것은 물이 끓는점 이상의 온도에서 기체로 변하는 것으로, 끓음이다.  
 ③ 화장실 근처에서 냄새가 나는 것은 냄새를 내는 입자가 사방으로 퍼져 나가는 확산이 일어났기 때문이다.  
 ④ 냉면에 넣은 식초는 국물 전체로 확산되므로, 냉면 국물 전체에서 신맛이 난다.

- 13 답 ④** | 아세톤을 떨어뜨리면 아세톤의 무게 때문에 전자저울의 눈금이 커진다. 시간이 지나면 아세톤이 증발하여 모두 기체로 변하므로 전자저울의 눈금은 다시 0이 된다.

**자료 분석 증발과 확산**



개념 바로 알기

④ 전자저울의 눈금은 처음에는 아세톤의 무게만큼 높아졌다가 아세톤이 모두 증발하면 0이 된다.

**14 답 ⑤** | 어항의 물이 줄어들고, 마당의 물이나 이슬이 사라지는 등의 현상은 증발 현상이고, 식초가 국물 전체로 퍼져 나가는 것은 확산 현상이다. 즉, 증발은 액체가 기체로 변하는 것이고, 확산은 입자가 사방으로 퍼져 나가는 것이다.

**15 답 ①** | 시험관에 담긴 암모니아수에서 암모니아 입자가 증발한 후 사방으로 퍼져 나가면서(확산) 페놀프탈레인 용액을 묻힌 솜에 닿으면 솜의 색이 붉게 변한다.

개념 바로 알기

- ② 솜의 색은 암모니아수에서 가까운 C → B → A 순으로 붉게 변한다.
- ③ 암모니아 입자는 사방으로 움직인다.
- ④ 암모니아 입자는 스스로 움직이며, 공기 입자가 없더라도 움직인다.
- ⑤ 온도가 높아지면 확산 속도가 빨라지므로 솜의 색이 더 빨리 변한다.

**16 답 ④** | 접시에 떨어뜨린 물 입자는 스스로 움직여 기체로 변한다. 양쪽 접시의 물이 모두 증발하면 저울은 수평이 된다.

개념 바로 알기

ㄱ. 헤어 드라이어를 작동시킨 A 접시의 물이 더 빨리 증발하므로 더 빨리 가벼워진다. 따라서 헤어 드라이어를 작동하면 A 접시가 점점 위로 올라간다.

자료 분석 증발

**①** 헤어 드라이어를 작동하면 고온의 바람이 나오므로 A 접시의 물이 더 빨리 증발한다.

**②** 헤어 드라이어를 작동하지 않은 B접시의 물도 증발하므로, 시간이 지나면 저울은 수평이 된다.

서술형 다지기

p.16

**01 모범 답안** (1) (가) 증발, (나) 증발, (다) 확산, (라) 확산  
(2) 물질을 이루는 입자가 끊임없이 모든 방향으로 스스로 운동하기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	(가)~(라) 모두 정확히 구분하여 쓴 경우	50 %
(2)	입자가 모든 방향으로 스스로 운동했다고 서술한 경우	50 %
	입자가 운동했다고만 서술한 경우	20 %

**02 모범 답안** (1) 솜의 색이 암모니아수를 떨어뜨린 곳에서 가까운 쪽부터 먼 쪽으로 붉게 변한다.  
(2) 암모니아수에서 증발한 암모니아 입자가 확산하여 사방으로 퍼져 나가기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	솜의 색과, 색이 변한 순서를 옳게 서술한 경우	50 %
	솜이 붉게 변한다고만 서술한 경우	20 %
(2)	용어를 모두 사용하여 정확히 서술한 경우	50 %
	암모니아 입자가 퍼져 나갔다고만 서술한 경우	30 %

**03 모범 답안** 전자저울의 눈금이 점점 작아져 0이 된다. 이는 거름종이에 있던 아세톤 입자가 스스로 운동하여 아세톤 표면에서 공기 중으로 증발했기 때문이다.

채점 기준		배점
전자저울의 눈금 변화와 아세톤 입자의 운동을 옳게 서술한 경우		100 %
전자저울의 눈금 변화만 옳게 서술한 경우		50 %
아세톤 입자의 운동만 옳게 표현한 경우		50 %

**04 모범 답안** 온도가 높을수록 입자의 운동이 활발해져 증발이 잘 일어나기 때문이다.

채점 기준		배점
온도와 입자 운동의 관계를 나타내고, 증발이 잘 일어나는 것을 옳게 서술한 경우		100 %
증발이 잘 일어난다고만 서술한 경우		50 %

**05 모범 답안** 물의 양이 줄어들 것이다. 물 표면에서 물 입자가 기체 상태로 변해 공기 중으로 증발하기 때문이다.

개념 한 걸음 더

p.17

01 ①

**01 답 ①** | 유리관의 양 끝에서 염화 수소와 암모니아 입자가 확산하여 퍼져 나간다. 이때 입자의 질량이 작은 암모니아 입자가 염화 수소 입자보다 더 빨리 확산되므로, 같은 시간 동안 더 멀리까지 이동할 수 있다.

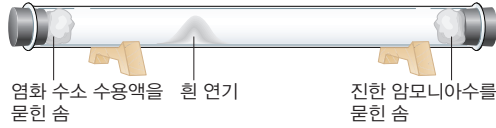
개념 바로 알기

ㄷ. 유리관 내부가 진공이라면 확산은 더 빨리 일어난다. 따라서 유리관에 공기가 있을 때보다 염화 암모늄의 흰 연기가 더 빨리 생긴다.

르. 온도를 높이면 두 물질의 입자는 더 빨리 확산한다. 두 입자의 확산 속도가 모두 빨라지지만 질량이 작은 입자가 더 빨리 확산되는 것은 변하지 않는다.

#### 자료 분석 확산

같은 시간 동안 가벼운 암모니아 입자가 무거운 염화 수소 입자보다 더 멀리까지 이동한다.



염화 수소 수용액을 묻힌 솜      흰 연기      진한 암모니아수를 묻힌 솜

염화 수소 입자는 무거워 천천히 확산한다.      흰 연기가 생긴 곳이 두 물질이 확산하다가 최초로 만난 지점이다.      암모니아 입자는 가벼워 빠르게 확산한다.

## 02 압력과 온도에 따른 기체의 부피 변화

### 개념 확인 Quiz

p.19

- 1 압력    2 반비례    3 증가    4 증가, 감소

### 자료 보고 개념 다지기

p.20~21

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○      02 ① 모든, ② 많을  
03 (1) A=B=C (2) C      04 (1) 증가 (2) 일정 (3) 일정  
05 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×      06 (1) 증가 (2) 증가 (3) 일정 (4) 증가  
07 보일 법칙    08 샤를 법칙    09 (1) 보일 (2) 샤를 (3) 보일 (4) 보일

- 01 기체의 압력은 모든 방향으로 작용하며, 용기에 충돌하는 횟수가 증가할수록 압력이 커진다. 또한 온도가 높아지면 입자의 운동 속도가 증가하므로 충돌 세기와 횟수가 증가한다.
- 03 A에서 C로 갈수록 압력은 늘어나고 부피는 줄어든다. 즉, 온도가 일정할 때 '압력×부피' 값은 항상 일정하다. 기체 입자의 충돌 횟수는 기체의 압력이 높을수록 증가한다.
- 04 온도가 일정할 때 압력을 높이면 기체의 부피가 줄어들면서 입자의 충돌 횟수가 늘어나 실린더 내부의 압력이 증가한다. 온도가 일정하므로 입자의 운동 속도 역시 일정하다.
- 05 압력이 일정할 때 온도가 낮아지면 기체 입자의 운동 속도가 느려지므로 입자가 용기의 벽에 충돌하는 세기와 횟수가 줄어들어 부피가 감소한다. 부피가 감소하므로 기체 입자 사이의 거리도 줄어든다.

06 압력이 일정할 때 온도가 높아지면 기체 입자의 운동 속도가 증가하면서 입자가 실린더 벽에 더 세게, 더 자주 충돌하여 기체의 부피가 증가한다. 그러나 입자의 질량이나 개수는 변하지 않는다.

07 압력에 따라 부피가 변하는 현상이므로 보일 법칙이다.

08 온도를 높였을 때 부피가 증가하는 현상이므로 샤를 법칙이다.

## 탐구 대표 문제

p.22~23

### 탐구 A

p.22

- 01 ③      02 해설 참조      03 ③

01 답 ③ | 온도가 일정할 때 피스톤을 누르면 외부 압력이 증가한다. 외부 압력이 증가하여 주사기 내부의 부피가 줄어들면 기체 입자가 주사기 벽에 충돌하는 횟수가 늘어나 주사기 내부의 압력이 증가한다.

#### 개념 바로 알기

③ 온도가 일정하므로 입자의 운동 속도는 변하지 않는다.

02 모범 답안 | 일정한 온도에서 기체의 압력과 부피는 반비례한다.

채점 기준	배점
기체의 온도, 압력, 부피, 반비례 등의 용어를 사용하여 답을 올바르게 서술한 경우	100 %
압력이 커지면 부피가 줄어든다고만 서술한 경우	50 %

03 답 ③ | 추의 개수를 추가하여 압력이 증가하면 실린더의 부피가 줄어들면서 입자 사이의 거리가 줄어들어 입자의 충돌 횟수가 증가한다. 따라서 실린더 내부의 압력이 증가한다.

#### 개념 바로 알기

- ① 기체의 압력은 부피가 줄어들었을 때가 더 크다.  
→ (가) < (나)
- ② 입자의 출입이 없으므로 입자의 개수는 변하지 않는다.  
→ (가) = (나)
- ④ 온도가 일정하므로 입자의 운동 속도는 변하지 않는다.  
→ (가) = (나)
- ⑤ 부피가 줄어들므로 기체 입자 사이의 거리는 줄어든다.  
→ (가) > (나)

### 탐구 B

p.23

- 01 ②      02 ㉠ 빨라(활발해), ㉡ 증가      03 ㉠



**01 답 ②** | 실험은 압력이 일정할 때 온도를 변화시킨 것이다. (가)에서 플라스크를 뜨거운 물에 넣으면 플라스크 속 기체 입자의 운동 속도가 빨라지고 부피가 증가하므로 풍선이 부풀어 오른다. (나)에서 플라스크를 얼음물에 넣으면 기체 입자의 운동 속도가 느려지면서 기체의 부피가 감소하므로 풍선의 크기가 줄어든다.

**개념 바로 알기**

② (가)와 (나)에서 기체가 외부로 출입하지 않으므로 기체 입자의 개수는 변함이 없다.

**02 답 ①** 빨라(활발해), ④ 증가 | 물의 온도가 높아지면 주사기 속 공기 입자의 운동 속도가 빨라지면서 입자가 충돌하는 횟수와 세기가 증가하여 공기의 부피가 증가한다.

**03 답 ①** | 일정한 압력에서 온도가 높아지면 기체의 부피는 일정한 비율로 증가한다.

**개념 바로 알기**

③ 이 그래프는 온도가  $0^{\circ}\text{C}$ 일 때 기체의 부피가 0이 되는 것을 나타낸 것이다. 기체의 부피는  $0^{\circ}\text{C}$ 일 때 0이 되지 않으며, 이론적으로는  $-273^{\circ}\text{C}$ 가 될 때 0이 된다. 그러나 모든 기체는  $-273^{\circ}\text{C}$ 가 되기 전에 액체 상태로 변하므로, 실제 기체의 부피가 0이 되는 것은 관찰할 수 없다.  
⑤ 이 그래프는 온도가 증가함에 따라 부피가 증가하는 것을 나타내고는 있지만, 일정한 비율로 증가하는 것이 아니다.

**실력 다지기** P.24~27

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

**01 답 ⑤** | 기체의 압력은 기체 입자가 용기 벽에 충돌하여 생기는 힘으로, 모든 방향으로 작용한다.

**개념 바로 알기**

⑤ 부피와 입자의 개수가 같을 때 기체 입자의 운동 속도가 느릴수록 입자의 충돌 세기와 횟수가 줄어들므로 기체의 압력이 감소한다.

**02 답 ③** | 풍선을 불면 풍선 속 기체 입자의 개수가 증가하므로 기체 입자가 풍선 벽에 충돌하는 횟수가 증가한다. 이에 따라 풍선 속 기체의 압력이 증가하며, 풍선이 커진다.

**개념 바로 알기**

- ① 풍선을 불면 풍선 속 공기의 압력이 증가한다.
- ② 풍선 속 기체 입자의 크기는 변하지 않는다.
- ④ 온도가 일정하므로 입자의 운동 속도는 일정하다.
- ⑤ 기체 입자의 개수가 늘어나므로 기체 입자가 풍선 벽면에 충돌하는 횟수가 증가한다.

**03 답 ③** | 용기 부피를 늘리거나, 입자 수가 줄어들면 입자가 용기 벽에 충돌하는 횟수가 줄어들므로 압력이 감소한다.

**개념 바로 알기**

- ㄱ. 용기를 가열하면 기체 입자의 운동 속도가 증가하므로 충돌 횟수와 세기가 커진다. 따라서 기체의 압력이 증가한다.
- ㄴ. 기체 입자가 용기 벽에 충돌하는 횟수가 증가하면 기체의 압력이 증가한다.

**04 답 ④** | 풍선 내부의 기체 입자는 끊임없이 운동하며 풍선 벽에 부딪힌다. 이 힘 때문에 기체의 압력이 생기며, 기체의 압력은 모든 방향에 같은 크기로 작용한다.

**개념 바로 알기**

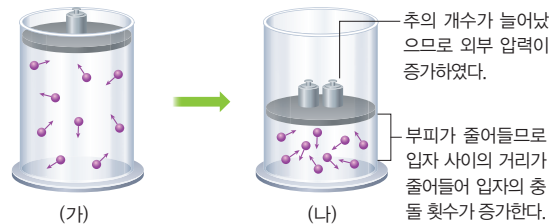
④ 온도를 높이면 풍선 내부 기체 입자의 운동 속도가 빨라져 충돌 횟수가 늘어나므로 풍선의 부피는 커진다.

**05 답 ④** | 부피가 줄어들므로 입자 사이의 거리는 가까워진다.

**개념 바로 알기**

- ①, ② 입자의 크기와 질량은 압력과 온도가 변하더라도 변하지 않는다.
- ③ 입자의 운동 속도는 온도에 의해서만 변한다. 문제에서 온도가 일정하므로 입자의 운동 속도는 변하지 않는다.
- ⑤ 부피가 줄어들면 입자가 실린더 벽에 충돌하는 횟수가 증가하여 실린더 내부의 압력이 커진다.

**자료 분석** 기체의 압력과 부피



• 입자의 개수, 질량, 운동 속도는 변하지 않는다.

**06 답 ①** | 온도가 일정할 때 압력이 높아지면 기체의 부피는 감소한다. 즉, 압력과 부피는 서로 반비례한다.

**07 답 ③** | 보일 법칙에서 ‘압력×부피’ 값은 일정하다. 1 기압 일 때 부피가 60 mL이므로,  $1 \times 60 = 2.5 \times \text{㉠}$ ,  $\text{㉠} = 24 \text{ mL}$  이다.

**08 답 ⑤** | 주사기 끝을 막고 피스톤을 누르면 외부 압력이 증가하여 주사기 내부의 부피가 줄어든다. 따라서 주사기 내부 기체 입자 사이의 거리가 가까워져 기체 입자의 충돌 횟수가 늘어나고, 압력이 증가한다.

**개념 바로 알기**

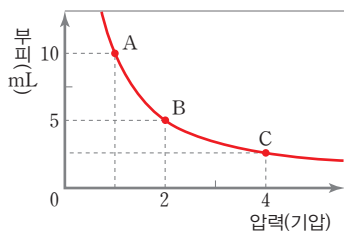
- ①, ② 기체 입자의 개수와 질량은 변하지 않는다.
- ③, ④ 누르는 외부 압력이 커지므로 주사기 내부 기체의 부피가 감소하고, 기체 입자 사이의 거리가 가까워진다.

**09 답 ④** | 보일 법칙을 나타낸 그래프로, 온도가 일정할 때 기체의 압력과 부피는 반비례한다. A, B, C로 갈수록 기체의 압력은 증가하고, 기체의 부피는 줄어든다. 따라서 기체 입자의 충돌 횟수는 기체의 부피가 가장 작은 C에서 가장 많으며, 충돌 횟수가 많으므로 기체의 압력은 가장 높다.

**개념 바로 알기**

- ① 기체의 압력과 부피는 서로 반비례 관계이다.
- ② 각 점에서 ‘기체의 압력×부피’ 값은 항상 일정하다. B에서 2 기압, 5 mL이므로,  $2 \text{ 기압} \times 5 \text{ mL} = x \text{ 기압} \times 10 \text{ mL}$ , 따라서 A에서의 압력은 1 기압이다.
- ③ 기체의 압력이 5 기압이면,  $2 \text{ 기압} \times 5 \text{ mL} = 5 \text{ 기압} \times x \text{ mL}$ , 즉, 5 기압일 때 기체의 부피는 2 mL이다.
- ⑤ C → B → A로 갈수록 기체의 부피가 증가하므로 기체 입자가 용기 벽에 충돌하는 횟수는 감소한다. 그러나 온도가 일정하므로 입자의 운동 속도는 일정하다.

**자료 분석 보일 법칙 그래프**



A: 기체의 압력 1 기압, 부피 10 mL  
 B: 기체의 압력 2 기압, 부피 5 mL  
 C: 기체의 압력 4 기압, 부피 2.5 mL

**10 답 ①, ④** | 잠수부가 내뿜은 공기 방울은 수면으로 올라오며 따라 외부 압력이 줄어들므로 커진다. 헬륨 풍선이 하늘로 올라가면 대기압이 줄어들므로 점점 커진다.

**개념 바로 알기**

- ② 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물에 넣으면 부피가 늘어나므로 퍼진다. → 샤를 법칙

③ 음식 냄새가 퍼지는 것은 확산이다.

⑤ 공기를 가열하면 공기 부피가 커지므로 열기구가 팽창하여 위로 떠오른다. → 샤를 법칙

**11 답 ③** | 온도가 일정할 때 ‘기체의 압력×부피’는 일정하다.  $1 \text{ 기압} \times 200 \text{ mL} = 2 \text{ 기압} \times x \text{ mL}$ , 따라서 기압이 2 기압으로 커지면 부피는 100 mL로 줄어든다.

**12 답 ④** | 감압 용기의 공기를 빼내면 용기의 압력이 감소한다. 용기의 압력은 과자 봉지의 외부 압력이다. 따라서 ‘외부 압력 감소 → 과자 봉지의 부피 증가 → 과자 봉지 속 기체 입자의 충돌 횟수 감소 → 과자 봉지의 압력 감소’가 된다.

**개념 바로 알기**

- ①, ② 감압 용기의 공기를 빼내면 공기 입자의 개수가 줄어들어 감압 용기 속 공기 입자가 용기 벽에 충돌하는 횟수가 줄어들므로 압력이 감소한다.
- ③ 온도가 일정하므로, 입자의 운동 속도도 변하지 않는다.
- ⑤ 감압 용기 속 공기 입자가 용기 벽에 충돌하는 횟수가 줄어들어 감압 용기의 압력이 감소한다.

**13 답 ③** | 압력이 일정할 때 온도를 높이면 기체 입자의 운동 속도가 빨라지고, 입자의 충돌 횟수와 세기가 증가하여 기체의 부피가 증가한다.

**개념 바로 알기**

- ①, ② 기체 입자의 개수나 크기는 변하지 않는다.
- ④ 부피가 증가하므로 입자 사이의 거리가 멀어진다.

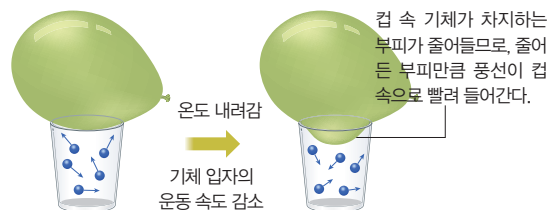
**14 답 ②** | 온도가 내려가면 기체 입자의 운동 속도가 느려지면서 입자가 용기 벽에 충돌하는 세기가 약해져 기체의 부피가 감소한다.

**15 답 ③** | 컵을 뜨거운 물에 담갔다가 꺼내면 컵 속 기체의 온도가 높아진다. 이 컵에 풍선을 놓고 시간이 지나면, 컵 속 공기의 온도가 내려가면서 기체 입자의 운동 속도가 느려져 부피가 줄어들고, 풍선이 컵 속으로 빨려 들어간다.

**개념 바로 알기**

- ③ 기체 입자의 개수는 변하지 않는다.

**자료 분석 기체의 온도와 부피**



**16** **답** ⑤ | 일정한 압력에서 온도가 높아지면 기체의 부피는 일정한 비율로 증가한다.

**17** **답** ④ | 압력이 일정할 때  $A \rightarrow B \rightarrow C$ 로 갈수록 온도가 높아지므로 기체 입자의 운동 속도가 빨라져 기체 입자가 용기 벽에 충돌하는 세기가 강해진다.

**개념 바로 알기**

- ① 기체의 부피는 C에서 가장 크다.
- ② 기체 입자의 크기는 변하지 않고 일정하므로 A, B, C에서 모두 같다.
- ③  $A \rightarrow C$ 로 갈수록 기체의 부피가 증가하므로 입자 사이의 거리는 멀어진다.
- ⑤ C에서 온도가 가장 높으므로 기체 입자의 운동 속도가 가장 빠르다.

**18** **답** ② | 기체의 온도와 부피 관계를 나타낸 샤를 법칙이다.

**개념 바로 알기**

② 높은 산에 올라가면 대기압이 낮아지면서 과자 봉지의 부피가 커져 부풀어 오른다. → 보일 법칙

**19** **답** ⑤ | 온도가 일정할 때 압력이 2배가 되면 기체의 부피는 절반인 0.5배가 되며, 부피가 줄어들므로 기체 입자의 충돌 횟수는 2배로 늘어나, 기체의 압력도 2배로 커진다. 입자의 개수나 질량, 크기는 변하지 않는다.

**20** **답** ⑤ | (가)에서 인형을 뜨거운 물에 담그면 인형 내부 기체의 부피가 증가하므로, 공기 일부가 밖으로 빠져 나온다. (나)에서 인형을 찬물에 넣으면, 인형 내부 기체의 부피가 줄어들므로, 줄어든 부피만큼 찬물이 내부로 들어온다. 이때 온도가 내려가므로 기체 입자의 운동 속도가 줄어든다. (다)에서 인형에 뜨거운 물을 부으면 인형 내부 기체의 부피가 증가하므로 인형 내부에 있는 찬물이 밖으로 빠져 나온다. 부어 주는 물이 뜨거울수록 인형 내부 기체의 부피가 빨리, 많이 증가하므로 물줄기가 더 세진다.

**서술형 다지기**

P.28

**01** **모범 답안** 풍선 속 기체 입자의 개수가 증가하면서 기체 입자가 풍선 벽에 충돌하는 횟수가 증가한다. 따라서 풍선 속 공기의 압력이 증가하여 풍선의 크기가 커진다.

채점 기준	배점
입자의 개수 증가, 충돌 횟수 증가를 포함하여 답을 옳게 서술한 경우	100 %
입자의 개수나 충돌 횟수 중 하나만 사용하여 답을 서술한 경우	50 %

**02** **모범 답안** (1) 풍선의 크기가 커진다.

(2) 감압 용기 내부의 압력이 감소하여 풍선 속 기체의 부피가 증가하기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	풍선의 크기 변화를 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	감압 용기 내부 압력이 감소하여 풍선 속 기체의 부피가 증가한다고 옳게 서술한 경우	70 %

**03** **모범 답안** 외부 압력이 증가하면 기체의 부피가 감소하여 기체 입자의 충돌 횟수가 증가하므로 기체의 압력이 증가한다.

채점 기준		배점
용어를 모두 포함하여 옳게 서술한 경우		100 %
부피가 줄어들어 입자의 충돌 횟수가 증가한다고만 서술한 경우		60 %
압력이 커져 부피가 줄어든다고만 서술한 경우		40 %

**04** **모범 답안** (1) (가) 3, (나) 15

(2) 온도가 일정할 때 기체의 부피는 압력에 반비례한다. | 온도가 일정할 때 ‘기체의 압력 × 부피’ 값은 일정하다.  
 $1\text{기압} \times 60\text{ mL} = 2\text{기압} \times 30\text{ mL} = (\text{가})\text{ 기압} \times 20\text{ mL} = 4\text{기압} \times (\text{나})\text{ mL}$ 가 성립한다.

채점 기준		배점
(1)	(가), (나)의 값을 옳게 쓴 경우	각 20 %
(2)	답을 옳게 서술한 경우	60 %

**05** **모범 답안** 온도가 낮아지면 풍선 내부 기체의 입자 운동 속도가 느려지면서, 기체 입자가 풍선 안쪽에 충돌하는 세기와 횟수가 감소하므로 풍선이 작아진다.

채점 기준		배점
입자 운동이 느려져 충돌 세기가 감소한다는 것을 옳게 서술한 경우		100 %
입자 운동이 느려진다고만 서술한 경우		50 %

**06** **모범 답안** 온도가 높아지면 탁구공 속 기체 입자의 운동이 활발해져서 기체의 부피가 증가하므로 탁구공이 다시 퍼진다.

채점 기준		배점
입자 운동 활발, 기체의 부피 증가를 포함하여 답을 옳게 서술한 경우		100 %
온도가 높아지면 기체의 부피가 커진다고만 서술한 경우		50 %

**개념 한 걸음 더**

P.29

**01** L, D



**01** **답** L, C | (가)는 압력이 일정한 상태에서 부피가 증가한 것이므로 온도가 높아진 것을 나타내고, (나)는 온도가 일정한 상태에서 부피가 증가한 것이므로 외부 압력이 줄어든 것을 나타낸다.

**개념 바로 알기**

ㄱ. (가), (나)에서 모두 기체 입자의 질량, 입자의 크기, 개수는 변하지 않는다.

ㄴ. (나)는 온도가 일정하므로 기체 입자의 운동 속도는 변하지 않는다. 따라서 기체 입자가 실린더 벽에 충돌하는 세기는 일정하다.

## II | 물질의 상태 변화

### 03 물질의 세 가지 상태와 상태 변화

**개념 확인 Quiz**

p.31

1 냉각, 가열      2 ○      3 멀어      4 ×

**자료 보고 개념 다지기**

p.32-33

**01** (1) 융해 (2) 기화 (3) 기화 (4) 승화(고체 → 기체) (5) 승화(고체 → 기체) (6) 융해 (7) 기화 (8) 승화(고체 → 기체) (9) 융해 (10) 기화

**02** ① 고체, ② 기화, ③ 열      **03** (1) 응고 (2) 액화 (3) 액화 (4) 승화(기체 → 고체) (5) 승화(기체 → 고체) (6) 응고 (7) 액화 (8) 응고 (9) 액화

**04** ① 응고, ② 액화, ③ 규칙적, ④ 가까워진다      **05** (1) 기체 (2) 고체 (3) 액체 (4) 기체 (5) 고체      **06** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○

**07** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○

**08** ① 활발, ② 멀어, ③ 증가, ④ 성질(질량), ⑤ 질량(성질)

**01** 고체가 액체로 되는 것은 융해, 액체가 기체로 되는 것은 기화, 고체가 기체로 되는 것은 승화이다.

**02** 물질의 상태가 변하는 원인은 온도와 압력이며, 주로 온도에 의해 변한다. 즉, 열을 흡수하여 온도가 높아지거나, 열을 방출하여 온도가 내려가면 물질의 상태가 변한다.

**03** 주전자에 물을 끓이면 물이 기화하여 수증기가 되고, 수증기는 공기 중에서 액화하여 작은 물방울인 김이 된다. 기체인 수증기는 눈에 보이지 않지만, 액체인 김은 하얗게 보인다.

**05** 물질은 상태에 따라 입자 배열이 다르다. 고체는 입자가 제 자리에서 진동하며, 입자 사이의 거리가 매우 가깝고 규칙적으로 배열되어 있다. 입자가 비교적 자유롭게 움직이는 것은 액체이며, 입자 사이의 거리가 매우 먼 것은 기체이다.

**06** (가)는 액체, (나)는 고체, (다)는 기체 상태의 입자 배열을 나타낸 것이다.

**07** (가)는 승화(고체 → 기체), (나)는 승화(기체 → 고체), (다)는 융해, (라)는 응고, (마)는 기화, (바)는 액화이다. (가)에서는 입자 운동이 활발해지며, (마)에서는 입자 사이의 거리가 멀어진다. 상태 변화가 일어날 때 입자의 종류나 질량, 개수는 변하지 않는다.

**08** 상태 변화가 일어날 때 입자 운동, 입자 배열, 입자 사이의 거리가 변하므로 물질의 부피가 변한다. 그러나 입자의 종류와 질량, 개수 등은 변하지 않으므로 물질의 질량과 성질은 변하지 않는다.

### 탐구 대표문제

p.35

**01** (1) 붉은색 (2) 기화, 액화 (3) 붉은색 (4) 성질

**02** ②, ③

**03** A: (바), B: (마)

**04** ⑤

**05** ⑤

**02** **답** ②, ③ | 물을 가열하면 기화되어 수증기가 된다. 수증기는 비커 위의 차가운 시계 접시에 닿아 액체인 물로 액화된 다. A, B에서 푸른색 염화 코발트 종이의 색이 붉게 변하는 것으로 보아 물이 상태 변화를 해도 성질이 변하지 않는 것을 알 수 있다.

**개념 바로 알기**

② B에서는 액체인 물이 수증기로 변하는 기화가 일어나고, A에서는 기체인 수증기가 물로 변하는 액화가 일어난다.

③ A의 액체는 비커 속 물이 상태 변화 하여 생긴 것이다.

**03** **답** A: (바), B: (마) | (가)와 (나)는 승화, (다)는 융해, (라)는 응고, (마)는 기화, (바)는 액화이다. A에서는 액화, B에서는 기화가 일어난다.

**04** **답** ⑤ | 알루미늄 포일의 구멍 바로 윗부분에서는 플라스틱 속 물이 끓어 기화된 수증기가 나오고, 김이 생기는 부분에서는 수증기가 액화되어 작은 물방울이 된다. (가)에서는 물이 수증기로 기화되고, (나)에서 생긴 김은 액체 상태이다. (가), (나)에서 물은 '액체 → 기체 → 액체'로 상태 변화 하며, (가)와 (나)에서 모두 푸른색 염화 코발트 종이가 붉게 변하는 것으로 보아 물의 성질은 변하지 않는다.

**05 답** ⑤ | (나)에서 생기는 김은 기체가 액체로 액화한 것이다. 겨울철 추운 밖에 있다가 실내로 들어오면 안경에 김이 서리는데, 이것은 실내의 따뜻한 공기가 차가운 안경 표면에 닿아 액화하기 때문이다.

**개념 바로 알기**

- ① 고체인 버터는 열을 가하면 용해되어 액체 상태로 된다.
- ② 어항 속 물이 증발하는 것은 기화이다.
- ③ 나뭇잎에 서리가 생기는 것은 공기 중의 수증기가 고체인 얼음으로 승화한 것이다.
- ④ 고체 드라이아이스는 액체 상태를 거치지 않고 바로 기체로 승화한다.

**실력 다지기** P.36~39

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

**01 답** ② | 액체는 흐르는 성질이 있어 담는 그릇에 따라 모양이 변하지만 부피는 일정하다. 이에 비해 기체는 담는 그릇에 따라 모양과 부피가 모두 변한다.

**02 답** ⑤ | (가)는 액체, (나)는 고체, (다)는 기체 상태의 물질이다. 액체와 기체는 흐르는 성질이 있다.

**개념 바로 알기**

- ① 액체는 담는 그릇에 따라 모양이 변한다.
- ② 고체는 모양과 부피가 일정하며, 사방으로 퍼지는 성질이 있는 것은 기체이다.
- ③ 기체는 담는 그릇에 따라 모양과 부피가 모두 변한다.
- ④ 액체는 담는 그릇에 따라 모양이 변하지만, 고체는 모양이 변하지 않는다.

**03 답** ① | 물질은 상태에 따라 고체, 액체, 기체로 구분한다.

**04 답** ④ | 실온에서 흐르는 성질이 있고, 쉽게 압축되는 것은 기체이다. 헬륨, 공기, 수소, 탄소, 이산화 탄소는 기체이다.

**05 답** ④ | A는 응고, B는 용해, C는 기화, D는 액화, E와 F는 승화이다.

**06 답** ③, ⑤ | 손등에 바른 알코올이 마르는 것은 기화(C), 그늘에 있는 눈사람의 크기가 작아지는 것은 '고체 → 기체'로 승화(E)이다.

**개념 바로 알기**

- ① 양초가 녹아 촛농으로 흘러내리는 것은 용해(B)이다.
- ② 공기 중의 수증기가 차가운 컵 표면에서 액화(D)되어 물로 상태가 변해 컵 표면에 물방울이 맺힌다.
- ④ 성에는 공기 중에 있는 기체 상태의 수증기가 차가운 유리창에서 승화(F)되어 생긴다.

**07 답** ③ | 물을 담은 비커를 가열하면 비커의 물이 기화된다. 기화된 수증기는 차가운 시계 접시에 닿아 물로 액화되어 시계 접시 아래에 물방울로 맺힌다. 이때 비커의 물과 시계 접시 아래에 생긴 물방울에 각각 푸른색 염화 코발트 종이를 대면 둘 다 붉게 변하는데, 이것으로 상태가 변할 때 물의 성질이 변하지 않는 것을 알 수 있다.

**개념 바로 알기**

③ 시계 접시 안에 담긴 얼음은 용해되어 물로 변하는데, 이 물은 시계 접시 안에만 있다. 시계 접시 아래에 생긴 물방울은 비커의 물이 기화된 후 다시 액화되어 생긴 것이다.

**08 답** ② | 주전자에 물을 담아 가열하면 물이 기화되어 수증기가 되어 주전자 주둥이로 빠져 나온다. 기체 상태의 수증기는 눈에 보이지 않으며, 이 수증기가 공기 중에서 액화되어 작은 물방울이 되면 김으로 눈에 보인다. 풀잎에 이슬이 맺히는 것은 수증기가 액화되는 것으로, 김이 생기는 것과 같은 상태 변화를 한다.

**09 답** ③ | 초콜릿이 녹는 것은 용해, 고드름이 생기는 것은 응고, 마그마가 굳는 것은 응고, 성에가 생기는 것은 승화이다.

**10 답** ③ | 아이오딘은 승화를 하는 물질이다. 고체 아이오딘을 가열하면 기체로 승화되어 아이오딘 증기가 되며, 이 증기가 찬물이 든 플라스크에 닿으면 고체로 승화된다. 즉, 비커 내에서는 '고체 → 기체'로 승화(A → B), '기체 → 고체'로 승화(B → C)되는 상태 변화가 두 번 일어난다. 승화를 하는 물질에는 드라이아이스와 나프탈렌 등이 있다.

**11 답** ④ | (가)는 액체, (나)는 기체, (다)는 고체 상태이다. 기체는 압력에 의해 부피가 쉽게 변한다.

**개념 바로 알기**

- ① 입자 사이의 거리가 매우 먼 것은 기체이다.
- ② 입자가 제자리에서 진동 운동을 하는 것은 고체이다.
- ③ 입자 배열이 매우 규칙적인 것은 고체이다.
- ⑤ 입자 운동이 활발한 정도는 '(다) < (가) < (나)'이다.

**12 답** ③ | 실온에서 입자 사이의 거리가 매우 멀고 입자 배열이 불규칙한 것은 기체이다.

- 13** **답** ① | A, C, E의 상태 변화를 할 때는 입자 사이의 거리가 멀어지고 입자 운동이 활발해지면서 입자 배열이 불규칙해진다. B, D, F의 상태 변화를 할 때는 입자 사이의 거리가 가까워지고, 입자 운동이 둔해지면서 입자 배열이 규칙적으로 변한다.

**개념 바로 알기**

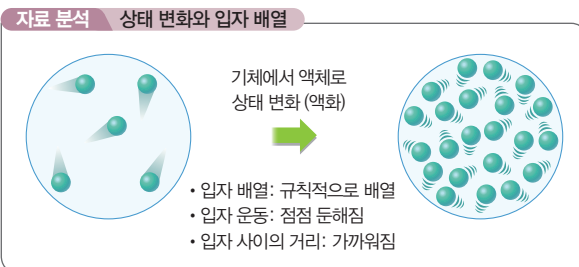
- ② B는 기체가 고체로 승화한 것으로, 입자 운동이 둔해진다.
- ③ D는 액체가 고체로 응고한 것으로, 입자의 배열이 규칙적으로 변한다.
- ④ F는 기체가 액체로 액화한 것으로 부피가 감소한다.
- ⑤ 물질이 F, D의 과정으로 상태 변화하면 ‘기체 → 액체 → 고체’가 되며, 상태가 변하더라도 입자의 크기는 변하지 않는다.

- 14** **답** ② | 서리는 공기 중의 수증기가 차가운 나뭇잎 표면에 닿아 승화하여 얼음으로 된 것이다.

- 15** **답** ⑤ | 기체가 액체로 변하는 액화를 나타낸 모형이다. 추운 날 실내에 들어가면 안경이 뿌옇게 흐려지는 것은 공기 중의 수증기가 안경 표면에서 물로 액화되기 때문이다.

**개념 바로 알기**

- ① 촛농이 흘러내리며 굳는 것은 응고이다.
- ② 버터가 녹는 것은 용해이다.
- ③ 젖은 빨래에 있는 액체 상태의 물은 기화되어 수증기가 되므로 빨래가 마른다.
- ④ 얼음 크기가 줄어드는 것은 고체가 기체로 변하는 승화이다.



- 16** **답** ①, ③ | 입자 운동이 활발해지고, 입자 사이의 거리가 멀어지는 상태 변화는 기화, 용해, 승화(고체 → 기체)이다. 버터가 녹는 것은 용해, 알코올이 마르는 것은 기화이다.

**개념 바로 알기**

- ② 쇠물이 굳는 것은 응고이다.
- ④ 찬물이 든 컵 표면에 물방울이 맺히는 것은 공기 중의 수증기가 액화되어 물이 된 것이다.

- ⑤ 상고대는 공기 중의 수증기가 차가운 나무 표면에서 승화되어 고체인 얼음이 된 것이다.

- 17** **답** ③ | 액체 아세톤이 기체로 기화되므로 입자 운동이 활발해진다.

**개념 바로 알기**

- ①, ② 상태 변화가 일어날 때 입자의 개수와 크기는 변하지 않으므로 상태 변화 전후에 질량은 일정하다.
- ④ 기화될 때는 입자 사이의 거리가 멀어진다.
- ⑤ 아세톤이 기화될 때 입자 배열과 입자 운동은 변하지만 입자 자체는 변하지 않으므로 입자의 크기는 일정하다.

- 18** **답** ④ | 상태 변화가 일어날 때 물질의 부피, 입자의 운동, 입자 사이의 거리는 변하지만, 입자의 크기와 질량, 개수는 일정하므로 물질의 질량과 성질은 변하지 않는다.

- 19** **답** ⑤ | 액체 양초가 고체 양초가 될 때 입자 운동이 둔해지고, 입자 사이의 거리가 가까워지므로 부피가 줄어든다.

**개념 바로 알기**

- ① 액체 양초가 응고되는 것은 ‘액체 → 고체’로 상태 변화하는 것이므로 부피가 줄어든다.
- ②, ③ 물질이 상태 변화 할 때 입자의 개수와 크기가 변하지 않으므로 물질의 질량은 일정하다.
- ④ 액체 양초가 응고될 때는 입자의 배열이 규칙적해진다.

- 20** **답** ③ | 물을 제외한 물질은 ‘고체 → 액체 → 기체’로 상태가 변할 때 부피가 증가한다. 이때 부피가 증가하는 정도는 (고체 → 액체) < (액체 → 기체) < (고체 → 기체) 순이다. 물은 고체에서 액체가 될 때 부피가 감소한다.

나프탈렌의 크기가 줄어드는 것은 ‘고체 → 기체’로 승화하는 것으로 부피가 크게 증가한다.

**개념 바로 알기**

- ① 촛농이 굳는 것은 ‘액체 → 고체’로의 상태 변화로, 부피가 줄어든다.
- ② 버터가 녹는 것은 ‘고체 → 액체’로의 상태 변화로, 부피가 약간 늘어난다.
- ④ 안개가 끼는 것은 ‘기체 → 액체’로의 상태 변화로, 부피가 줄어든다.
- ⑤ 안경이 뿌옇게 흐려지는 것은 수증기가 물로 액화되는 것으로, 부피가 줄어든다.

- 21** **답** ③ | 마당에 뿌린 물이 마르는 것은 기화, 눈사람의 크기가 작아지는 것은 승화(고체 → 기체)이므로 입자 운동이 활발해지는 상태 변화이다.

개념 바로 알기

- ① 상태가 변하더라도 물질의 성질은 변하지 않는다.  
 ②, ④, ⑤ 기화와 승화(고체 → 기체)할 때 물질의 부피는 증가하고, 입자 사이의 거리는 멀어지며, 입자 배열은 불규칙해진다.

**22 답** ②, ③ | (가)에서 얼음은 물로 용해되고, (나)에서 드라이아이스는 고체에서 기체로 승화된다. 승화될 때 물질은 액체 상태를 거치지 않고 고체에서 바로 기체가 된다. (가), (나)에서 모두 질량은 변하지 않는다.

개념 바로 알기

- ① (가)에서는 용해가 일어난다.  
 ④ (가)에서 얼음이 물이 되면 부피가 줄어들고, (나)에서 드라이아이스가 승화하면 부피가 크게 늘어난다.  
 ⑤ 물은 얼음이 될 때 입자가 육각형 구조를 이루며 규칙적으로 배열되므로 부피가 늘어난다. 따라서 입자 사이의 거리는 얼음이 물보다 약간 더 멀다. 물을 제외한 대부분의 물질은 고체일 때 입자 사이의 거리가 가장 가깝다. 따라서 (나)에서는 입자 사이의 거리가 멀어진다.

**23 답** ③ | 액체 아세톤이 기화되면서 입자 사이의 거리가 멀어지고 입자 배열이 불규칙적으로 변한다.

개념 바로 알기

- ① 기체에서 액체로의 상태 변화를 나타낸 것이다.  
 ② 액체에서 기체로의 상태 변화를 나타낸 것이다. 그러나 입자의 색이 다른 것으로 보아 입자의 종류가 변했음을 알 수 있다. 물질이 상태 변화 할 때 입자의 종류는 일정하다.  
 ④ 고체에서 액체로의 상태 변화를 나타낸 것이다.  
 ⑤ 액체에서 기체로의 상태 변화를 나타내고 있으나, 입자의 크기가 변했다. 물질이 상태 변화 할 때 입자의 크기는 일정하다.

서술형 다지기

p.40

- 01 모범 답안** (1) (가) 용해, (나) 액화, (다) 승화(기체 → 고체)  
 (2) 가열 과정: (가), 냉각 과정: (나), (다)  
**02 모범 답안** (1) 물은 거의 압축되지 않지만, 공기는 쉽게 압축된다.  
 (2) 액체인 물은 입자 사이의 거리가 비교적 가까워 거의 압축되지 않으나, 기체인 공기는 입자 사이의 거리가 매우 멀어 힘을 주면 쉽게 압축된다.

채점 기준		배점
(1)	물과 공기가 압축되는 정도를 옳게 비교한 경우	40 %
(2)	입자 사이의 거리를 비교하여 옳게 서술한 경우	60 %

**03 모범 답안** 상태 변화가 일어나도 물질의 성질은 변하지 않는다.

**04 모범 답안** (1) 승화(고체 → 기체)  
 (2) 드라이아이스가 고체에서 기체로 승화하면서 입자 운동이 활발해지면서 입자 사이의 거리가 멀어져 부피가 증가하므로 비닐봉지가 부풀어 오른다.

채점 기준		배점
(1)	승화를 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	제시된 용어를 모두 사용하여 옳게 서술한 경우	80 %
	입자 사이의 거리가 멀어진다고만 서술한 경우	30 %

**05 모범 답안** 물을 제외한 대부분의 물질은 액체에서 고체로 응고될 때 부피가 감소한다. 따라서 원하는 크기의 활자를 만들기 위해서는 거푸집이 활자의 크기보다 약간 커야 한다.

채점 기준		배점
상태 변화를 포함하여 답을 정확히 서술한 경우		100 %
물질의 부피가 줄어들기 때문이라고만 서술한 경우		50 %

개념 한 걸음 더

p.41

**01 ① 02 (가) 부피가 감소한다. (나) 부피가 증가한다.**

**01 답** ① | 입자 사이의 인력이 강해지는 상태 변화는 응고, 액화, 승화(기체 → 고체)이다. 성애가 생기는 것은 공기 중의 수증기가 얼음이 되는 승화이다.

개념 바로 알기

- ②, ④ 이슬이 사라지고, 물이 마르는 것은 기화이다.  
 ③ 버터가 녹는 것은 용해이다.  
 ⑤ 얼음 크기가 줄어드는 것은 승화(고체 → 기체)이다.

**02** 물은 다른 물질과는 달리 고체에서 액체가 될 때 부피가 줄어든다. 드라이아이스는 고체에서 기체로 승화할 때 부피가 크게 증가하여 비닐봉지가 부풀어 오른다.

+ 플러스 특강 상태 변화에 따른 물질의 부피 변화

- 일반적인 물질: '고체 → 액체 → 기체'로 상태 변화 할 때 부피가 증가한다.

용해, 기화, 승화(고체 → 기체)	응고, 액화, 승화(기체 → 고체)
부피 증가 → 입자 사이의 거리가 멀어지기 때문	부피 감소 → 입자 사이의 거리가 가까워지기 때문

- 물: 물은 예외적으로 액체에서 고체가 될 때 부피가 증가한다.



## 04 상태 변화와 열에너지

### 개념 확인 Quiz

p.43

- 1 기화 2 둔, 규칙, 가까워 3 낮아 4 ×

### 자료 보고 개념 다지기

p.44~45

- 01 (1) B, C, E (2) A, D, F (3) B, C, E (4) A, D, F (5) B, C, E  
 02 ① 흡수, ② 융해열, ③ 기화열 03 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○  
 (5) × (6) ○ 04 ① 2, ② 상태 변화, ③ 상태 변화  
 05 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) × 06 ① 규칙적, ② 방출,  
 ③ 응고열 07 (1) 융해열 흡수 (2) 기화열 흡수  
 (3) 승화열 흡수 (4) 응고열 방출 (5) 액화열 방출 (6) 기화열 흡수  
 (7) 응고열 방출 (8) 기화열 흡수 08 L, R, D, B

01 융해, 기화, 승화(고체 → 기체)로 상태 변화 하는 동안 열에너지를 흡수하며, 이때 입자 운동이 활발해지면서 입자 배열이 불규칙해진다. 액화, 응고, 승화(기체 → 고체)로 상태 변화 하는 동안 열에너지를 방출하며, 이때 입자 운동이 둔해지면서 입자 배열이 규칙적으로 변한다.

03 고체 물질을 가열할 때 첫 번째 온도가 일정한 구간에서는 물질이 고체에서 액체로 상태 변화 하며, 이 때의 온도가 녹는점이다. 두 번째 온도가 일정한 구간에서는 물질이 액체에서 기체로 상태 변화 하며, 이 때의 온도가 끓는점이다. 가열하는 동안 물질은 계속 열을 흡수하여 온도가 높아지는데, 상태가 변하는 동안에는 흡수한 열에너지가 상태 변화에 사용되므로 온도가 올라가지 않고 일정하다.

05 어떤 액체 물질을 냉각하는 동안 온도가 일정한 구간(B)에서 액체가 고체로 상태 변화 하며, 이 때의 온도가 어는점이다. 물질을 냉각할 때 물질은 열에너지를 방출하므로 온도가 낮아지는데, 상태 변화가 일어날 때는 방출하는 열에너지가 물질의 온도가 낮아지는 것을 막기 때문에 온도가 내려가지 않고 일정하다.

07 융해, 기화, 승화(고체 → 기체)가 일어날 때는 열에너지를 흡수하므로 주변의 온도가 내려간다. 응고, 액화, 승화(기체 → 고체)가 일어날 때는 열에너지를 방출하므로 주변의 온도가 올라간다.

08 찻농이 굳는 것은 응고열 방출, 고드름이 녹는 것은 융해열 흡수, 스팀 난방은 액화열 방출, 마당에 물을 뿌리는 것은 기화열 흡수, 얼음 조각상 옆에서 시원한 것은 융해열 흡수, 수영하다 밖으로 나왔을 때 추운 것은 기화열 흡수이다.

## 탐구 대표문제

p.46~47

### 탐구 A

p.46

01 ②, ③

02 해설 참조

03 ①, ⑤

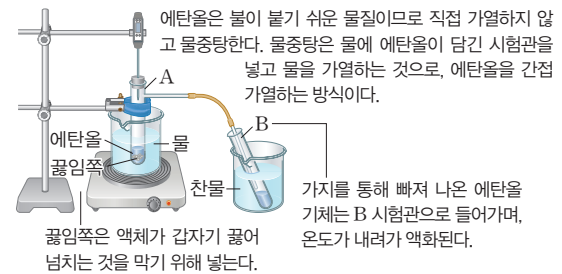
01 답 ②, ③ | 에탄올을 가열하면 에탄올의 온도가 높아지다가 온도가 일정한 (나) 구간에서 기체로 상태 변화 한다. 이때 (나) 구간의 온도인 78°C가 에탄올의 끓는점이다.

#### 개념 바로 알기

② 시험관 A에서는 에탄올이 끓어 기체로 기화된다. 기화된 에탄올 기체는 B 시험관으로 들어간다. B 시험관은 찬물에 담겨 있으므로 에탄올 증기는 B 시험관에서 액체로 액화된다. 따라서 A에서는 열에너지를 흡수하는 상태 변화가, B에서는 열에너지를 방출하는 상태 변화가 일어난다.

③ 에탄올을 가열하면 열에너지를 흡수하여 에탄올의 온도가 높아지다가 끓기 시작하면 흡수한 열에너지가 에탄올이 기체로 상태 변화 하는데 사용되므로 온도가 일정해진다. 따라서 에탄올이 기화열을 흡수하는 구간은 (나)이다.

#### 자료 분석 에탄올 가열



02 모범 답안 가해 준 열에너지가 에탄올이 액체에서 기체로 상태 변화 하는 데 사용되기 때문이다.

03 답 ①, ⑤ | (나) 구간에서는 기화열이 흡수된다. 마당에 물을 뿌리거나, 물수건으로 몸을 닦으면 물이 증발하면서 기화열을 흡수하기 때문에 주변 온도가 낮아진다.

#### 개념 바로 알기

② 아이스박스에 얼음을 채우면 얼음이 녹으면서 융해열을 흡수하므로 음식을 차갑게 보관할 수 있다.

③ 냉방이 잘된 곳에서 밖으로 나오면 공기 중의 수증기가 몸에 닿아 물로 액화되면서 액화열을 방출하므로 후텁지근하게 느껴진다.

④ 아이스크림을 포장할 때 드라이아이스를 넣으면 고체 드라이아이스가 기체로 승화하면서 승화열을 흡수하므로 아이스크림이 녹지 않는다.



01 (1) 액체 (2) 상태 변화(응고), 어는점 (3) 액체 + 고체

02 해설 참조 03 ⑤

01 물을 냉각하면 온도가 내려가다가 일정한 구간이 나오는데, 이때 물이 얼음으로 상태 변화를 한다. 0~2분 사이에는 온도가 계속 내려가므로 물은 액체 상태이고, 3~7분 사이에는 온도가 일정하므로 상태 변화가 일어난다. 이 구간에서 물은 '액체 + 고체' 상태로 존재한다.

02 **모범 답안** 물이 액체에서 고체로 상태 변화 하면서 응고열을 방출하여 온도가 내려가는 것을 막기 때문이다.

03 **답** ⑤ | 액체를 냉각할 때 액체의 온도가 내려가다가 온도가 일정한 구간에서 고체로 상태 변화 하며, 그 이후에는 고체 상태에서 온도가 계속 내려간다. A는 액체, B는 액체 + 고체, C는 고체 상태이다. B 구간의 온도가 이 물질의 어는점이며, 한 물질에서 어는점과 녹는점은 같다.

**개념 바로 알기**

⑤ B에서 일어나는 상태 변화는 액체가 고체로 되는 응고이며, 이때 열에너지를 방출하므로 주변 온도가 올라간다.

**실력 다지기**

P.48-51

01 ②	02 ②	03 ③	04 ③	05 ④
06 ⑤	07 ④	08 ⑤	09 B-(가), D-(다)	
10 ①	11 ③, ④	12 ⑤	13 ③	14 ①
15 ①	16 ⑤	17 ①	18 ③	19 ④
20 ③	21 ④	22 ③		

01 **답** ② | 물질이 융해, 기화, 승화(고체 → 기체)로 상태 변화 할 때는 열에너지를 흡수하며, 이때 입자 운동이 활발해지면서 입자 배열이 불규칙해진다. 액화, 응고, 승화(기체 → 고체)로 상태 변화 할 때는 열에너지를 방출하며, 이때 입자 운동이 둔해지면서 입자 배열이 규칙적으로 변한다.

**개념 바로 알기**

② 열에너지를 흡수하는 상태 변화가 일어날 때는 입자 운동이 활발해진다.

02 **답** ② | A(응고), D(액화), F(승화: 기체 → 고체)의 상태 변화가 일어날 때 열에너지를 방출한다.

03 **답** ③ | C는 기화이며, 기화가 일어날 때는 기화열을 흡수하므로 주변 온도가 낮아진다.

**개념 바로 알기**

① A는 응고로, 입자 운동이 느려지고, 입자 사이의 거리가 가까워지면서 액체가 고체로 상태 변화 한다.

② B는 융해로, 입자 사이의 거리가 멀어지면서 고체가 액체로 상태 변화 한다.

④ D는 액화이며, 입자 운동이 둔해지고, 입자 사이의 거리가 가까워지면서 입자 배열이 규칙적으로 변해 기체가 액체로 상태 변화 한다.

⑤ E는 고체에서 기체로 상태가 변하는 승화이며, 물질의 상태가 변할 때 질량은 일정하다.

04 **답** ③ | 25°C가 물질의 녹는점과 끓는점 사이일 때 물질은 액체 상태로 존재한다. A는 액체, B는 기체, C는 고체, D는 액체 상태이다.

05 **답** ④ | 입자 배열이 규칙적으로 되며 열에너지를 방출하는 상태 변화는 액화, 응고, 승화(기체 → 고체)이다. 안경이 뿌옇게 흐려지는 것은 공기 중의 수증기가 안경 표면에서 액화되어 물로 변하기 때문이다.

**개념 바로 알기**

① 젖은 빨래가 마르는 것은 기화이다.

② 이슬이 사라지는 것은 물이 수증기로 변하는 기화이다.

③ 철이 녹아 쇳물이 되는 것은 융해이다.

⑤ 나프탈렌의 크기가 줄어드는 것은 나프탈렌이 고체에서 기체로 승화되기 때문이다.

06 **답** ⑤ | 그림은 고체에서 기체로 상태 변화 하는 승화의 입자 모형이다. 이때 입자 운동이 활발해지면서 입자 사이의 거리가 멀어지고, 입자 배열이 불규칙해진다.

**개념 바로 알기**

⑤ 고체에서 기체로 승화할 때는 열에너지를 흡수하므로 주변의 온도가 내려간다.

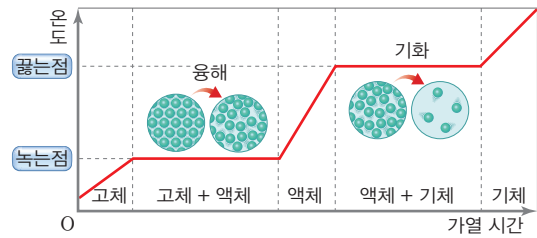
07 **답** ④ | 얼음을 가열하면 열을 흡수하여 온도가 올라간다. A에서는 고체 상태의 얼음으로 존재하며, B에서는 얼음이 녹아 물이 되는 상태 변화가 일어난다. 이때 융해열을 흡수하여 상태 변화 하므로 온도가 올라가지 않고 일정하다. C에서는 액체 상태인 물로 존재하며, 온도가 계속 높아진다. D에서는 액체인 물이 기체인 수증기로 기화되는 상태 변화가 일어난다. E에서는 기체인 수증기로 존재한다. A에서 E로 갈수록 입자 운동이 점점 활발해진다.

**개념 바로 알기**

④ B의 온도가 녹는점, D의 온도가 끓는점이다.

**+ 플러스 특강** 물질의 가열 곡선

물질을 가열하면 온도가 높아지다가 상태 변화가 일어날 때 온도가 일정한 구간이 나타난다.



- 08** **답** ⑤ | B와 D 구간에서는 상태 변화가 일어난다. B에서는 용해, D에서는 기화가 일어나며, 흡수한 열에너지가 상태 변화가 일어나는 데 사용되므로 온도가 올라가지 않는다.

**개념 바로 알기**

- ① 물질을 가열하고 있으므로 열에너지는 계속 흡수한다.
- ② 흡수한 열 에너지를 외부로 방출하는 것이 아니라 입자 사이의 인력을 끊어 상태 변화 하는 데에 사용한다.
- ③ 상태 변화가 일어날 때 입자 자체는 변하지 않으므로 물질의 성질은 바뀌지 않는다.
- ④ 가해 준 열에너지는 입자 사이의 거리를 넓히는 데 사용된다.

- 09** **답** B-(가), D-(다) | B는 용해, D는 기화이다.

- 10** **답** ① | 액체 물질을 가열하였고, 5분부터 온도가 일정한 구간이 나타난다. 따라서 5분부터 이 물질이 끓기 시작했고, 이때의 온도가 끓는점이다.

**개념 바로 알기**

- ② 3분에서는 끓기 전이므로 액체 상태로 존재한다.
- ③ 5분에서는 '액체 + 기체' 상태로 존재한다.
- ④ 가열 후 5분부터 물질은 끓기 시작하며, 이때 기화열을 흡수한다.
- ⑤ 이 물질의 끓는점은  $46^{\circ}\text{C}$ 이므로, 끓는점보다 높은  $70^{\circ}\text{C}$ 에서는 기체 상태로 존재한다.

- 11** **답** ③, ④ | 액체 물질을 냉각하였으므로 (가)는 액체 상태, (나)는 '액체 + 고체' 상태, (다)는 고체 상태이다. 액체에서 고체로 상태 변화가 일어나는 (나) 구간의 온도가 어는점이며, 이때 응고열을 방출한다. 물질이 (가)에서 (다)로 갈수록 입자 운동이 둔해지고, 입자 사이의 거리가 가까워진다.

**개념 바로 알기**

- ③ 응고열을 방출하는 것은 (나) 구간이다.
- ④ (다) 구간에서는 물질이 고체 상태로 존재한다.

- 12** **답** ⑤ | (나)에서 출입하는 열에너지는 응고열이다. 응고열이 방출될 때는 주변 온도가 높아진다. 온열 치료기는 액체 파라핀이 고체가 되면서 방출하는 응고열을 이용한다.

**개념 바로 알기**

- ①, ② 물수건으로 몸을 닦거나, 마당에 물을 뿌리면 물이 기화하면서 주변이 시원해진다.
- ③ 소나기가 내리기 전 후텁지근한 것은 수증기가 물로 상태 변화 하면서 액화열을 방출하기 때문이다.
- ④ 아이스박스에서는 얼음이 녹으면서 용해열을 흡수하므로 음료수를 차갑게 보관할 수 있다.

- 13** **답** ③ | 에탄올을 가열하면 열 에너지를 흡수하여 온도가 점점 올라가다가 끓기 시작하면 온도가 일정해진다. 이때 온도가 일정한 (나) 구간의 온도가 에탄올의 끓는점이다. (나) 구간에서는 가해 준 열에너지가 에탄올이 기체로 상태 변화 하는 데 사용되므로 온도가 일정하게 유지된다. 에탄올과 같이 인화성이 있는 물질은 직접 가열하면 불이 붙을 수 있으므로, 물에 넣어 간접 가열하는 물중탕을 한다.

- 14** **답** ① | 물을 냉각시키면 물의 온도가 내려가다가 물이 얼음으로 응고되는 동안 응고열을 방출하여 온도가 일정해진다. 이 구간의 온도를 어는점이라고 하며, 한 물질의 어는점과 녹는점은 같다. 물이 응고되는 동안에 물은 '액체 + 고체' 상태로 존재하며, 물이 모두 응고되면 온도가 다시 내려간다.

- 15** **답** ① | 액화, 응고, 승화(기체 → 고체)로 상태 변화 할 때는 열 에너지를 방출하여 주변 온도가 높아진다. 비가 내리기 전에 후텁지근한 것은 액화열을 방출하기 때문이다.

**개념 바로 알기**

- ② 얼음 조각상 근처에 있으면 시원해지는 것은 얼음이 녹으면서 용해열을 흡수하기 때문이다.
- ③ 마당에 물을 뿌리면 물이 기화열을 흡수하여 수증기가 되면서 주변이 시원해진다.
- ④ 아이스박스에 든 얼음이 용해열을 흡수하므로 음료수를 차갑게 보관할 수 있다.
- ⑤ 드라이아이스가 기체로 승화하면서 승화열을 흡수한다.

- 16** **답** ⑤ | A(응고), D(액화), F(승화: 기체 → 고체)의 상태 변화가 일어날 때는 열 에너지를 방출하고, B(용해), C(기화), E(승화: 고체 → 기체)의 상태 변화가 일어날 때는 열 에너지를 흡수한다. 열 에너지를 방출하는 상태 변화가 일어나면 주변 온도가 높아지고, 열 에너지를 흡수하는 상태 변화가 일어나면 주변 온도가 낮아진다.

개념 바로 알기

⑤ 공연장에서 드라이아이스를 뿌리면 고체 드라이아이스가 기체로 승화(E)하면서 열에너지를 흡수하므로 무대 근처가 시원하게 느껴진다.

**17 답 ①** | 오렌지 나무에 물을 뿌리거나 물이 든 그릇을 과일 창고에 넣어두면, 물이 얼면서 응고열을 방출한다. 따라서 주변 온도가 올라가 추위로 인한 피해를 줄일 수 있다.

**18 답 ③** | 물이 얼어 고드름이 되거나, 고깃국이 식으면서 기름이 굳을 때는 응고열을 방출해 주변 온도가 높아진다.

개념 바로 알기

- ① 열에너지를 방출하므로 주변 온도가 높아진다.
- ② 상태 변화가 일어날 때 입자의 종류는 변하지 않는다.
- ④ 액체가 고체로 되므로 물질을 냉각할 때 일어난다.
- ⑤ 액체가 고체로 되는 응고 현상이 일어난다.

**19 답 ④** | 에어컨에서는 냉매가 실외기와 실내기 사이를 움직이며 상태 변화 하여 열을 흡수하거나 방출한다. 실외기에서는 기체 상태의 냉매가 액체로 상태 변화 하면서 액화열을 방출하고, 실내기에서는 액체 상태의 냉매가 기체로 상태 변화 하면서 기화열을 흡수한다.

**20 답 ③** | ① 액체 파라핀이 고체로 변하므로 응고열 방출이다.  
② 공기 중의 수증기가 물로 변하므로 액화열 방출이다.  
③ 아이스박스의 얼음이 녹는 것이므로 용해열 흡수이다.  
④ 호숫물이 얼면서 응고열을 방출한다.  
⑤ 물이 얼면서 응고열을 방출한다.

**21 답 ④** | 온도가 올라가는 AD 구간은 가열 구간, 온도가 내려가는 DG 구간은 냉각 구간이다. BC에서는 고체가 액체로 용해되며, EF에서는 액체가 고체로 응고되므로 두 구간에서 물질의 상태는 ‘액체+고체’이다. BC 구간의 온도를 녹는점, EF 구간의 온도를 어는점이라고 하며, 한 물질에서 어는점과 녹는점은 같다.

개념 바로 알기

④ BC 구간에서도 열에너지를 흡수한다.

**22 답 ③** | 보일러에서는 물이 기화하며 기화열을 흡수하고, 방열기에서는 수증기가 액화하며 액화열을 방출한다.  
ㄱ. 마당에 물을 뿌리면 기화열을 흡수하여 시원해진다.  
ㄴ. 얼음이 녹으면서 용해열을 흡수한다.  
ㄷ. 에어컨의 실외기에서는 기체 상태의 냉매가 액화되어 액화열이 방출되므로 더운 바람이 나온다.  
ㄹ. 물수건으로 몸을 닦으면 물이 기화열을 흡수한다.

서술형 다지기

p.52

**01 모범 답안** (1) B, C, E (2) 입자 운동이 활발해진다.

**02 모범 답안** (1) (가): 액체, (나): 액체+고체, (다): 고체  
(2) 어는점, (나) 구간에서 상태 변화가 일어나면서 응고열을 방출하므로 온도가 내려가지 않고 일정하게 유지된다.

채점 기준		배점
(1)	(가), (나), (다)를 모두 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	어는점과 응고열 방출을 포함하여 옳게 서술한 경우	70 %
	열에너지를 방출하기 때문이라고만 쓴 경우	30 %

**03 모범 답안** 땀이 기화될 때 기화열을 흡수하기 때문에 주위의 온도가 낮아져 시원한 느낌이 든다.

**04 모범 답안** 입자의 배열은 불규칙해지고, 입자 운동은 활발해진다.

채점 기준		배점
입자 배열과 입자 운동을 모두 옳게 서술한 경우		100 %
입자 배열과 입자 운동 중 한 가지만 옳게 서술한 경우		50 %

**05 모범 답안** 78℃, 액체 에탄올이 기체 상태로 변하는 동안에는 가해 준 열에너지가 모두 상태 변화에 이용되므로 온도가 일정하게 유지된다.

채점 기준		배점
끓는점을 쓰고, 열에너지가 상태 변화에 이용됨을 옳게 서술한 경우		100 %
끓는점만 옳게 쓴 경우		30 %

**06 모범 답안** (1) 응고열  
(2) 액체 파라핀이 응고하면서 열에너지(응고열)를 방출하므로 손이 따뜻해진다.

채점 기준		배점
(1)	응고열을 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	응고열 방출을 포함하여 옳게 서술한 경우	80 %

개념 한 걸음 더

p.53

**01 ⑤**      **02 ①**

**01 답 ⑤** | 에어컨은 냉매가 실내기에서 상태가 변할 때(액체 → 기체) 기화열을 흡수하여 주위 온도를 낮추는 원리를 이용한 것이다.

개념 바로 알기

- ①, ② (가)에서는 냉매가 액화하여 액화열을 방출한다.
- ③, ④ (나)에서는 냉매가 기화하여 기화열을 흡수한다.

**02** **답** ① | (가)는 바람이 통하므로 입구를 막아 바람이 통하지 않는 (나)보다 증발이 더 잘 일어난다. 물이 증발하면서 기화열을 흡수하기 때문에 시간이 지난 후 증발이 더 많이 일어난 (가)의 온도가 (나)보다 낮다.

## III | 물질의 구성

### 05 원소, 원자, 분자

#### 개념 확인 Quiz

p.58

- 1 노란색, 빨간색      2 ○      3 원자핵, 전자  
4 분자식

#### 자료 보고 개념 다지기

p.59~60

- 01 (1) × (2) × (3) × (4) × (5) ○ (6) ○ (7) × (8) ×  
02 ㄱ, ㄴ, ㄹ, ○  
03 ① 노란색, ② 주황색, ③ 보라색, ④ 청록색, ⑤ 빨간색, ⑥ 빨간색  
04 ① 노란색, ② 보라색, ③ 빨간색, ④ 주황색, ⑤ 빨간색, ⑥ 청록색  
05 ① 선 스펙트럼, ② 종류, ③ 불꽃색      06 ① 6개, ② +2, ③ +3,  
④ 3개, ⑤ +9, ⑥ 9개      07 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ×  
08 ① H, ② F, ③ K, ④ 칼슘, ⑤ Cl, ⑥ 질소, ⑦ 탄소, ⑧ Na  
09 (1) 2 (2) 2 (3) 6 (4) 1 (5) 2      10 ㄱ-(라), ㄴ-(다), ㄷ-(가), ㄹ-(나)

- 01** 원소는 더 이상 다른 물질로 분해되지 않으면서 물질을 이루는 기본 성분이다. 원소가 서로 결합하면 화합물이 되며, 현재까지 알려진 원소는 120여 종류로, 90여 종은 자연에서 발견된 것이고, 나머지는 인공적으로 합성한 것이다. 이런 원소들이 결합하여 다양한 물질을 이룬다. 물질의 성질을 나타내는 가장 작은 입자는 분자이다.
- 02** 공기와 소금물은 여러 물질이 섞인 혼합물이며, 물은 산소와 수소로, 이산화 탄소는 산소와 탄소가 나뉘므로 원소가 아니다.
- 06** 원자는 ‘원자핵의 (+)전하량 = 전자의 총 (-)전하량’이다.
- 07** 원자핵은 원자 중심에 있으며, 원자 질량의 대부분을 차지한다. 전자는 원자핵을 중심으로 활발히 움직이며, 원자핵에 비해 질량이 매우 작다. 원자핵의 전하량은 원자의 종류에 따라 다르다.

**09**  $2\text{CO}_2$ 는 이산화 탄소 분자 2개를 나타내는 것이다. 이산화 탄소 분자 1개는 산소 원자 2개와 탄소 원자 1개로 구성되며, 산소 원소와 탄소 원소로 이루어져 있다.

#### 탐구 대표문제

p.61

- 01 (1) 나트륨 (2) 빨간색, 구리 (3) 칼륨, 보라색 (4) 금속 원소  
02 ③      03 ⑤

**02** **답** ③ | 염화 구리(II)와 질산 구리(II)는 모두 구리 원소를 포함하고 있으므로 청록색 불꽃색이 나타난다.

**03** **답** ⑤ | 금속 원소를 포함한 물질을 불꽃에 넣으면 원소의 종류에 따라 서로 다른 불꽃색이 나타난다. 실험 방법이 간단하고, 시료의 양이 적어도 원소의 종류를 확인할 수 있지만 같은 종류의 금속 원소를 포함한 물질은 불꽃색이 같으므로 구분할 수 없다.

#### 개념 바로 알기

ㄱ. 불꽃 반응은 금속 원소를 구별할 수 있는 방법으로, 금속 원소가 아닌 경우에는 원소의 종류를 구별할 수 없다.

#### 실력 다지기

p.62~65

- |      |      |      |         |      |
|------|------|------|---------|------|
| 01 ② | 02 ① | 03 ④ | 04 ①    | 05 ② |
| 06 ③ | 07 ⑤ | 08 ④ | 09 ④    | 10 ④ |
| 11 ④ | 12 ⑤ | 13 ① | 14 ③    | 15 ⑤ |
| 16 ⑤ | 17 ③ | 18 ④ | 19 ②, ③ | 20 ③ |
| 21 ⑤ | 22 ② | 23 ② | 24 ④    | 25 ④ |
| 26 ⑤ |      |      |         |      |

**01** **답** ② | 원소는 물질을 이루는 기본 성분으로 더 이상 다른 물질로 분해되지 않는다.

#### 개념 바로 알기

② 120여 종의 원소 중 90여 종은 자연에서 발견된 것이고, 나머지는 인공적으로 합성한 것이다.

**02** **답** ① | 원소에 대한 설명이다.

#### 개념 바로 알기

- ② 물은 산소와 수소 원소가 결합한 것이다.  
③ 설탕은 산소, 수소, 탄소 등이 결합한 것이다.  
④ 소금은 염소와 나트륨이 결합한 것이다.  
⑤ 공기는 질소, 산소, 이산화 탄소 등이 섞여 있고, 탄산 칼슘은 탄소, 산소, 칼슘이 결합한 것이다.



**03 답 ④** | 규소는 반도체나 유리의 재료가 되는 원소이다. 가벼운 금속으로, 비행기의 소재로 쓰이는 것은 알루미늄이다.

**04 답 ①** | 염화 나트륨과 황산 나트륨은 노란색, 질산 스트론튬은 빨간색, 염화 구리(II)는 청록색, 질산 칼륨은 보라색, 염화 리튬은 빨간색을 나타낸다. 불꽃색이 주황색인 금속 원소는 칼슘이다.

**05 답 ②** | 불꽃 반응 실험은 실험 과정이 비교적 간단하며, 시료의 양이 적어도 불꽃색을 확인할 수 있다. 염화 나트륨은 노란색, 염화 칼슘은 주황색 불꽃색이 나타난다.

**개념 바로 알기**

② 불꽃 반응으로는 금속 원소를 구별할 수 있으며, 리튬과 스트론튬과 같이 불꽃색이 같은 금속 원소도 있으므로 모든 금속 원소를 구별할 수 있는 것은 아니다.

**06 답 ③** | 같은 금속 원소를 포함한 물질은 불꽃색도 같다.

**개념 바로 알기**

- ① 염화 나트륨 - 노란색, 염화 칼륨 - 보라색
- ② 질산 나트륨 - 노란색, 탄산 칼슘 - 주황색
- ④ 염화 스트론튬 - 빨간색, 질산 나트륨 - 노란색
- ⑤ 염화 나트륨 - 노란색, 질산 스트론튬 - 빨간색

**07 답 ⑤** | 원소의 종류에 따라 선 스펙트럼에서 선의 위치, 굵기, 개수가 다르므로 원소의 종류를 구별할 수 있다.

**개념 바로 알기**

- ① 불꽃색이 같은 물질도 선 스펙트럼의 모양이 다르므로 원소의 종류를 구별할 수 있다.
- ② 불꽃색이 비슷한 원소는 선 스펙트럼으로 구별할 수 있다.
- ③ 햇빛을 분광기로 관찰하면 연속 스펙트럼이 나타난다.
- ④ 원소의 불꽃색을 분광기로 관찰하면 검은색 바탕에 특정 부분에만 밝은 색 띠가 나타나는 선 스펙트럼이 나타난다.

**08 답 ④** | 검은색 바탕에 밝은 띠가 나오는 선 스펙트럼으로, (가)에는 리튬과 칼슘에서 보이는 띠가 모두 나타나므로 물질 (가)는 리튬과 칼슘을 포함하고 있다.

**개념 바로 알기**

④ 선 스펙트럼은 물질의 종류에 따라 모두 다르다. 따라서 불꽃색이 같은 원소도 선 스펙트럼은 모두 다르다.

**09 답 ④** | (가)에는 B와 C에서 보이는 띠가 모두 나타나므로 물질 (가)는 원소 B와 C를 포함하고 있다.

**10 답 ④** | 리튬과 스트론튬은 불꽃색이 붉은색으로 같아 불꽃색으로는 구별할 수 없어 스펙트럼을 관찰해야 한다.

**11 답 ④** | 원자는 물질을 구성하는 기본 입자이며, (+)전하를 띤 원자핵과 (-)전하를 띤 전자로 이루어져 있다. 원자 내부는 대부분 빈 공간이며, 전자는 원자핵에 비해 질량이 매우 작으므로, 원자 질량의 대부분은 원자핵이 차지한다. 원자는 원자핵의 (+)전하량과 전자들의 총 (-)전하량이 같으므로 전기적으로 중성이다.

**개념 바로 알기**

④ 원자핵의 전하량은 원자의 종류에 따라 모두 다르다.

**12 답 ⑤** | A는 (+)전하를 띤 원자핵, B는 (-)전하를 띤 전자이다. A와 B의 전하량의 합은 0이므로, 원자는 전기적으로 중성이다.

**개념 바로 알기**

- ① A는 원자핵, B는 전자이다.
- ② A의 전하량은 B의 총 전하량과 같다. 전자의 총 전하량이 -5이므로, 원자핵의 전하량은 +5이다.
- ③ A는 (+)전하를, B는 (-)전하를 띤다.
- ④ 전자(B)의 질량은 원자핵(A)에 비해 매우 적다.

**13 답 ①** | 원자는 원자핵과 전자들의 전하량 총합이 0이므로 전기적으로 중성이다. 원자핵의 전하량은 (가)가 +6, (나)는 +2, (다)는 +8이다.

**개념 바로 알기**

- ㄴ. 원자핵의 전하량은 (나) < (가) < (다)이다.
- ㄷ. 원자는 전기적으로 중성이므로 원자핵과 전자들의 전하량 총합은 0으로 모두 같다.

**14 답 ③** | 전자가 8개이므로 전자의 전하량 총합은 -8이다. 따라서 원자핵의 전하량은 +8이다.

**개념 바로 알기**

③ 전자 1개의 전하량은 -1이고, 전자가 8개이므로 전자들의 총 전하량은 -8이다.

**15 답 ⑤** | 원자핵의 전하량은 전자의 개수와 같다. 헬륨은 원자핵의 전하량이 +2이므로 전자는 2개, 탄소는 전자의 개수가 6개이므로 원자핵의 전하량은 +6, 나트륨은 전자의 개수가 11개이므로 원자핵의 전하량은 +11이다.

**16 답 ⑤** | 마그네슘은 Mg, 철은 Fe, 염소는 Cl, 구리는 Cu, 황은 S이다.

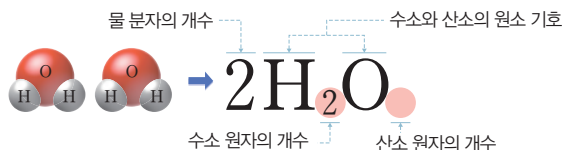
**17 답 ③** | 칼륨은 K, 탄소는 C, 칼슘은 Ca, 나트륨은 Na이다.

**18 답 ④** | 질소 원자 1개와 수소 원자 3개로 이루어진 분자는 NH<sub>3</sub>, 즉, 암모니아이다.



**+ 플러스 특강** 분자식을 나타내는 법

- 1 분자를 이루는 원자의 종류를 원소 기호로 나타낸다.
- 2 분자를 이루는 원자의 개수를 원소 기호 오른쪽 아래에 작은 숫자로 표시한다.(단, 1은 생략한다.)
- 3 분자의 개수를 나타낼 때는 분자식 앞에 숫자로 표시한다



- 19** **답** ②, ③ | 분자는 물질의 성질을 나타내는 가장 작은 입자로, 분자를 분해하면 물질의 성질을 잃는다. 즉, 물 분자( $\text{H}_2\text{O}$ )가 산소와 수소로 분해되면 물의 성질을 잃고 전혀 다른 물질이 된다.

**개념 바로 알기**

- ① 분자는 물질의 성질을 나타내는 가장 작은 입자이고, 원자는 물질을 이루는 기본 입자이다.
- ④ 대부분의 분자는 2개 이상의 원자가 결합해 있지만 헬륨, 네온 등과 같이 원자 1개로 이루어진 분자도 있다.
- ⑤ 같은 종류의 원자로 이루어져 있어도 원자의 개수가 다르면 서로 다른 물질이다. 물( $\text{H}_2\text{O}$ )과 과산화 수소( $\text{H}_2\text{O}_2$ )는 모두 수소와 산소로 이루어져 있지만 분자를 이루는 원자의 개수가 다르므로 서로 다른 물질이다.

- 20** **답** ③ | 분자식을 보면 분자의 종류와 개수, 분자를 이루는 원자의 종류와 개수를 알 수 있다.

**개념 바로 알기**

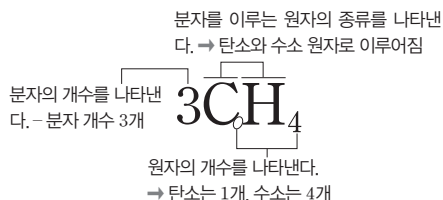
ㄴ. 분자식으로 분자의 성질을 알 수 없다.

- 21** **답** ⑤ | 메테인 분자 3개를 나타낸 분자식이다.

**개념 바로 알기**

- ① 분자의 개수는 3개이다.
- ② 메테인 분자 1개는 '탄소 원자 1개+수소 원자 4개'로 이루어져 있다. 즉, 총 5개의 원자로 이루어져 있으며, 메테인 분자가 3개이므로, 총 원자의 개수는 15개이다.
- ③ 수소 원자는  $4 \times 3 = 12$ 개가 있다.
- ④ 탄소와 수소, 두 종류의 원소로 이루어져 있다.

**자료 분석** 메테인의 분자식



- 22** **답** ② | 탄소 원자 1개, 산소 원자 2개로 이루어져 있으므로  $\text{CO}_2$ 이고, 이는 이산화 탄소의 분자식이다. 그림은 이산화 탄소의 분자 모형을 나타낸다. 이산화 탄소 분자 1개는 탄소 원자 1개와 산소 원자 2개, 총 3개의 원자로 이루어져 있다. 분자 모형이나 분자식을 보면 분자를 이루는 원자의 종류와 개수를 알 수 있다.

- 23** **답** ② | 질소 원자 1개, 수소 원자 3개로 이루어진  $\text{NH}_3$ (암모니아) 분자가 2개 있으므로  $2\text{NH}_3$ 이다.

- 24** **답** ④ | ①  $\text{Cl}_2$ 는 염소 원자 2개로 이루어져 있다.

②  $2\text{CO}_2$ 는  $2 \times (\text{탄소 원자 1개} + \text{산소 원자 2개}) = \text{총 6개의 원자로 이루어져 있다}$

③  $3\text{HCl}$ 은  $3 \times (\text{수소 원자 1개} + \text{염소 원자 1개}) = \text{총 6개의 원자로 이루어져 있다.}$

④  $2\text{NH}_3$ 는  $2 \times (\text{질소 원자 1개} + \text{수소 원자 3개}) = \text{총 8개의 원자로 이루어져 있다.}$

⑤  $\text{H}_2\text{O}_2$ 는 (수소 원자 2개+산소 원자 2개)=총 4개의 원자로 이루어져 있다.

- 25** **답** ④ | 금속 원소를 포함한 물질을 불꽃에 넣었을 때 금속 원소의 종류에 따라 특정한 불꽃색이 나타난다. A~D는 불꽃색이 나타나므로 금속 원소를 포함한 물질이다. 불꽃색을 분광기로 관찰하면 선 스펙트럼을 관찰할 수 있는데, 원소의 종류에 따라 선의 색깔, 굵기, 위치 등이 모두 다르므로 원소의 종류를 구별할 수 있다.

**개념 바로 알기**

ㄴ. C와 D는 불꽃색은 같지만 선 스펙트럼의 모양이 다르므로 C와 D에 들어 있는 금속 원소의 종류는 다르다.

- 26** **답** ⑤ | (가)는 암모니아 분자 3개, (나)는 물 분자 2개, (다)는 염화 수소 분자 4개를 나타내는 분자식이다. 분자 1개를 구성하는 원자의 개수는 (가)는 (질소 원자 1개+수소 원자 3개)=4개, (나)는 (수소 원자 2개+산소 원자 1개)=3개, (다)는 (수소 원자 1개+염소 원자 1개)=2개이다.

**개념 바로 알기**

① 분자 수는 (가)가 3개, (나)가 2개, (다)가 4개이므로, (다)가 가장 많다.

② 총 원자 수는 (가)는  $3 \times (1 + 3) = 12$ 개, (나)는  $2 \times (2 + 1) = 6$ 개, (다)는  $4 \times (1 + 1) = 8$ 개이므로, (가)가 제일 많다.

③ 수소 원자의 개수는 (가)가  $3 \times 3 = 9$ 개, (나)가  $2 \times 2 = 4$ 개, (다)가  $4 \times 1 = 4$ 개로 (가)에서 제일 많다.

④ 분자를 구성하는 원소의 종류는 (가)가 질소와 수소, (나)가 수소와 산소, (다)가 수소와 염소로, 모두 2종류의 원소로 구성되어 있다.

## 서술형 다지기

p.66

- 01 모범 답안** 염화 구리(II)와 황산 구리(II), 청록색 불꽃색이 나타나며, 모두 구리 원소를 포함하고 있기 때문이다.
- 02 모범 답안** (1) 리튬, 스트론튬  
(2) 물질 (가)의 선 스펙트럼에 리튬과 스트론튬의 선 스펙트럼에 나타난 선이 모두 포함되어 있기 때문이다.
- 03 모범 답안** (1) (가)  $2O_2$ , (나)  $2HCl$ , (다)  $NH_3$   
(2) (가) 산소, (나) 수소, 염소, (다) 질소, 수소  
(3) (가) 2개, (나) 2개, (다) 4개
- 04 모범 답안** (1) A는 원자핵으로 (+)전하를 띠고, B는 전자로 (-)전하를 띤다.  
(2) +3, 원자는 전기적으로 중성이므로 원자핵의 (+)전하량과 전자들의 총 (-)전하량이 같다. 전자가 3개이므로 원자핵 A의 전하량은 +3이다.  
(3) 원자핵의 (+)전하량과 전자들의 총 (-)전하량이 같기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	A, B의 이름과 전하의 종류를 모두 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	원자핵의 전하량을 정확히 쓰고, 전자의 전하량과 개수를 포함하여 옳게 서술한 경우	40 %
	원자핵의 전하량만 옳게 쓴 경우	10 %
(3)	제시어를 모두 사용하여 옳게 서술한 경우	30 %

- 05 모범 답안** 구리 - Cu, 헬륨 - He, 질소 - N, 철 - Fe, 칼슘 - Ca
- 06 모범 답안** 메테인 분자 3개를 나타낸 분자식이다. 메테인 분자 1개는 탄소 원자 1개와 수소 원자 4개로 이루어져 있으며, 분자가 3개 있으므로  $3 \times (1 + 4) =$  총 15개의 원자로 이루어져 있다. 메테인 분자를 이루는 원소는 탄소와 수소, 2종류이다.

채점 기준		배점
물질의 이름과 분자 수, 원자 수, 원소의 종류 등을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우		100 %
물질의 이름과 분자 수만 옳게 서술한 경우		40 %

## 개념 한 걸음 더

p.67

**01** A - 전자, B - 원자핵, C - 중성자, D - 양성자

**02** ⑤

- 01** 원자핵은 (+)전하를 띠는 양성자와 전하를 띠지 않는 중성자로 이루어져 있다.
- 02** ⑤ | 원자는 원자핵의 (+)전하량과 전자의 총 (-)전하량이 같아 전기적으로 중성이다. A는 전자로, (-)전하를 띠며 원자핵인 B 주위를 돌고 있다. 원자핵은 중성자 C와 양성자 D로 이루어지며, 원자 질량의 대부분을 차지한다.

### 개념 바로 알기

⑤ C는 중성자, D는 양성자로, 원자에서 C와 D의 개수는 대체로 비슷하지만 항상 같지 않으며, 중성자는 전기를 띠지 않고, 양성자는 (+)전하를 띠므로, C와 D만 고려하면 원자는 (+)전하를 띠어야 한다. 원자는 A와 D의 개수가 같아서 전기적으로 중성이다.

## 06 이온

### 개념 확인 Quiz

p.69

**1** 양이온, 음이온      **2** ○      **3** 염화 은

### 자료 보고 개념 다지기

p.70~71

- 01** (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○ (6) ×      **02**  $A^{2+}$       **03** ① (-), ② (+), ③ 전하      **04** (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ×
- 05** (가) 양이온, (나) 원자, (다) 양이온, (라) 음이온
- 06** (가)  $A^{2+}$ , (나)  $B^{-}$       **07** ①  $H^{+}$ , ②  $Cl^{-}$ , ③ 암모늄 이온, ④ 수산화 이온, ⑤  $K^{+}$ , ⑥  $CO_3^{2-}$ , ⑦ 구리 이온, ⑧ 산화 이온
- 08** (1)  $Ca^{2+}$ ,  $Na^{+}$  (2)  $NO_3^{-}$ ,  $Cl^{-}$
- 09** (1) 탄산 칼슘, 흰색 (2)  $Ca^{2+}$ ,  $CO_3^{2-}$  (3)  $Na^{+}$ ,  $Cl^{-}$
- 10** ①  $Ag^{+}$ , ②  $CO_3^{2-}$ , ③  $BaSO_4$ , ④ 노란색      **11** ㄱ, ㄹ

- 01** A 원자는 전자 1개를 잃고 양이온인  $A^{+}$ 이 된다. 원자가 전자를 1개 잃었으므로 'A 원자의 전자 수 > A 이온의 전자 수'이며, 이온이 되는 과정은 전자가 이동하는 과정이므로, 원자핵의 전하량은 변하지 않는다. A 이온은 양이온이므로 '원자핵의 (+)전하량 > 전자의 총 (-)전하량'이다.

- 02** A 원자는 전자 2개를 잃고  $A^{2+}$ 이 된다.

**04** 음이온은 원자가 전자를 얻어 (-)전하를 띠는 입자이다. B 원자는 전자 2개를 얻어 음이온인  $B^{2-}$ 이 된다. 원자가 전자를 2개 얻었으므로 'B 원자의 전자 수 < B 이온의 전자 수'이며, B 이온은 음이온이므로 '원자핵의 (+)전하량 < 전자의 총 (-)전하량'이다.

**05** 전자들의 총 전하량과 원자핵의 전하량을 비교한다.

- 원자: 원자핵의 (+)전하량 = 전자들의 총 (-)전하량
- 양이온: 원자핵의 (+)전하량 > 전자들의 총 (-)전하량
- 음이온: 원자핵의 (+)전하량 < 전자들의 총 (-)전하량

**06** A 원자는 전자 2개를 잃어  $A^{2+}$ 이 되고, B 원자는 전자 1개를 얻어  $B^{-}$ 이 된다.

**08** 전류를 흘려 주면 양이온인 칼슘 이온, 나트륨 이온( $Ca^{2+}$ ,  $Na^{+}$ )은 (-)극으로 이동하고, 음이온인 질산 이온, 염화 이온( $NO_3^{-}$ ,  $Cl^{-}$ )은 (+)극으로 이동한다.

**09** 염화 칼슘과 탄산 나트륨이 반응하면 탄산 이온( $CO_3^{2-}$ )과 칼슘 이온( $Ca^{2+}$ )이 만나 흰색 앙금인 탄산 칼슘이 생성된다. 이때 염화 이온( $Cl^{-}$ )과 나트륨 이온( $Na^{+}$ )은 서로 반응하지 않고 물에 녹아 있다.

**11** ㄱ.  $Ag^{+} + Cl^{-} \longrightarrow AgCl$  (흰색 앙금)  
 ㄴ.  $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \longrightarrow BaSO_4$  (흰색 앙금)  
 ㄷ에서도 아이오딘화 납 앙금이 생성되지만 앙금의 색깔이 노란색이다.

## **탐구 대표문제** p.73

**01** (1) 구리 (2) 과망가니즈산 (3) (-), (+) (4) 전하

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

**01** 황산 구리(II) 수용액과 과망가니즈산 칼륨 수용액을 떨어뜨린 페트리 접시에 전류를 흘려 주면 황산 구리(II)를 이루는 파란색의 구리 이온은 (-)극으로, 과망가니즈산 칼륨을 이루는 보라색의 과망가니즈산 이온은 (+)극으로 이동한다.

**02** **답** ④ | 과망가니즈산 칼륨은  $MnO_4^{-}$ ,  $K^{+}$ 으로 구성되며, 질산 칼륨은  $NO_3^{-}$ ,  $K^{+}$ 으로 되어 있다. 양이온인  $K^{+}$ 은 (-)극 쪽으로 이동하고, 음이온인  $MnO_4^{-}$ ,  $NO_3^{-}$ 은 (+)극 쪽으로 이동한다. 전극의 위치를 바꾸면 이온은 반대 방향으로 이동한다.

**03** **답** ③ | 전류를 흘려 주면 음이온은 (+)극으로, 양이온은 (-)극으로 이동한다.

**04** **답** ① | 이온이 이동하려면 전류가 흘러야 한다. 다른 거름종이는 전류가 흐르지 않는다. 질산 칼륨 수용액에는 질산 이온과 칼륨 이온이 녹아 있으므로, 거름종이를 질산 칼륨 수용액으로 적시면 전류가 잘 흐른다. 이때 거름종이를 증류수에 적시면 전류가 흐르지 않는데, 증류수에는 이온이 들어 있지 않아 전류가 흐르지 않는다.

**05** **답** ⑤ | 이온이 든 수용액에 전류를 흘려 주면 이온이 전극으로 이동한다. 이를 통해 이온이 전하를 띠고 있음을 알 수 있다. 황산 구리(II) 수용액이 파란색을 띠는 것은 양이온인 구리 이온이 파란색이기 때문이며, 과망가니즈산 칼륨 수용액이 보라색을 띠는 것은 음이온인 과망가니즈산 이온이 보라색이기 때문이다.

### **개념 바로 알기**

⑤ 이온이 움직이는 것은 (+)전하와 (-)전하 사이에 작용하는 인력 때문이다. 전극을 바꾸면 이온이 이동하는 방향도 바뀐다.

## **실력 다지기** p.74-77

<b>01</b> ④	<b>02</b> ㄱ, ㄷ, ㄱ, ㄴ	<b>03</b> ⑤	<b>04</b> ④	<b>05</b> ⑤
<b>06</b> ③	<b>07</b> ⑤	<b>08</b> ④	<b>09</b> ①, ②	<b>10</b> ③
<b>11</b> ④	<b>12</b> ㄴ, ㄷ	<b>13</b> ⑤	<b>14</b> ⑤	<b>15</b> ①
<b>16</b> ①	<b>17</b> ③	<b>18</b> ③	<b>19</b> ①	<b>20</b> ⑤
<b>21</b> ⑤	<b>22</b> ②			

**01** **답** ④ | (가)는 원자가 전자 1개를 잃어 양이온이 되는 것이고, (나)는 원자가 전자 2개를 얻어 음이온이 되는 것이다. A 이온의 전하량은 +1이고, B 이온의 전하량은 -2이다. 원자가 이온이 될 때는 전자를 얻거나 잃는 것으로, 원자핵의 전하량은 변하지 않는다.

### **개념 바로 알기**

④ 얻거나 잃은 전자 수가 1일 때는 생략하므로 A 이온은  $A^{+}$ 로 나타낸다.

**02** **답** ㄱ, ㄷ, ㄴ | 문제에 제시된 그림은 원자가 전자 1개를 잃어 양이온이 되는 과정이다. <보기>에 제시된 각 원자가 이온이 되면  $H^{+}$ ,  $I^{-}$ ,  $O^{2-}$ ,  $K^{+}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $Na^{+}$ 이다.

**03** **답** ⑤ | 원자 X가 전자 2개를 얻었으므로  $X^{2-}$ 이 된다.

**04** **답** ④ | (가)는 원자핵의 전하량이 +8이고, 전자의 개수가 10개이므로 전자의 총 전하량이 -10으로 음이온이다. (나)는 원자핵의 전하량이 +11이고, 전자의 개수가 10개이므로 전자의 총 전하량이 -10으로 양이온이다.

(가)와 (나)는 전자의 개수가 모두 10개로 같다.

**개념 바로 알기**

- ① (가)는 음이온, (나)는 양이온이므로 띠고 있는 전하의 종류가 다르다.  
② 양이온인 (나)는 원자가 전자를 1개 잃어 형성된 것이다.  
③ 원자핵의 전하량은 '(가): +8 < (나): +11'이다.  
⑤ (가)는 음이온이므로 (-)전하를 띠고, (나)는 양이온이므로 (+)전하를 띤다.

- 05** **답** ⑤ | 이온은 전하를 띠고 있으므로, 이온이 든 수용액에 전류를 흘려 주면 양이온은 (-)극으로, 음이온은 (+)극으로 이동한다.

**개념 바로 알기**

- ① 양이온은 (+)전하, 음이온은 (-)전하를 띤다.  
② 원자가 전자를 잃으면 양이온이 된다.  
③ 산소 원자가 전자 2개를 얻으면 산화 이온(음이온)이 된다( $O + 2e^- \rightarrow O^{2-}$ ). 즉, 산소 원자의 전자 수보다 산화 이온의 전자 수가 더 많다. 산소 원자의 전자 수는 8개, 산화 이온의 전자 수는 10개이다.  
④ 양이온은 (+)전하량이 (-)전하량보다 크므로, 전체적으로 (+)전하를 띤다.

- 06** **답** ③ | 양이온과 음이온을 구별하려면 전자들의 총 전하량과 원자핵의 전하량을 비교한다.

- 원자: 원자핵의 (+)전하량 = 전자들의 총 (-)전하량
- 양이온: 원자핵의 (+)전하량 > 전자들의 총 (-)전하량
- 음이온: 원자핵의 (+)전하량 < 전자들의 총 (-)전하량

- 07** **답** ⑤ | 원자핵의 전하량과 전자들의 총 전하량을 합한 것이 이온의 전하량이다.

- ①  $Li^+$ 은 원자가 전자 1개를 잃은 것이므로, 원자의 전자 수는 이온의 전자 수보다 1개 많은 3개이고, 원자핵의 전하량은 +3이다.  
②  $Be^{2+}$ 은 베릴륨 원자가 전자 2개를 잃고 양이온이 된 것이다. 원자핵의 전하량이 +4이므로, 원자가 가진 전자는 4개이고,  $Be^{2+}$ 의 전자 수는 2개이다.  
③  $O^{2-}$ 는 산소 원자가 전자 2개를 얻어 음이온이 된 것이다. 원자핵의 전하량이 +8이므로, 원자가 가진 전자는 8개이고,  $O^{2-}$ 의 전자 수는 10개이다.  
④  $F^-$ 은 플루오린 원자가 전자 1개를 얻어 음이온이 된 것이다. 이온의 전자 수가 10개이므로, 플루오린 원자의 전자 수는 9개이고, 원자핵의 전하량은 +9이다.

- ⑤  $Na^+$ 은 나트륨 원자가 전자 1개를 잃고 양이온이 된 것이다. 원자핵의 전하량이 +11이므로, 원자가 가진 전자는 11개이고,  $Na^+$ 의 전자 수는 10개이다.

- 08** **답** ④ | 음이온일 때는 원소 이름 뒤에 '~화 이온'을 붙이면 되지만  $NO_3^-$ 은 질산 이온이라고 한다.

- 09** **답** ①, ② | 전자를 얻으면 음이온, 전자를 잃으면 양이온이다.

**개념 바로 알기**

- ③ 마그네슘은 전자 2개를 잃어  $Mg^{2+}$ 이 되는 것이므로  $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ 이다.  
④ 황은 전자 2개를 얻어  $S^{2-}$ 이 되는 것이므로  $S + 2e^- \rightarrow S^{2-}$ 이다.  
⑤ 칼슘은 전자 2개를 잃어  $Ca^{2+}$ 이 되는 것이므로  $Ca \rightarrow Ca^{2+} + 2e^-$ 이다.

- 10** **답** ③ | 염소 원자가 전자 1개를 얻어 음이온인 염화 이온이 된 것이다. 전자 1개를 얻었으므로 염화 이온은 (-)전하량이 (+)전하량보다 크다.

**개념 바로 알기**

- ① 염화 이온이라고 읽는다.  
② 염소 원자는 원자핵의 전하량이 +17이므로, 염소 원자의 전자 개수는 17개이고, 염화 이온은 전자를 1개 얻었으므로, 염화 이온의 총 전자 수는 18개이다.  
④ 염소 원자가 전자를 1개 얻어서 형성된다.  
⑤ 음이온이므로 전류를 흘려 주면 (+)극으로 이동한다.

- 11** **답** ④ | 칼슘 원자가 전자 2개를 잃어 양이온인 칼슘 이온이 된 것이다. 전자 2개를 잃었으므로 이온의 (-)전하량이 (+)전하량보다 작다.

**개념 바로 알기**

- ④ 원자가 이온이 될 때 잃거나 얻는 것은 전자이다. 따라서 원자핵의 전하량은 변하지 않는다.

- 12** **답** ㄴ, ㄹ | 원자가 전자 2개를 얻어 음이온이 되는 과정을 나타낸 것이다. F는 전자를 1개 얻어  $F^-$ 이 되며, O는 전자 2개를 얻어  $O^{2-}$ 이, Mg은 전자 2개를 잃어  $Mg^{2+}$ 이 된다. S은 전자 2개를 얻어  $S^{2-}$ 이 되고, Ca은 전자 2개를 잃어  $Ca^{2+}$ , Na은 전자 1개를 잃어  $Na^+$ 이 된다.

- 13** **답** ⑤ | 염화 나트륨 수용액에 전류를 흘려 주면 양이온인 나트륨 이온은 (-)극으로, 음이온인 염화 이온은 (+)극으로 이동한다. 이렇게 이온이 이동하여 전류가 흐르므로, 전구를 연결하면 전구의 불이 켜진다.

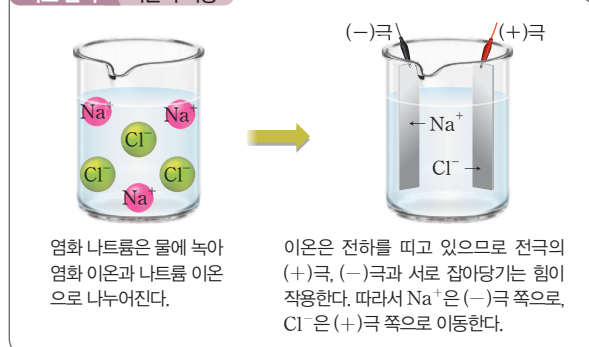


이온이 있는 수용액에 전류를 흘려 주면 이온이 이동하여 전류가 흐르며, 이것으로 이온이 전하를 띠고 있음을 알 수 있다.

#### 개념 바로 알기

⑤ 설탕은 물에 녹아 이온으로 나뉘지 않고 설탕 분자로 존재한다. 설탕 분자는 전하를 띠지 않으므로 전극으로 이동하지 않으며, 따라서 설탕 수용액에는 전류가 흐르지 않는다.

#### 자료 분석 이온의 이동



14 답 ⑤ | 염화 나트륨 수용액과 질산 은 수용액이 반응하면 흰색의 염화 은 앙금이 생긴다. 이때 나트륨 이온과 질산 이온은 반응하지 않고 이온 상태로 존재한다. 염화 나트륨 수용액에는 나트륨이 들어 있으므로 불꽃색이 노란색으로 나타난다. (가), (나), (다) 용액에는 이온이 들어 있으므로 전원 장치를 연결하면 전류가 흐른다.

#### 개념 바로 알기

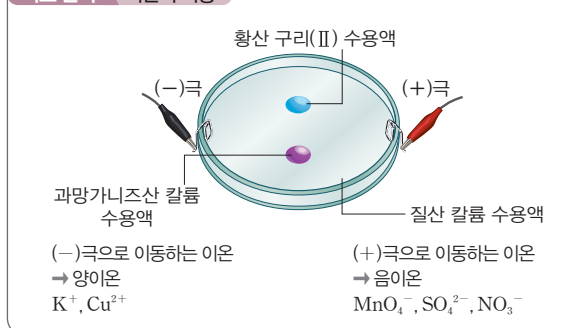
⑤ (다) 용액에는 앙금인 염화 은 외에 음이온인 질산 이온과 양이온인 나트륨 이온이 있어 전원 장치를 연결하면 전류가 흐른다.

15 답 ① | 황산 구리(II) 수용액과 과망가니즈산 칼륨 수용액을 떨어뜨린 페트리 접시에 전류를 흘려 주면 황산 구리(II)를 이루는 파란색의 구리 이온은 (-)극으로, 과망가니즈산 칼륨을 이루는 보라색의 과망가니즈산 이온은 (+)극으로 이동한다.

#### 개념 바로 알기

- ② 칼륨 이온과 황산 이온은 색이 없어 눈에 보이지는 않지만 양이온인 칼륨 이온은 (-)극으로, 음이온인 황산 이온은 (+)극으로 이동한다.
- ③ 전극을 바꾸면 이온의 이동 방향이 반대가 된다.
- ④ 구리 이온은 양이온이므로 (-)극 쪽으로 이동한다.
- ⑤ 과망가니즈산 이온은 보라색이며, (-)전하를 띤다.

#### 자료 분석 이온의 이동



16 답 ① | 질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액을 섞으면 노란색 앙금인 아이오딘화 납이 생긴다. 이때 질산 이온과 칼륨 이온은 반응하지 않고 이온 상태로 존재한다.

#### 개념 바로 알기

ㄷ. 아이오딘화 납은  $\text{PbI}_2$ 이므로 앙금이 생성되는 반응식은  $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2$ 이다.

ㄹ. (다)에 전류를 흘려 주면 질산 이온과 칼륨 이온이 이동하여 전류가 흐른다. 아이오딘화 납 앙금은 이온으로 분리되지 않고 앙금 상태로 존재한다.

17 답 ③ | 염화 나트륨과 질산 은이 반응하면 흰색 앙금인 염화 은이 생긴다. 염화 칼슘과 탄산 나트륨이 반응하면 흰색 앙금인 탄산 칼슘이 생긴다. 반응 후 (가)~(다)에는 앙금이 되지 않은 이온들이 남아 있다.

#### 개념 바로 알기

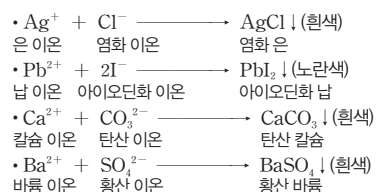
③ 염화 칼슘은 물에 녹으므로 앙금을 생성하지 않는다. 또한 질산 이온과 나트륨 이온은 다른 이온과 만나도 앙금을 생성하지 않는다.

18 답 ③ | 질산 은과 염화 바륨이 만나면 염화 은이, 질산 바륨과 황산 칼륨이 만나면 황산 바륨이, 염화 칼슘과 탄산 나트륨이 만나면 탄산 칼슘이, 아이오딘화 나트륨과 질산 납이 만나면 아이오딘화 납이 앙금으로 생긴다.

#### 개념 바로 알기

③ 칼륨 이온, 나트륨 이온, 질산 이온은 다른 이온과 만나도 앙금을 생성하지 않는다.

#### + 플러스 특강 여러 가지 앙금 생성 반응





**19** **답** ① | 물질 X는 불꽃 반응에서 주황색을 나타내므로 칼슘을 포함하고 있고, 질산 은 수용액을 떨어뜨렸을 때 흰색 앙금이 생기므로 은 이온과 만나 앙금을 만드는 염화 이온을 포함하고 있다. 따라서 물질 X는 염화 칼슘으로 유추할 수 있다.

**20** **답** ⑤ | 염화 나트륨, 질산 칼륨, 염화 칼슘 중에서 질산 은과 만나 앙금을 생성하는 것은 염화 이온을 포함한 물질이다. 따라서 앙금을 생성하지 않는 C는 염화 이온을 포함하지 않는 질산 칼륨이다.

또한 탄산 나트륨과 만나 흰색 앙금을 만드는 물질은 칼슘 이온을 포함한 물질이다. 따라서 A는 염화 칼슘이다. B는 염화 나트륨이다.

**21** **답** ⑤ |  $O^{2-}$ 은 음이온, K는 원자,  $Mg^{2+}$ 은 양이온이다. 원자핵의 전하량이 O가 +8, K가 +19, Mg가 +12이므로, 전자 수는 각각 8개, 19개, 12개이다. 따라서  $O^{2-}$ 은 전자가 2개 늘어난 10개, K는 19개,  $Mg^{2+}$ 은 전자가 2개 줄어든 10개이다. 전자들의 총 전하량은  $O^{2-}$ 은 -10, K는 -19,  $Mg^{2+}$ 은 -10이다.

#### 개념 바로 알기

- ①  $O^{2-}$ 은 전자를 2개 얻어서 생긴 이온이다.
- ②  $Mg^{2+}$ 은 양이온이므로 전류를 흘려 주면 (-)극으로 이동한다.
- ③ K는 원자이므로 원자핵의 전하량은 전자들의 총 (-)전하량과 같다.
- ④ 전자 수는  $O^{2-}$ 은 10개, K는 19개,  $Mg^{2+}$ 은 10개이므로 전자 수가 가장 많은 것은 K이다.

**22** **답** ② | 질산 은 수용액을 떨어뜨렸을 때 흰색 앙금을 생성하는 것은 염화 이온이 들어 있는 물질이다. 따라서 변화 없는 (다)는 질산 칼슘이다.

황산 구리(II) 수용액을 떨어뜨렸을 때 흰색 앙금이 생성되는 것은 바륨 이온이 들어 있는 물질이다. 따라서 (가)는 염화 바륨이다. (나)는 염화 나트륨이다.

## 서술형 다지기

P.78

- 01** **모범 답안** (1) 원자 A가 전자를 2개 얻어서 음이온이 된다.  
(2)  $A^{2-}$ , 원자핵의 (+)전하량보다 전자들의 총 (-)전하량이 크다.

채점 기준		배점
(1)	전자 2개를 얻은 것과 음이온을 포함하여 옳게 쓴 경우	40 %
(2)	이온식과 전하량 비교를 옳게 서술한 경우	60 %
	이온식만 옳게 쓴 경우	20 %

**02** **모범 답안** (1)  $F + \ominus \longrightarrow F^{-}$

(2) 플루오린 원자가 전자 1개를 얻어 플루오린화 이온이 된다.

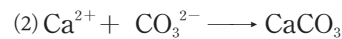
**03** **모범 답안**  $A^{+}$ 와  $D^{2+}$ , 양이온은 원자가 전자를 잃어서 만들어지며, '원자핵의 (+)전하량 > 전자들의 총 (-)전하량'이 되기 때문이다.

채점 기준		배점
양이온을 옳게 고르고, 그 까닭을 원자핵과 전자의 전하량을 포함하여 옳게 서술한 경우		100 %
양이온만 옳게 고른 경우		40 %

**04** **모범 답안** (1) 구리 이온, (-)극 쪽으로 이동한다.

(2) 과망가니즈산 이온, (+)극 쪽으로 이동한다.

**05** **모범 답안** (1) 탄산 칼슘, 흰색



채점 기준		배점
(1)	앙금의 이름과 색깔을 옳게 쓴 경우	40 %
(2)	앙금 생성 과정을 식으로 옳게 나타낸 경우	60 %

**06** **모범 답안**  $Cl^{-}$ , 은 이온은 염화 이온과 만나 흰색 앙금인 염화 은을 생성하기 때문이다.

채점 기준		배점
염화 이온의 이온식을 옳게 쓰고 염화 은 앙금을 포함하여 옳게 서술한 경우		100 %
염화 이온의 이온식만 옳게 쓴 경우		40 %

## 개념 한 걸음 더

P.79

**01** (1)  $O^{2-}$  (2)  $F^{-}$  (3)  $Na^{+}$  (4)  $S^{2-}$

**01** **답** 가장 마지막에 있는 전자 껍질에 전자가 몇 개 있는지를 보고, 전자 개수가 8개가 되려면 전자를 얻는 것이 빠른 지, 전자를 잃는 것이 빠른 지를 판단한다. 산소는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 6개이므로 전자 2개를 얻어 음이온이 된다. 플루오린은 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 7개이므로 전자 1개를 얻어 음이온이 된다. 나트륨은 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 1개이므로 전자 1개를 잃고 양이온이 된다. 황은 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 6개이므로 전자를 2개 얻어 음이온이 된다.

# IV | 물질의 특성

## 07 물질의 특성

### 개념 확인 Quiz

p.82

- 1 혼합물    2 끓는점    3 아래로, 위로    4 낮을, 높을

### 자료 보고 개념 다지기

p.83-84

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×    02 (1) ㄱ, ㄴ, ㄹ, ㅁ, ㅂ  
 (2) ㄷ, ㄹ, ㅅ, ㅇ    03 ① 높을, ② 높아, ③ 낮을, ④ 낮아  
 04 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ×    05 (1) 81 °C  
 (2) (나), (라) (3) 순물질, 일정    06 물질 A: 0.5 g/mL, 물질 B: 2 g/cm<sup>3</sup>  
 07 4.5 g/cm<sup>3</sup>    08 C > F > B > E > A > D    09 (1) × (2) ○  
 (3) × (4) ○ (5) ×    10 (1) 169 (g/물 100 g) (2) 55 g (3) 32 g

- 01 혼합물은 성분 물질의 성질을 그대로 가지고 있으며, 성분 물질이 섞인 비율에 따라 성질이 변한다. 화합물은 순물질이므로 물질의 양에 관계없이 녹는점과 끓는점이 일정하다.
- 02 수소와 구리는 홑원소 물질, 에탄올과 소금은 화합물이다. 사이다와 설탕물은 균일 혼합물, 우유와 화강암은 불균일 혼합물이다.
- 03 소금물은 끓는 동안 물이 기화되어 농도가 높아지므로 온도가 계속 올라가며, 어는 동안 물이 응고되어 얼음이 되므로 농도가 높아지므로 온도가 계속 내려간다.
- 04 끓는점은 외부 압력에 따라 변하기는 하지만 물질의 종류에 따라 다르므로 물질의 특성이다. 녹는점, 어는점, 끓는점은 물질의 양에 관계없이 일정하며, 같은 물질인 경우 녹는점과 어는점은 같다.
- 05 (가) 구간에서는 나프탈렌이 고체 상태로 존재한다. (나) 구간에서는 나프탈렌이 녹기 시작하며, (다) 구간에서는 액체 상태로 존재한다. (라) 구간에서 나프탈렌이 열기 시작하여, (마) 구간에서는 고체 상태로 존재한다. 이때 (나) 구간의 온도는 녹는점, (라) 구간의 온도는 어는점이다.
- 06 밀도 =  $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$  이다. 물질 A의 밀도는  $\frac{10 \text{ g}}{20 \text{ mL}}$  이고, 물질 B의 밀도는  $\frac{60 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3}$  이다.
- 07 밀도는 물질의 특성으로, 물질의 양에 관계없이 일정하다.
- 08 밀도가 서로 다른 물질이 섞여 있을 때 밀도가 큰 물질은 아래로 내려가고, 밀도가 작은 물질은 위에 뜬다.

09 용해도는 어떤 온도에서 용매 100 g에 최대 녹을 수 있는 용질의 g수이다. 기체의 용해도는 온도가 낮을수록, 압력이 높을수록 증가한다.

10 용해도는 용매 100 g에 최대 녹을 수 있는 용질의 양이다. 60 °C의 물 100 g에 질산 칼륨은 110 g까지 녹을 수 있으므로, 물 50 g에는 그 절반인 55 g까지 녹을 수 있다. A상태의 질산 칼륨 수용액 132 g에는 물 100 g에 질산 칼륨 32 g이 녹아 있다.

### 탐구 대표문제

p.85-87

#### I 탐구 A

p.85

- 01 ②    02 ③    03 0.8 g/mL

01 ② | 고체 물질의 질량은 5.0 g, 부피는 40 - 30 = 10 (mL)이다. 밀도는  $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$  이므로  $\frac{5.0 \text{ g}}{10 \text{ mL}} = 0.5 \text{ g/mL}$ 이다.

02 ③ | 고체 물질의 부피는 130 - 100 = 30 (mL), 질량은 270 g이므로 밀도는  $\frac{270 \text{ g}}{30 \text{ mL}} = 9.0 \text{ g/mL}$ 이다. 이는 표에 나온 물질 중 구리와 같다.

03 ④ 0.8 g/mL | 액체의 질량은 55.0 - 39.0 = 16.0 (g), 부피는 20.0 mL, 이므로, 밀도는  $\frac{16.0 \text{ g}}{20 \text{ mL}} = 0.8 \text{ g/mL}$ 이다.

#### I 탐구 B

p.87

- 01 ⑤    02 ㉠ 110, ㉡ 100, ㉢ 110, ㉣ 110, ㉤ 60, ㉥ 50  
 03 (1) 질산 나트륨 (2) 염화 나트륨    04 5.9 g  
 05 180 g

01 ⑤ | 질산 칼륨을 물에 녹인 것이므로 물은 용매, 질산 칼륨은 용질, 질산 칼륨 수용액은 용액이다. 질산 칼륨은 온도가 높을수록 용해도가 높다. 따라서 물 5 g에 질산 칼륨을 서로 다른 양만큼 넣고 녹이면 질산 칼륨의 양이 적은 A 시험관에서 질산 칼륨이 가장 먼저 완전히 녹고, 질산 칼륨의 양이 많은 D 시험관은 가장 늦게 완전히 녹는다. A~D 시험관의 질산 칼륨을 모두 녹인 후 온도를 낮추면 질산 칼륨이 가장 많이 녹아 있는 D 시험관에서 결정이 가장 먼저 생긴다. 이 실험으로 온도가 높을수록 더 많은 질산 칼륨이 녹는다는 것을 알 수 있으므로, 온도와 용해도와의 관계를 알 수 있다.

① A에서 결정이 석출된 온도가 24 °C라는 것은, 24 °C에서 물 5 g에 질산 칼륨이 최대로 녹을 수 있는 양이 2 g이라는 의미이다. 24 °C에서 물 100 g에 질산 칼륨을 녹인다면  $2 \times 20 = 40$  g이 녹는다. 용해도는 어떤 온도에서 용매 100 g에 최대로 녹을 수 있는 용질의 g수이므로, 24 °C에서 질산 칼륨의 용해도는 40 (g/물 100 g)이다.

**02** **답** ㉠ 110, ㉡ 100, ㉢ 110, ㉤ 110, ㉥ 60, ㉦ 50 | 60 °C의 물 100 g에 대한 질산 칼륨의 용해도는 110이다. 이는 물 100 g에 질산 칼륨이 110 g 녹아 있다는 의미이다. 60 °C의 질산 칼륨 포화 용액 210 g은 물 110 g에 질산 칼륨 110 g이 녹아 있다. 40 °C에서 물 100 g에 대한 질산 칼륨의 용해도는 60이므로, 질산 칼륨 수용액을 80 °C에서 40 °C로 냉각할 때 질산 칼륨은  $110 - 60 = 50$  (g) 석출된다.

**03** **답** (1) 질산 나트륨 (2) 염화 나트륨 | 40 °C에서 그래프 값이 가장 높고, 용해도가 가장 큰 물질이다. 용해도 곡선의 기울기가 급할수록 온도에 따른 용해도 변화가 크고, 용해도 곡선이 완만할수록 온도에 따른 용해도 변화가 작다. 즉, 염화 나트륨은 온도에 따른 용해도에 큰 차이가 없으므로 온도를 낮추어도 석출되는 양이 적다. 냉각시켰을 때 가장 많이 석출되는 물질은 질산 칼륨이다.

**04** **답** 5.9 g | 60 °C에서 물 100 g에 대한 염화 칼륨의 용해도는 45.8이다. 60 °C에서 염화 칼륨 포화 용액 72.9 g에 들어 있는 물의 양을  $x$ 라고 하면,  
 $(100 + 45.8) : 100 = 72.9 : x$ ,  $x = 50$  g이다. 즉, 염화 칼륨 포화 용액 72.9 g은 물 50 g에 염화 칼륨 22.9 g이 녹아 있는 것이다.  
 20 °C에서 물 100 g에 대한 염화 칼륨의 용해도가 34.0이므로, 물 50 g에 최대로 녹을 수 있는 염화 칼륨의 양은 17 g이다. 따라서 석출되는 염화 칼륨의 양은  $22.9 - 17 = 5.9$  (g)이다.

**05** **답** 180 g | 80 °C에서 물 100 g에 질산 칼륨은 170 g까지 녹을 수 있다. 질산 칼륨 포화 용액 405 g에 들어 있는 물의 양을  $x$ 라고 하면,  
 $(100 + 170) : 100 = 405 : x$ ,  $x = 150$  g이다. 즉, 물 150 g에 질산 칼륨 255 g이 녹아 있다.  
 30 °C에서 물 100 g에 대한 질산 칼륨의 용해도가 50이므로, 물 150 g에는 1.5배인 75 g이 녹을 수 있다. 따라서 석출되는 질산 칼륨의 양은  $255 - 75 = 180$  (g)이다.

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

**01** **답** ② | 물질은 한 가지 물질로 이루어진 순물질과 두 가지 이상의 순물질이 섞인 혼합물로 구분한다. 혼합물은 성분 물질이 고르게 섞인 균일 혼합물과 성분 물질이 고르게 섞여 있지 않은 불균일 혼합물로 나뉜다.

(가)는 순물질, (나)는 혼합물, (다)는 균일 혼합물, (라)는 불균일 혼합물이다. 순물질은 밀도, 녹는점, 끓는점 등이 일정하지만 혼합물은 일정하지 않다. 혼합물은 성분 물질의 성질을 그대로 가지고 있으며, 성분 물질의 혼합 비율에 따라 물질의 특성이 달라진다. 설탕물(설탕+물)이나 공기(질소+산소+이산화 탄소 등)는 성분 물질이 고르게 섞여 있는 균일 혼합물이다.

개념 바로 알기

② (가)에는 한 가지 원소로 이루어진 홑원소 물질과 두 가지 이상의 원소로 이루어진 화합물이 있다. 즉, 순물질에는 산소나 수소, 구리와 같이 한 가지 원소로 이루어진 물질도 있다.

**02** **답** ④ | (가)는 불균일 혼합물, (나)는 균일 혼합물, (다)는 홑원소 물질, (라)는 화합물을 나타낸 것이다. 우유는 불균일 혼합물이고, 소금물은 균일 혼합물이다. 구리, 수소, 질소는 홑원소 물질이며, 물과 이산화 탄소는 화합물이다.

**03** **답** ④ | 물질의 여러 가지 성질 중 양에 관계없이 일정하며, 그 물질만이 가지는 고유한 성질을 물질의 특성이라고 한다. 온도, 부피, 질량은 양에 따라 변하는 값이므로 물질의 특성이 아니다.

**04** **답** ④ | 순물질인 물과 혼합물인 소금물을 가열하면, 물은 100 °C에서 끓기 시작하여 끓는 동안 온도가 일정하게 유지되지만, 소금물은 100 °C보다 높은 온도에서 끓기 시작하여 끓는 동안 온도가 계속 올라간다. 따라서 A는 소금물, B는 물이다.

개념 바로 알기

④ 순물질의 끓는점은 질량에 관계없이 일정하다. 물의 질량이 늘어나면 끓는점에 도달하는 시간이 오래 걸리지만 끓는점은 100 °C로 일정하다.

**05** **답** ③ | 순물질인 물과 혼합물인 소금물을 생각하면, 물은 0℃에서 얼기 시작하여 어는 동안 온도가 일정하게 유지되지만, 소금물은 0℃보다 낮은 온도에서 얼기 시작하여 어는 동안 온도가 계속 내려간다.

눈이 왔을 때 염화 칼슘을 뿌리면 눈이 녹은 물에 염화 칼슘이 녹아 혼합물인 염화 칼슘 수용액이 된다. 혼합물은 어는 점이 내려가므로 영하의 날씨에서도 눈이 녹은 물이 다시 얼지 않는다. 이는 소금물의 냉각 곡선으로 설명할 수 있다.

**개념 바로 알기**

③ 소금물이 얼기 시작하면 물이 응고되어 얼음이 되므로 소금물의 농도는 점점 진해진다.

**06** **답** ④ | 끓는점은 액체가 끓어 기체가 되는 동안 일정하게 유지되는 온도이며, 물질의 종류에 따라 다르므로 물질의 특성이 된다. 물질의 양이 많아지면 끓는점에 도달하는 시간은 오래 걸리지만 물질의 양에 관계없이 끓는점은 일정하다.

**개념 바로 알기**

④ 압력이 높을수록 끓는점은 높아지고, 압력이 낮을수록 끓는점은 낮아진다.

**07** **답** ③ | 액체를 가열하면 액체가 끓어 기체가 되며, 끓는 동안 온도가 일정하게 유지된다. 그래프에서 온도가 일정하게 유지되는 구간이 물질이 끓는 구간이며, 이 때의 온도가 끓는점이다.

물질이 끓으려면 입자 사이의 결합이 끊어지고 입자 사이의 거리가 멀어져야 한다. 입자 사이의 인력이 클수록 더 많은 에너지가 필요하므로 끓는점이 높아진다. 따라서 입자 사이의 인력이 가장 큰 물질은 끓는점이 가장 높은 C이다.

**개념 바로 알기**

① A와 B는 끓는점이 같으므로 같은 물질이며, A가 B보다 먼저 끓으므로 'A의 질량 < B의 질량'이다.

② A의 끓는점은 C의 끓는점보다 낮다.

④ A, B, C 중 가장 먼저 끓기 시작하는 물질은 끓는점에 가장 먼저 도달하는 A이다.

⑤ 끓는점이 같은 A와 B는 같은 종류의 물질이고, 끓는점이 다른 C는 A, B와 다른 물질이다.

**08** **답** ④ | A, B, C는 모두 그래프에서 수평한 구간의 온도가 같다. 즉, 끓는점이 모두 같으며, 따라서 모두 같은 물질이다. 이때 가장 먼저 끓는 A의 질량이 가장 작다.

**개념 바로 알기**

ㄱ. A, B, C는 모두 같은 종류의 물질이다.

ㄴ. 끓는점은 A, B, C가 모두 같다.

**09** **답** ②, ⑤ | 25℃에서 액체 상태인 물질은 녹는점이 25℃보다 낮고, 끓는점이 25℃보다 높은 물질이다. 25℃에서 A와 C는 기체, B와 E는 액체, D는 고체이다.

**10** **답** ①, ⑤ | 이 고체 물질을 가열하면 AB 구간에서는 고체 상태로 온도가 올라가며, BC 구간에서는 녹기 시작하여 액체와 고체 상태가 동시에 존재한다. CD 구간에서는 액체 상태로 온도가 올라가며, DE 구간에서는 액체 상태로 온도가 내려간다. EF 구간에서는 얼기 시작하여 액체와 고체 상태가 동시에 존재하고, FG 구간에서는 고체 상태로 온도가 내려간다. BC와 EF 구간에서는 상태 변화가 일어나므로, 가해 준 열에너지가 모두 상태 변화에 사용되어 온도가 변하지 않고 일정하다. 물질의 양이 많아지면 녹거나 어는 데 걸리는 시간이 길어진다.

**개념 바로 알기**

① 녹는점과 어는점은 모두 53℃로 같다.

⑤ 물질의 양이 많아지면 EF 구간의 길이는 길어지지만, 온도는 변하지 않고 일정하다.

**11** **답** ③ | 밀도는 물질의 질량을 부피로 나눈 값으로, 단위 부피당 질량이다. 밀도는 물질마다 고유한 값을 가지므로 물질의 특성이며, 같은 물질이면 양에 관계없이 일정하다. 밀도가 다른 물질이 섞여 있으면 밀도가 큰 물질은 아래로, 밀도가 작은 물질은 위로 뜬다.

**개념 바로 알기**

③ 두 물질의 부피가 같을 때 질량이 클수록 밀도가 크다.

**12** **답** ④ | 각 물질의 밀도는 A는 1.5 g/cm<sup>3</sup>, B는 1.0 g/cm<sup>3</sup>, C는  $\frac{1}{3}$  g/cm<sup>3</sup>, D는 1.0 g/cm<sup>3</sup>이다. A의 밀도는 B의 1.5배이므로 부피가 같을 때 A의 질량은 B의 1.5배이다.

**개념 바로 알기**

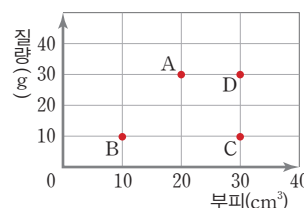
① B와 D는 밀도가 같으므로 같은 물질이다.

② 밀도는 A가 가장 크다.

③ 밀도가 가장 작은 물질은 C이다.

⑤ 같은 물질이면 양에 관계없이 밀도는 일정하다.

**자료 분석** 밀도



- A:  $\frac{30 \text{ g}}{20 \text{ cm}^3} = 1.5 \text{ g/cm}^3$
- B:  $\frac{10 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = 1.0 \text{ g/cm}^3$
- C:  $\frac{10 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = \frac{1}{3} \text{ g/cm}^3$
- D:  $\frac{30 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = 1.0 \text{ g/cm}^3$



- 13 답 ② | 물에 뜨고 가라앉은 것은 밀도와 관련이 있다. 물에 넣었을 때 물보다 밀도가 큰 물질은 가라앉고, 물보다 밀도가 작은 물질은 물 위에 뜬다.

$$\begin{aligned} &\bullet A: \frac{24 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = 2.4 \text{ g/cm}^3 \quad \bullet B: \frac{18 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = 0.6 \text{ g/cm}^3 \\ &\bullet C: \frac{36 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = 1.2 \text{ g/cm}^3 \quad \bullet D: \frac{40 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 0.8 \text{ g/cm}^3 \\ &\bullet E: \frac{36 \text{ g}}{60 \text{ mL}} = 0.6 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

A~E 중 밀도가 물( $1.0 \text{ g/cm}^3$ )보다 큰 것은 A와 C이다.

- 14 답 ④ | 밀도가 큰 물질은 아래로 내려가고, 밀도가 작은 물질은 위로 올라간다. 밀도는 '사염화 탄소 > 글리세린 > A > 물 > 식용유'이며, 같은 질량의 물과 사염화 탄소의 부피를 비교하면 밀도가 큰 사염화 탄소의 부피가 더 작다.

#### 개념 바로 알기

④ 밀도는 물질의 양과 관계없이 일정하다. 따라서 물의 양을 늘리더라도 물의 밀도는 변하지 않으므로, 물은 항상 글리세린 위에 위치한다.

- 15 답 ④ | 고체 물질의 질량이 339.0 g, 부피가  $80 - 50 = 30 \text{ (mL)}$ 이므로, 밀도는  $\frac{339.0 \text{ g}}{30 \text{ mL}} = 11.3 \text{ g/mL}$ 이다. 따라서 이 물질은 납이다.

- 16 답 ② | 녹는 물질인 염화 나트륨은 용질, 녹이는 물질인 물은 용매, 두 물질이 섞이는 현상은 용해, 두 물질이 고르게 섞인 염화 나트륨 수용액은 용액이다.

- 17 답 ⑤ | 용해도는 온도와 용매의 종류에 따라 달라지므로 용해도를 나타낼 때는 온도와 용매의 종류를 함께 표시해야 한다. 고체의 용해도는 대부분 온도가 높아질수록 증가하며, 용해도는 물질의 종류에 따라 다르므로 물질의 특성이다.

#### 개념 바로 알기

⑤ 같은 물질이라도 용매의 종류에 따라 용해도가 다르다.

- 18 답 ④ |  $80^\circ\text{C}$ , 물 100 g에는 질산 나트륨이 148 g까지 녹을 수 있으며, 물 200 g에는 2배인 296 g까지 녹을 수 있다.  $20^\circ\text{C}$ , 물 100 g에는 질산 나트륨이 88 g 녹을 수 있으며, 물 200 g에는 176 g이 녹을 수 있다. 따라서  $20^\circ\text{C}$ 로 냉각시키면  $296 - 176 = 120 \text{ (g)}$ 의 질산 나트륨이 석출된다.

- 19 답 ④ |  $60^\circ\text{C}$ 에서 물 100 g에 질산 칼륨은 110 g까지 녹을 수 있으며,  $20^\circ\text{C}$ 에서는 37 g까지 녹을 수 있다. 따라서 용액의 온도를  $20^\circ\text{C}$ 로 낮추면  $110 - 37 = 73 \text{ (g)}$ 의 질산 칼륨이 석출된다.

#### 개념 바로 알기

① 용해도는 어떤 온도에서 용매 100 g에 최대 녹을 수 있는 용질의 g수를 나타낸 것이므로, 용해도 곡선 상에 있는 용액은 모두 포화 용액이다.

② 온도가 높아지면 대부분의 고체 물질은 용해도가 증가한다.

③  $60^\circ\text{C}$ 에서 그래프 값이 가장 높고 있는 질산 나트륨의 용해도가 가장 크다.

⑤ 용해도 곡선의 기울기가 급할수록 석출되는 용질의 양이 많다. 그래프에서 기울기가 가장 급한 질산 칼륨의 석출량이 가장 많다.

- 20 답 ② | 탄산음료에는 이산화 탄소 기체가 녹아 있다. 기체의 용해도는 온도가 높을수록 낮아진다. 즉, 탄산음료의 온도가 높으면 이산화 탄소의 용해도가 감소하므로 기포가 많이 발생하고, 탄산음료의 온도가 낮으면 이산화 탄소의 용해도가 증가하므로 기포가 적게 발생한다.

실온에 둔 사이다는 냉장고에 둔 사이다에 비해 온도가 높으므로 이산화 탄소의 용해도가 낮아 이산화 탄소가 많이 빠져나간다. 따라서 마셨을 때 톡 쏘는 맛이 약하다.

#### 개념 바로 알기

② 기포가 발생하는 것은 탄산음료에 녹지 못한 이산화 탄소가 빠져나오는 것이므로, 온도가 가장 높은 (다)에서 기포가 가장 많이 발생한다

- 21 답 ㄱ | 감압 용기의 공기를 빼내면 용기 내부의 압력이 줄어든다. 물질의 끓는점은 압력이 낮아지면 내려간다. 따라서 압력이 낮은 곳에서는 물이  $100^\circ\text{C}$ 보다 낮은 온도에서 끓으므로 높은 산에서 밥을 하면 쌀이 설익는다.

#### 개념 바로 알기

ㄴ. 물에 소금을 넣으면  $100^\circ\text{C}$ 보다 높은 온도에서 끓는 것은 혼합물이 끓는 온도가 순물질보다 높은 것이다.

ㄷ. 수면 가까스로 올수록 기포의 크기가 커지는 것은 압력이 작아져 부피가 커지는 것으로, 보일 법칙이다.

- 22 답 ⑤ | 문제의 실험은 온도에 따른 용해도를 알아보기 위한 것이다. 질산 칼륨을 모두 녹인 후 서서히 냉각시키면 결정이 생기기 시작하는데, 이때 용액은 포화 상태이다.  $43^\circ\text{C}$ 에서 물 20 g에 질산 칼륨이 14 g까지 녹을 수 있으므로, 물 100 g에는 질산 칼륨이  $14 \text{ g} \times 5 = 70 \text{ g}$ 까지 녹을 수 있다. 질산 칼륨을 20 g 녹인 시험관의 온도를  $43^\circ\text{C}$ 까지 낮추면  $20 - 14 = 6 \text{ (g)}$ 의 질산 칼륨이 석출된다.



개념 바로 알기

⑤ 실험에서 물 20 g에 질산 칼륨이 20 g 녹을 수 있는 온도는 56 °C이다. 이때 물 100 g에는 질산 칼륨이 100 g 녹을 수 있다. 따라서 물 100 g에 질산 칼륨 100 g을 모두 녹이려면 56 °C 이상 온도를 높여야 한다.

서술형 다지기

p.92

- 01 모범 답안** (1) 순물질: 설탕, 철, 이산화 탄소 / 혼합물: 우유, 식초, 공기, 흙탕물, 암석  
(2) 한 가지 물질로 이루어져 있으면 순물질, 두 가지 이상의 순물질이 섞여 있으면 혼합물이다.

- 02 모범 답안** (1) A는 소금물이고, B는 물이다.  
(2) B는 물의 끓는점인 100 °C에서 끓지만, A는 끓는점이 물보다 높고, 끓는 동안 온도가 계속 높아지기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	A와 B를 모두 옳게 구별한 경우	30 %
(2)	A, B의 끓는점을 비교하여 옳게 서술한 경우	70 %

- 03 모범 답안** 질량은 20.0 g, 부피는  $40 - 30 = 10$  (mL)이므로, 밀도는  $\frac{20.0 \text{ g}}{10 \text{ mL}} = 2.0 \text{ g/mL}$ 이다.

- 04 모범 답안** (1) (다)  
(2) 기체는 온도가 낮을수록 용해도가 증가한다. 또는 기체는 온도가 높을수록 용해도가 감소한다.

채점 기준		배점
(1)	(다)를 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	기체의 용해도와 온도의 관계를 옳게 비교하여 서술한 경우	70 %

- 05 모범 답안** (1) 340 g  
(2) 80 °C의 물 200 g에 질산 칼륨이 340 g까지 녹을 수 있고, 30 °C의 물 200 g에는 질산 칼륨이 100 g까지 녹을 수 있다. 따라서 80 °C의 질산 칼륨 수용액을 30 °C로 냉각하면  $340 - 100 = 240$  (g)의 질산 칼륨이 석출된다.

채점 기준		배점
(1)	필요한 질산 칼륨의 양을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	온도에 따른 질산 칼륨의 용해도를 포함하여 옳게 서술한 경우	70 %

개념 한 걸음 더

p.93

- 01 ① 02 ⑤

- 01 답 ①** | 기체는 온도와 압력에 따라 부피가 크게 변하므로 밀도를 나타낼 때는 반드시 온도와 압력을 함께 표시한다.

- 02 답 ⑤** | 밀도는 물질의 단위 부피당 질량으로 부피가 같을 때는 질량이 클수록, 질량이 같을 때는 부피가 작을수록 밀도가 크다. 물을 제외한 대부분 물질의 밀도는 '고체 > 액체 > 기체' 순이다.

개념 바로 알기

- ⑤ 밀도는 물질의 특성이므로 물질의 양에 관계없이 일정하다.

08 혼합물의 분리

개념 확인 Quiz

p.96

- 1 작은, 큰 2 증류 3 속도 4 재결정

자료 보고 개념 다지기

p.97~98

- 01** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) × (6) ×  
**02** 속이 찬 법씨 > 소금물 > 쪽정이 **03** ㄱ, ㄹ, ㅂ  
**04** (1) 낮은, 높은 (2) 끓는점 (3) 낮은 (4) 아래쪽 (5) 등유, 경유, 중유  
**05** (1) (라) (2) (나) (3) (가) (4) (다) **06** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×  
**07** (1) 4가지 (2) D **08** 크로마토그래피  
**09** ㉠ 31, ㉡ 36, ㉢ 질산 칼륨, ㉤ 50, ㉥ 19 **10** ① 용해도, ② 포화

- 01** 밀도 차를 이용해 액체 혼합물을 분리할 때는 두 액체 물질이 서로 섞이지 않아야 한다. 분별 깔때기는 밀도가 다른 액체 혼합물을 분리할 때 사용하는 기구이다. 모래는 고체이므로 분별 깔때기로 분리할 수 없다. 물과 식용유의 혼합물을 분별 깔때기에 넣으면 밀도가 큰 물이 아래로, 밀도가 작은 식용유가 위로 올라가 층을 이룬다.

- 02** 밀도가 다른 물질을 섞으면 밀도가 큰 물질은 아래로, 밀도가 작은 물질은 위로 올라간다. 소금물은 속이 찬 법씨와 쪽정이 밀도의 중간 정도 값을 가진다.

- 03** 톱밥과 모래를 물에 넣으면 밀도가 작은 톱밥은 위로, 밀도가 큰 모래는 아래로 가라앉으므로 분리할 수 있다. 물과 에탄올, 원유는 끓는점 차를 이용하여 분리한다.

- 04** 끓는점이 다르고 서로 잘 섞이는 액체 혼합물은 끓는점 차를 이용해 분리하는데, 혼합물을 가열하면 끓는점이 낮은 물질이 먼저 끓어 나온다. 증류탑에서 원유를 가열하면 끓는점이 낮은 석유 가스가 먼저 끓어 증류탑 위로 올라가 분리된다.

- 05 물과 에탄올의 혼합물을 가열하면 혼합 용액의 온도가 높아지다가(가), 에탄올의 끓는점보다 약간 높은 온도에서 에탄올이 끓어 나오고(나), 남은 물의 온도가 계속 높아지다가(다), 100 °C에서 물이 끓어 나온다(라).
- 06 크로마토그래피는 혼합물을 이루는 각 성분 물질이 용매를 따라 이동하는 속도가 다른 것을 이용한 것으로, 여러 가지 물질이 섞인 복잡한 혼합물도 분리할 수 있으며, 혼합물의 양이 적어도 쉽게 분리할 수 있다. 용매를 따라 이동하는 속도가 빠른 성분일수록 위쪽까지 올라가므로 위쪽에 위치한다.
- 07 검정색 사인펜의 색소가 A~D의 4가지 성분으로 분리된 것이며, 가장 위쪽에 있는 D의 이동 속도가 가장 빠르다.
- 09 20 °C의 물 100 g에 녹을 수 있는 질산 칼륨의 양은 31 g이며, 염화 나트륨은 36 g이다. 처음 물에 녹인 양은 질산 칼륨이 50 g, 염화 나트륨이 20 g이므로, 온도가 20 °C로 내려가면 질산 칼륨은 다 녹지 못하고,  $50 - 31 = 19$  (g)이 석출된다. 염화 나트륨은 20 °C의 물 100 g에 36 g까지 녹을 수 있는데, 20 g이 녹아 있으므로 석출되지 않고 그대로 모두 녹아 있다.

## 탐구 대표문제

p.99~101

### I 탐구 A

p.99

- 01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) ○      02 ④  
03 (나), 물과 에탄올의 끓는점이 다르기 때문이다.

- 01 서로 섞이는 액체 혼합물은 끓는점 차를 이용해 분리한다. 이때 두 물질의 끓는점 차이가 클수록 잘 분리할 수 있다. 바닷물을 끓이면 물이 끓어 나오므로 식수를 얻을 수 있다.
- 02 답 ④ | 물과 에탄올 혼합물을 가열하면 에탄올의 끓는점보다 조금 높은 온도에서 에탄올이 끓어 나온다.

#### 개념 바로 알기

- 혼합 용액을 가열하면 끓는점이 낮은 에탄올이 먼저 끓어 나온다.
- 혼합 용액은 에탄올의 끓는점보다 조금 높은 온도인 80 °C에서 끓고, 이때 에탄올이 분리된다. 계속 끓이면 물의 끓는점인 100 °C에서 끓어 물이 분리된다.
- 시험관 A에서는 기체 에탄올이 찬물에 담긴 시험관에서 액체 에탄올로 액화된다.
- 물이 끓어 나오는 동안에는 온도가 일정하게 유지된다.

### I 탐구 B

p.101

- 01 ②      02 ㉠ 봉산, ㉡ 10      03 재결정      04 ③  
05 ④      06 ⑤

- 01 답 ② | 봉산은 온도에 따른 용해도 차이가 크고, 염화 나트륨은 용해도 차이가 작다. 따라서 봉산과 염화 나트륨 혼합물을 물에 모두 녹인 후 냉각하면, 봉산이 결정으로 석출된다. 이를 거름종이에 거르면 봉산 결정은 거름종이 위에 남고, 걸러진 용액에는 봉산과 염화 나트륨이 녹아 있다.
- 02 답 ㉠ 봉산, ㉡ 10 | 20 °C에서 물 100 g에 염화 나트륨은 35.9 g, 봉산은 5 g까지 녹을 수 있다. 따라서 물 100 g에 봉산과 염화 나트륨이 각각 15 g씩 녹아 있는 용액을 20 °C로 냉각하면 봉산이  $15 - 5 = 10$  (g) 석출된다.
- 04 답 ③ | 온도에 따른 용해도 차이가 큰 봉산은 온도를 낮추면 결정으로 석출된다. ㉢에서는 염화 나트륨과 봉산의 혼합물이 얻어진다.
- 05 답 ④ | 0 °C, 물 100 g에 염화 나트륨은 35.7 g, 질산 칼륨은 13.3 g까지 녹을 수 있다. 물 100 g에 염화 나트륨과 질산 칼륨이 각각 30 g씩 녹아 있는 용액의 온도를 0 °C로 낮추면 질산 칼륨  $30 - 13.3 = 16.7$  (g) 석출된다. 염화 나트륨은 35.7 g까지 녹을 수 있는데, 30 g 녹아 있으므로 석출되지 않는다.

- 06 답 ⑤ | 제시된 방법은 재결정이다.

#### 개념 바로 알기

- 꽃잎의 색소는 크로마토그래피를 이용하여 분리한다.
- 암모니아와 공기는 모두 실온에서 기체로, 암모니아의 끓는점은  $-33.3$  °C, 산소의 끓는점은  $-183$  °C이다. 혼합 기체의 온도를 낮추면 끓는점이 높은 암모니아가 먼저 액화되므로 분리할 수 있다.
- 식초 속의 아세트산은 끓는점 차를 이용하여 분리한다.
- 모래에서 사금을 분리하는 것은 밀도 차를 이용한 것이다.

## 실력 다지기

p.102~105

- |         |      |      |                                 |      |
|---------|------|------|---------------------------------|------|
| 01 ②    | 02 ④ | 03 ③ | 04 ⑤                            | 05 ② |
| 06 ①, ③ | 07 ⑤ | 08 ⑤ | 09 아스팔트, 중유, 경유, 등유, 휘발유, 석유 가스 | 10 ② |
| 11 ③, ④ | 12 ⑤ | 13 ④ | 14 ②                            | 15 ③ |
| 16 ③    | 17 ④ | 18 ⑤ | 19 ④                            | 20 ④ |
| 21 ③    | 22 ② | 23 ⑤ |                                 |      |

**01** **답** ② | 제시된 혼합물은 서로 밀도가 다르기 때문에 밀도 차를 이용하여 분리한다.

**02** **답** ④ | 속이 찬 벼씨와 쪽정이를 소금물에 넣으면 소금물보다 밀도가 큰 속이 찬 벼씨는 바닥으로 가라앉고, 소금물보다 밀도가 작은 쪽정이는 소금물 위로 뜬다. 즉, 밀도는 ‘쪽정 < 소금물 < 속이 찬 벼씨’이다. 쪽정이가 뜨지 않을 때는 소금을 더 넣어서 소금물의 밀도를 더 크게 하면 쪽정이가 위로 뜬다.

**개념 바로 알기**

- ① 밀도 차를 이용한 분리 방법이다.
- ② 쪽정이의 밀도는 소금물의 밀도보다 작다.
- ③ 물과 에탄올은 끓는점 차를 이용해 분리한다.
- ⑤ 쪽정이와 속이 찬 벼씨의 밀도 차이가 클수록 분리가 잘 된다.

**03** **답** ③ | 밀도가 다른 고체 물질이 섞여 있을 때는 두 고체를 녹이지 않고, 밀도가 두 고체의 중간 정도인 액체에 넣어 분리한다. A와 B를 물에 넣으면, 물보다 밀도가 작은 A는 물 위에 뜨고, 물보다 밀도가 큰 B는 아래로 가라앉는다.

**개념 바로 알기**

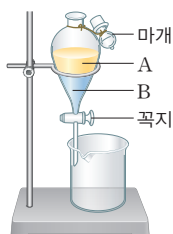
수은과 사염화 탄소는 A, B보다 밀도가 크므로 물체가 모두 위로 뜬다. 에탄올과 에테르는 A, B보다 밀도가 작으므로, 물체가 모두 아래로 가라앉는다.

**04** **답** ⑤ | 분별 깔때기는 밀도가 다르면서 서로 섞이지 않은 액체 혼합물을 분리할 때 사용한다. 이때 밀도가 큰 B는 아래로, 밀도가 작은 A는 위로 간다. 두 물질의 경계층에서는 정확히 물질을 분리하기 어려우므로 경계면에 있는 액체는 따로 받아낸다. 분별 깔때기를 사용할 때는 먼저 마개를 연 후 꼭지를 돌려 밀도가 큰 아래의 물질을 받아내고, 경계면의 물질을 따로 받아낸 후, 밀도가 작은 물질은 위쪽 입구로 따라낸다.

**개념 바로 알기**

⑤ 서로 잘 섞이는 액체 혼합물은 서로 나뉘이지 않으므로 분별 깔때기로 분리할 수 없다.

**자료 분석** 분별 깔때기를 이용한 분리 방법



- ① 마개를 연다.
- ② 꼭지를 돌려 밀도가 큰 B를 분리한다.
- ③ 경계면에 있는 물질을 따로 받아낸다.
- ④ 위의 입구로 밀도가 작은 A를 따라낸다.

**05** **답** ② | 분별 깔때기는 서로 섞이지 않고 밀도가 다른 액체 혼합물을 분리할 때 사용한다. 물과 석유는 섞이지 않고 밀도가 다르므로(물 > 석유) 분별 깔때기로 분리할 수 있다.

**개념 바로 알기**

- ①, ③ 물과 소금, 물과 에탄올의 혼합물은 끓는점 차를 이용하는 증류로 분리한다.
- ④ 모래와 소금의 혼합물은 물에 녹인 후 걸러 분리한다. 이때 모래는 거름종이에 걸러지고, 거름 용액을 가열하면 물이 증발하고 소금이 남는다.
- ⑤ 질산 칼륨과 황산 구리(II) 혼합물은 용해도 차를 이용한 재결정으로 분리한다.

**06** **답** ①, ③ | 증류탑에서 원유를 분리하거나 바닷물에서 식수를 얻는 것은 끓는점 차를 이용한 증류의 방법으로 혼합물을 분리하는 것이다.

**07** **답** ⑤ | 끓는점 차를 이용해 분리하는 방법이다. A에서는 물과 에탄올이 끓어 기체가 되는 기화가 일어나고, B에서는 기체 상태의 물과 에탄올이 액체가 되는 액화가 일어난다. 혼합물을 가열하면 온도가 점점 올라가다가 에탄올의 끓는점보다 약간 높은 온도에서 에탄올이 끓어 분리되며(㉠), 물의 끓는점에서 물이 끓어 분리된다(㉡).

물의 양이 많으면 혼합물의 온도가 높아지는 구간의 길이가 길어지며, 에탄올이 분리된 후에 남은 물의 온도가 높아지는 구간(㉢)의 길이도 길어진다.

**개념 바로 알기**

⑤ 처음 온도가 일정한 구간(㉠)에서 나온 물질을 시험관 B에 모으면 에탄올을 분리할 수 있고, 100 °C가 되었을 때 나온 물질을 시험관에 모으면 물을 분리할 수 있다.

**08** **답** ⑤ | 원유를 높은 온도로 가열하여 증류탑으로 보내면 끓는점이 낮은 물질이 증류탑 위쪽에서 먼저 증류되어 분리되고, 끓는점이 높은 물질은 증류탑 아래에서 나중에 분리된다.

**개념 바로 알기**

- ① 증류탑은 원유를 정제하는 것과 같이 다량의 액체 혼합물을 분리할 때 사용한다.
- ② 증류탑은 물질의 끓는점 차를 이용하여 분리한다.
- ③ 증류탑 위쪽으로 갈수록 온도가 낮아진다.
- ④ 혼합물을 가열하면 끓는점이 낮은 물질이 먼저 끓어 기체가 되어 위로 올라가므로, 증류탑에서는 끓는점이 낮은 물질이 먼저 끓어 증류탑 위쪽에서 분리되어 나온다.

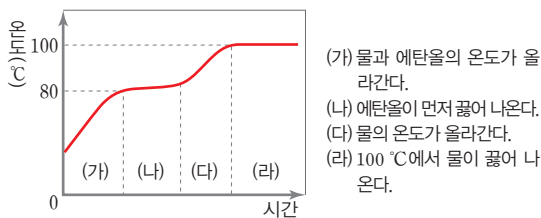
**09** **답** 아스팔트, 중유, 경유, 등유, 휘발유, 석유 가스 | 증류탑 위쪽에서 분리되는 물질일수록 끓는점이 낮다.

- 10 답 ②** | 물과 에탄올을 가열하면 끓는점이 낮은 에탄올이 먼저 끓어 분리되고, 끓는점이 높은 물이 나중에 분리된다. 가열 곡선에서 처음 수평 구간인 (나)에서 에탄올이 끓어 분리된다.

**개념 바로 알기**

- ① (나) 구간에서는 에탄올과 물의 일부가 기화되어 기체로 존재한다. 대부분의 물은 액체 상태로 존재한다.  
 ③ (다) 구간에서는 물의 온도가 올라간다.  
 ④ 에탄올의 끓는점은  $78^{\circ}\text{C}$ 이며, 물과 에탄올의 혼합물에서 에탄올이 끓는 구간인 (나)의 온도는 이보다 조금 높은  $80^{\circ}\text{C}$  정도이다.  
 ⑤ 두 물질의 끓는점 차가 적으면 두 물질이 비슷한 온도에서 끓으므로 분리가 잘 되지 않는다.

**자료 분석** 끓는점 차를 이용한 분리



- 11 답 ③, ④** | 소줏고리에 탁주를 담아 끓이면 끓는점이 낮은 에탄올 성분이 먼저 끓어 기체가 되며, 에탄올 기체가 찬물이 담긴 그릇에 닿으면 액화되어 분리된다.

**개념 바로 알기**

- ① 소줏고리는 증류를 이용하여 분리하는 것으로, 서로 잘 섞이고 끓는점이 다른 액체 혼합물을 분리할 수 있다.  
 ② 끓는점 차를 이용하여 분리한다.  
 ③ 바다에 유출된 기름은 물보다 밀도가 작아 물 위에 뜬다. 이를 오일펜스로 가두고 흡착포로 위에 뜬 기름을 제거한다. 즉, 밀도 차를 이용한 분리 방법이다.

- 12 답 ⑤** | 도핑 테스트는 크로마토그래피를 이용하며, 성분 물질의 성질이 비슷한 혼합물도 잘 분리할 수 있다.

**개념 바로 알기**

- ① 크로마토그래피는 혼합물을 이루는 각 성분 물질이 용매를 따라 이동하는 속도가 다른 것을 이용한 것이다.  
 ② 혼합물의 양이 적어도 분리할 수 있다.  
 ③ 분리 방법이 간단하고 짧은 시간에 분리할 수 있다.  
 ④ 특정 성분을 녹이는 용매를 사용하는 방법은 추출이다. 추출은 용매의 종류에 따라 용해도가 다른 것을 이용한다.

- 13 답 ④** | 크로마토그래피는 성분 물질이 용매를 따라 이동하는 속도가 다른 것을 이용한 것이다. A는 최소 2종류, B는 최소 1종류, C는 최소 3종류, D와 E는 최소 1종류의 성분으로 되어 있다. 성분 물질이 같으면 올라간 높이가 같으므로 A에는 D와 E가 포함되어 있고, A와 C에는 공통으로 D가 포함되어 있다.

**개념 바로 알기**

- ④ 혼합물의 각 성분 물질이 용매를 따라 올라갈 때, 이동하는 속도가 빠른 물질일수록 위쪽에 위치한다. 가장 위쪽까지 올라간 D의 이동 속도가 가장 빠르고, 가장 아래쪽에 있는 B가 가장 느리다. 이동 속도는  $B < E < D$ 이다.

- 14 답 ②** | 아스피린의 불순물을 제거할 때는 용해도 차를 이용한 재결정 방법을 사용한다.

- 15 답 ③** | 크로마토그래피에서 이동 속도가 느린 물질일수록 아래쪽에 위치한다.

**개념 바로 알기**

- ① 색소점은 용매에 잠기지 않게 해야 한다.  
 ② 크로마토그래피는 양이 적거나 특성이 비슷한 물질이 섞인 혼합물도 분리할 수 있다.  
 ④ 용매의 종류에 따라 성분 물질이 이동하는 속도가 다르다. 따라서 용매를 바꾸면 결과가 달라진다.  
 ⑤ 크로마토그래피로 분리한 결과 여러 가지 색깔로 분리되는 것으로 보아 잉크는 여러 색소가 섞인 혼합물이다.

- 16 답 ③** | 온도에 따른 용해도 차를 이용한 것으로, 재결정이다.

- 17 답 ④** | 온도에 따른 용해도 차가 클수록 용해도 곡선의 기울기가 크다. 용해도 곡선의 기울기가 큰 붓산은 온도에 따른 용해도 차이가 크고, 염화 나트륨은 작다. 질산 칼륨도 붓산과 같이 온도에 따른 용해도 차이가 크다. 따라서 질산 칼륨과 염화 나트륨이 섞여 있으면 재결정으로 분리할 수 있다.

**개념 바로 알기**

- ④ 온도에 따른 용해도 차가 클수록 결정으로 석출되기 쉽다. 염화 나트륨과 같이 용해도 곡선이 완만할 경우, 온도를 낮추어도 석출되는 양이 적다.

- 18 답 ⑤** |  $20^{\circ}\text{C}$ , 물 100 g에 염화 나트륨은 35.9 g, 붓산은 5 g이 최대로 녹을 수 있으며, 물이 50 g일 때는 이 절반인 17.95 g과 2.5 g이 최대로 녹을 수 있다. 염화 나트륨과 붓산을 각각 15 g씩 녹인 물을  $20^{\circ}\text{C}$ 로 냉각하면 붓산이  $15 - 2.5 = 12.5$  (g) 석출된다. 염화 나트륨은 17.95 g까지 녹을 수 있는데, 15 g이 녹아 있으므로 석출되는 양이 없다.



19 답 ④ | 0 °C, 물 100 g에 황산 구리(II)와 질산 칼륨은 각각 13 g씩 녹을 수 있으며, 물이 50 g일 때는 6.5 g씩 녹을 수 있다. 물 50 g에 황산 구리(II) 5 g과 질산 칼륨 10 g을 녹인 용액을 0 °C로 냉각하면 질산 칼륨이  $10 - 6.5 = 3.5$  (g) 석출된다. 황산 구리(II)는 6.5 g까지 녹을 수 있는데, 5 g이 녹아 있으므로 석출되는 양이 없다.

20 답 ④ | 모래와 스타이로폼 조각은 서로 밀도가 다르므로 물에 넣어 밀도 차에 의해 분리할 수 있다.

21 답 ③ | 소금, 에탄올, 물, 모래의 혼합물을 거르면 모래가 거름종이 위에 남는다. 거른 액에는 소금, 에탄올, 물이 있으며, 이를 끓이면 끓는점이 낮은 에탄올이 먼저 끓어 나온다. 남은 용액에는 소금과 물이 있으며, 증발시키면 소금이 결정으로 남는다.

22 답 ② | 플라스틱 A, B, C를 에탄올에 넣으면 모두 가라앉는다. 이는 플라스틱 A~C의 밀도가 에탄올보다 크기 때문이다. 에탄올에 물을 넣으면 밀도가 점점 커지므로 (물+에탄올)보다 밀도가 작은 B가 먼저 떠오른다. 물을 더 넣으면 (물+에탄올)의 밀도가 더 커지므로 C가 떠오른다. 따라서 플라스틱의 밀도는  $B < C < A$ 이다.

#### 개념 바로 알기

② 에탄올에 물을 넣으면 용액의 밀도가 커진다.

23 답 ⑤ | 20 °C의 물 100 g에 염화 나트륨은 36.0 g, 붓산은 5.0 g 녹을 수 있다. 100 °C, 물 100 g에 염화 나트륨과 붓산을 각각 25 g씩 녹인 후 20 °C로 냉각하면 붓산이  $25 - 5 = 20$  (g) 석출된다. 염화 나트륨은 36.0 g까지 녹을 수 있는데, 25 g이 녹아 있으므로 석출되는 양이 없다.

#### 개념 바로 알기

- ① 100 °C의 물 100 g에 염화 나트륨은 39.8 g 녹을 수 있으므로, 물 200 g에는 2배인 79.6 g까지 녹을 수 있다.
- ② 염화 나트륨은 온도에 따른 용해도 차이가 작으며, 붓산은 온도에 따른 용해도 차이가 크다.
- ③ 두 물질의 혼합물은 재결정의 방법으로 분리할 수 있다.
- ④ 20 °C의 물 100 g에 염화 나트륨은 36.0 g, 붓산은 5.0 g 녹을 수 있으므로 물이 50 g일 때는 이 절반인 18 g과 2.5 g 녹을 수 있다. 물 50 g에 염화 나트륨과 붓산을 각각 10 g씩 녹인 후 20 °C로 냉각하면 붓산이  $10 - 2.5 = 7.5$  (g) 석출된다. 염화 나트륨은 18 g까지 녹을 수 있는데, 10 g이 녹아 있으므로 석출되지 않는다.

## 서술형 다지기

P.106

01 모범 답안 액체 B의 밀도가 액체 A의 밀도보다 크기 때문이다.

02 모범 답안 (1) 증류  
(2) 에탄올, 끓는점이 물보다 낮기 때문이다.

03 모범 답안 A, 끓는점이 낮은 물질이 먼저 끓어 위쪽으로 올라가기 때문이다.

04 모범 답안 (1) 크로마토그래피, 혼합물을 이루는 각 성분 물질이 용매를 따라 이동하는 속도가 다른 것을 이용한다.  
(2) A

채점 기준		배점
(1)	크로마토그래피를 옮겨 쓰고 용매를 따라 이동하는 속도를 포함하여 원리를 옮겨 서술한 경우	70 %
(2)	A를 옮겨 쓴 경우	30 %

05 모범 답안 (1) 붓산, 25 g  
(2) 재결정, 물질의 용해도가 온도에 따라 달라지는 것을 이용한 것이다.

채점 기준		배점
(1)	답을 맞게 쓴 경우	60 %
(2)	재결정과 용해도를 포함하여 옮겨 서술한 경우	40 %

## 개념 한 걸음 더

P.107

01 ④

01 답 ④ | 물질 A는 물에 잘 녹고, 물질 B는 물에 녹지 않으므로 물에 녹인 후 거르면 B가 걸러진다. 남은 용액을 증발시키면 A를 얻을 수 있다.

#### 개념 바로 알기

- ① 뜨거운 물에 넣으면 B는 녹지 않으며, 온도를 낮추면 A가 석출되므로, A와 B가 섞여 분리할 수 없다.
- ② 증류는 주로 액체 혼합물을 분리할 때 사용한다. 고체는 대체로 끓는점이 높아 증류로 분리하기 어렵다.
- ③ 두 물질의 밀도는 모두 물보다 크므로 물에 넣으면 A는 물에 녹고 B는 가라앉는다.
- ⑤ 분별 깔때기는 밀도 차이가 있고 섞이지 않는 두 액체 혼합물을 분리할 때 사용한다.

# V | 화학 반응의 규칙과 에너지 변화

## 09 물질의 변화와 화학 반응식

### 개념 확인 Quiz

p.111

1 물리 변화, 화학 변화 2 분자 배열 3 화학 반응식 4 분자 수비

### 자료 보고 개념 다지기

p.112~113

- 01 (1) 화 (2) 물 (3) 화 (4) 화 (5) 화 (6) 물 (7) 물 (8) 화 (9) 물 (10) 화 (11) 화 (12) 물  
 02 ㄱ, ㄷ, ㄹ 03 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ○ (8) ×  
 04 (1) 화학 변화 (2) 물리 변화 05 (1) ㉠ CH<sub>4</sub>, ㉡ O<sub>2</sub>, ㉢ CO<sub>2</sub>,  
 ㉣ H<sub>2</sub>O, ㉤ 2, ㉥ 2 (2) ㉠ Mg, ㉡ O<sub>2</sub>, ㉢ MgO, ㉤ 2, ㉥ 2  
 06 (1) 2 (2) 2 (3) 2 (4) 3 (5) O<sub>2</sub> (6) Cl<sub>2</sub> (7) 2, 1, 2 (8) 2, 1, 2 07 (1) 2  
 (2) 질소 원자 2개, 수소 원자 6개 (3) 질소 : 수소 : 암모니아 = 1 : 3 : 2

- 01 색, 냄새, 맛이 변하거나 열이나 빛, 기체, 앙금이 생기면 대부분 화학 변화이다. 물질의 모양이 변하거나 상태가 변하면 물리 변화이다.  
 02 구부러거나 찢는 등 겉모양이 변하거나, 상태 변화, 증발이나 확산 등은 물리 변화이다.  
 03 증발, 확산, 용해는 물리 변화의 대표적인 예이다. 화학 변화가 일어나면 원자 배열이 변해 새로운 분자가 생기므로 물질의 성질이 변한다. 그러나 반응 전후 물질을 이루는 원자의 종류와 개수, 물질의 질량은 변하지 않는다. 물이 끓어 수증기가 되면 분자 배열이 변한다.  
 04 (1)은 새로운 분자가 생긴 화학 변화이고, (2)는 액체에서 기체로 상태가 변한 물리 변화이다.  
 07 반응 전후에 원자의 종류와 개수가 같도록 계수를 맞춘다. 화학 반응식에서 계수비는 각 물질의 분자 수비와 같다.

### 탐구 대표문제

p.115

- 01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × 02 ㉢  
 03 ㉠ 2, ㉡ 1, ㉢ 2 04 ㉤  
 05 (가), (다): 화학 변화, (나): 물리 변화 06 ①

- 01 마그네슘 리본을 자르는 것은 물리 변화, 태우는 것은 화학 변화이다. 물리 변화가 일어나면 분자 배열이 변하고, 화학 변화가 일어나면 원자 배열이 달라져 물질의 종류가 변한다. 물리 변화와 화학 변화에서 물질의 이루는 원자의 종류와 개수, 물질의 총 질량은 변하지 않는다.

- 02 ㉠ ㉢ | 마그네슘을 태우면 빛과 열을 내는데, 이는 화학 변화이다. 사과와 색이 변하는 것과 상처 부위에 과산화 수소를 바르면 거품이 생기는 것, 밀가루 반죽을 구우면 부푸는 것은 화학 변화에 해당한다.

### 개념 바로 알기

ㄴ. 탄산음료의 뚜껑을 열면 압력이 낮아져 기체의 용해도가 감소하므로 녹아 있던 이산화 탄소 기체가 빠져 나온다.  
 ㄷ. 물속에서 잉크가 퍼져 나가는 것은 확산이다.

- 04 ㉠ ㉤ | (가) → (나)는 물리 변화, (가) → (다)는 화학 변화이다. (가) → (다)에서는 마그네슘이 산소와 결합하여 산화 마그네슘이라는 새로운 물질이 생긴다.

### 개념 바로 알기

① 마그네슘 리본을 자르더라도 원자의 종류는 변하지 않는다.  
 ② 물리 변화에서 원자 배열은 변하지 않는다.  
 ③ (나)의 마그네슘 리본에 식초를 뿌리면 수소 기체가 발생하며 거품이 나지만, 마그네슘 리본을 태운 재에 식초를 뿌리면 아무 변화가 없다.  
 ④ (나)에서는 전류가 흐르지만, (다)에서는 전류가 흐르지 않는다.

- 05 ㉠ (가) 화학 변화, (나) 물리 변화, (다) 화학 변화 | 양초가 산소와 결합하여 빛과 열을 내며 타는 것은 화학 변화이다. 고체 양초가 녹아 촛농이 흘러내리다 굳는 것은 응고로, 상태 변화이므로 물리 변화이다.

- 06 ㉠ ① | 양초가 녹는 것은 물리 변화, 양초가 연소하는 것은 화학 변화이다. 물리 변화가 일어날 때는 분자 배열만 변하므로 물질의 성질이 변하지 않는다. 화학 변화가 일어날 때는 원자 배열이 변해 분자의 종류가 달라지므로 물질의 성질이 변한다. 물리 변화나 화학 변화에서 모두 반응 물질과 생성 물질의 원자의 종류나 개수는 변하지 않으므로 물질의 총 질량은 일정하다.

### 실력 다지기

p.116~119

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ㉢ | 02 ㉡ | 03 ㉡ | 04 ㉡ | 05 ㉣ |
| 06 ㉣ | 07 ㉢ | 08 ① | 09 ㉡ | 10 ㉢ |
| 11 ㉢ | 12 ㉣ | 13 ㉤ | 14 ㉣ | 15 ㉣ |
| 16 ㉢ | 17 ㉣ | 18 ㉤ | 19 ㉤ | 20 ㉡ |
| 21 ㉣ | 22 ㉣ |      |      |      |

**01** **답** ③ | 물리 변화는 물질의 모양이나 크기 등 겉모습만 변할 뿐 그 물질이 가진 고유한 성질은 변하지 않으며, 화학 변화는 물질이 처음 물질과 전혀 다른 새로운 물질로 변화하므로 물질의 성질이 변한다. 프라이팬 위의 달걀이 익는 것은 달걀의 단백질 성분이 화학 변화를 일으키는 것이다. 설탕이 물에 녹는 것은 용해, 물이 끓는 것은 기화, 고드름이 녹는 것은 용해로 물리 변화이다.

**02** **답** ② | 자전거가 녹이 스는 것은 철이 산소와 화학 반응하는 것이고, 음식물이 상하는 것 역시 음식물이 부패되어 성분이 변하는 것이다. 드라이아이스의 크기가 줄어드는 것은 고체가 기체는 변하는 승화로, 상태 변화이다.

**03** **답** ② | 화학 변화가 일어날 때는 원자 배열이 변해 분자의 종류가 변한다. 새로운 분자가 만들어지므로 물질의 성질이 변한다. 물리 변화나 화학 변화에서 모두 원자의 개수나 원자의 종류가 변하지 않으므로 물질의 총 질량은 변하지 않는다.

**04** **답** ② | (가)는 액체 상태의 물이 기체 상태로 변하는 상태 변화로, 물리 변화이다. (나)는 물이 전기 분해되어 산소와 수소 분자가 되는 화학 변화이다. 물리 변화에서는 분자의 종류는 변하지 않고 분자 배열이 변하며, 화학 변화에서는 원자 배열이 변해 새로운 분자가 생기므로 물질의 성질이 변한다. 물리 변화나 화학 변화에서 모두 원자의 개수나 원자의 종류가 변하지 않으므로 물질의 총 질량은 변하지 않는다.

**개념 바로 알기**

② 물리 변화에서는 분자의 배열이 변하며, 원자의 배열은 변하지 않는다.

**05** **답** ④ | 화학 변화가 일어나더라도 물질을 이루는 원자의 종류는 변하지 않는다. 원자는 물질의 이루는 기본 입자로, 물리 변화나 화학 변화가 일어날 때 종류와 개수가 변하지 않는다.

**개념 바로 알기**

- ① 물리 변화가 일어나면 분자 배열은 변하지만, 분자의 종류는 변하지 않는다.
- ② 물리 변화가 일어나면 분자 배열이 변한다.
- ③ 화학 변화가 일어나면 새로운 분자가 생기므로 물질의 성질이 변한다.
- ⑤ 화학 변화가 일어나면 분자 자체가 변하며, 분자 배열이나 분자 사이의 거리가 달라지는 것은 물리 변화(특히 상태 변화)이다.

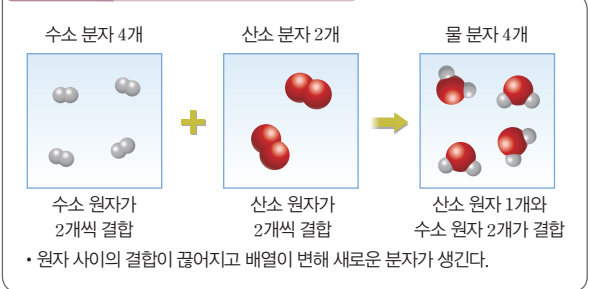
**06** **답** ④ | 물리 변화가 일어날 때는 분자 배열이 변하며, 화학 변화가 일어날 때는 원자 배열이 변한다. 원자의 종류와 크기, 개수는 물리 변화와 화학 변화에서 모두 변하지 않는다.

**07** **답** ③ | 제시된 그림은 수소와 산소가 반응하여 물이 생기는 화학 변화를 나타낸 것이다. 김치를 오래 두면 김치 속 유산균에 의해 발효되어 신맛이 나며, 이는 화학 변화이다. 용해, 확산, 상태 변화는 물리 변화이다.

**개념 바로 알기**

- ① 꽃향기가 퍼져 나가는 것은 확산이다.
- ② 설탕이 물에 녹는 것은 용해이다.
- ④ 탄산음료에서 기포가 발생하는 것은 용해도가 줄어들어 이산화 탄소 기체가 탄산음료 속에 녹아 있지 못하고 빠져나오는 것이다.
- ⑤ 나프탈렌의 크기가 줄어드는 것은 나프탈렌이 승화하는 것으로, 상태 변화이다.

**자료 분석** 화학 변화가 일어날 때의 모형



**08** **답** ① | 제시된 그림은 새로운 분자가 만들어지는 화학 변화로, 화학 변화가 일어날 때는 원자의 배열, 분자의 종류, 물질의 성질이 변한다. 그러나 원자의 종류와 개수, 총 질량은 변하지 않는다.

**09** **답** ② | 제시된 그림은 분자 배열이 변하는 물리 변화를 나타낸 것이다. 모양이 변하거나 상태 변화는 물리 변화이고, 맛이나 색이 변하는 것은 화학 변화이다. 오이를 썰는 것은 모양 변화, 빨래가 마르는 것은 물의 기화로, 상태 변화이다.

**개념 바로 알기**

- ㄴ. 우유에서 신맛이 나는 것은 화학 변화이다.
- ㄷ. 단풍이 드는 것은 나뭇잎 속의 엽록소가 파괴되어 일어나는 화학 변화이다.

**10** **답** ③ | 마그네슘 리본을 작게 자르는 것은 물리 변화, 마그네슘 리본을 태우는 것은 화학 변화이다. (가) → (다)로 변하는 것은 화학 변화로, 마그네슘이 산화 마그네슘이 되므로 분자의 종류가 변한다.

**개념 바로 알기**

- ① (가) → (나)는 모양이 변하는 것으로, 물리 변화이다.
- ② (가) → (다)는 화학 변화로, 마그네슘이 산소와 결합하여 새로운 분자가 생긴다.
- ④ (가) → (다)는 마그네슘 리본을 태우는 것으로, 마그네슘이 화학 변화를 한다.
- ⑤ (가)는 마그네슘, (다)는 산화 마그네슘으로, 서로 물질의 종류가 다르므로 성질이 다르다.

- 11 답 ③** | 양초를 연소시키면 물과 이산화 탄소가 생긴다. 물의 존재는 집기병 안쪽 벽에 푸른색 염화 코발트 종이를 대어 붉게 변하는 것으로, 이산화 탄소는 집기병에 석회수를 넣어 석회수가 뿌옇게 흐려지는 것으로 확인할 수 있다.

**개념 바로 알기**

- ③ 푸른색 염화 코발트 종이는 물의 존재 유무를 확인하는 과정이다.

- 12 답 ④** | 화학 변화가 일어날 때는 새로운 분자가 생기므로 반응 물질과 생성 물질에 존재하는 총 분자 수가 다를 수 있다. 수소와 산소가 결합하여 물이 되는 반응에서( $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ) 반응 물질은 수소 분자 2개, 산소 분자 1개, 즉 분자 3개이며, 생성 물질은 물 분자 2개로 반응 물질과 생성 물질의 분자 수가 다르다.

**개념 바로 알기**

- ① 화학 반응식은 화학 반응을 원소 기호를 이용한 화학식과 기호, 계수 등으로 나타낸 것이다.
- ② 계수가 1일 때는 생략한다.
- ③ 계수는 간단한 정수비가 되도록 한다.
- ⑤ 반응 물질과 생성 물질에 존재하는 총 원자 수는 항상 같다.

- 13 답 ⑤** | 메테인의 연소는 메테인이 산소와 반응하여 열과 빛을 내며 이산화 탄소와 물로 변하는 화학 반응이다. 반응 물질은 메테인과 산소, 생성 물질은 이산화 탄소와 물이다.

**개념 바로 알기**

- ⑤ 메테인의 연소를 화학 반응식으로 나타내면  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 이다.

- 14 답 ④** | 마그네슘과 산소의 반응을 화학 반응식으로 나타내는 과정은 다음과 같다.

- ① 반응 물질과 생성 물질을 화학식으로 나타낸다.  
 $\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow \text{MgO}$
- ② 산소 원자의 개수를 맞춘다.  $\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$
- ③ 마그네슘 원자의 개수를 맞춘다.  $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$

- 15 답 ④** | 일산화 탄소의 화학식은  $\text{CO}$ , 산소는  $\text{O}_2$ , 이산화 탄소는  $\text{CO}_2$ 이다.

먼저 반응 물질과 생성 물질을 화학식으로 나타내고, 각 계수를  $a, b, c$ 라고 하면  $a\text{CO} + b\text{O}_2 \rightarrow c\text{CO}_2$ 이다.

- ① 탄소 원자의 개수를 맞춘다.  $a \times 1 = c \times 1$
- ② 산소 원자의 개수를 맞춘다.  $(a \times 1) + (b \times 2) = c \times 2$   
 $\rightarrow a = c, 2b = c$ 이다.  $a, b, c$ 는 모두 정수이므로  $b$ 를 1이라고 하면,  $a$ 와  $c$ 는 2이다.

- 16 답 ③** | 각 알갱이는 서로 다른 원자를 나타내므로 반응 물질은 2개의 원자로 이루어진 분자 1개와, 이와 종류가 다른 2개의 원자로 이루어진 분자 1개이며, 이들이 결합하여 원자 2개로 이루어진 분자 2개가 생성된다.

**개념 바로 알기**

- ① 수소 분자 1개와 산소 분자 1개가 결합하여 과산화 수소 분자 1개가 생긴다.
- ② 탄소 원자 1개와 산소 분자 1개가 결합하여 이산화 탄소 분자 1개가 생긴다.
- ④ 질소 분자 1개와 수소 분자 3개가 결합하여 암모니아 분자 2개가 생긴다.
- ⑤ 수소 원자 1개와 수소 원자 1개가 결합하여 수소 분자 1개가 생긴다.

- 17 답 ④** | 화학 반응식에서 반응 전후에 원자의 종류와 개수가 같아야 한다.

**개념 바로 알기**

- ①  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$
- ②  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- ③  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$
- ⑤  $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$

- 18 답 ⑤** | 질소 분자 1개와 수소 분자 3개가 반응하여 암모니아 분자 2개를 만든다.

**개념 바로 알기**

- ① 반응 물질은 질소 원자 2개, 수소 원자 6개, 총 8개이다.
- ② 생성 물질에서 수소 원자는  $2 \times 3 = 6$ 개이다.
- ③ 반응 물질의 분자 수는  $1 + 3 = 4$ 개, 생성 물질의 분자 수는 2개로, 화학 반응이 일어날 때 분자 수는 변할 수 있다.
- ④ 질소 원자 2개와 반응하는 수소 원자는 6개이다.

- 19 답 ⑤** | 반응 전 수소 원자는  $2 \times 2 = 4$ 개, 반응 후 수소 원자 역시 4개이므로 반응 전후 원자의 종류와 개수는 변하지 않는다. 화학 반응식에서 계수비는 분자 수비와 같다.



**개념 바로 알기**

- ① 반응 물질은 수소와 산소 분자이며, 생성 물질은 물 분자이다.
- ② 수소 분자 2개와 산소 분자 1개가 반응한다.
- ③ 물 분자는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개로 이루어져 있다.
- ④ 반응 물질의 분자 수는 3개, 생성 물질의 분자 수는 2개이다.

**20 답 ②** | 화학 반응식에서는 반응 물질과 생성 물질의 종류와 분자 수, 원자의 종류와 개수를 알 수 있으며, 계수비는 분자 수비와 같다. 그러나 화학 반응식으로 분자의 크기는 알 수 없다.

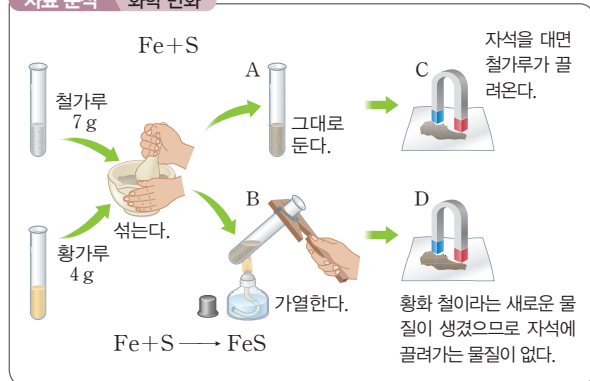
**21 답 ④** | (가)에서 생성 물질에 있는 수소 원자의 개수가 2개이므로, HCl의 계수는 2이다.  
(나)에서 반응 물질에 있는 수소 원자의 개수가 4개이므로 H<sub>2</sub>의 계수는 2이다.  
(다)의 생성 물질 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>에 나트륨 원자가 2개 있으므로 NaHCO<sub>3</sub>의 계수는 2이다. 또, 반응 물질에 있는 탄소 원자의 개수가 2개이고, 생성 물질에 있는 탄소 원자의 개수는 탄산 나트륨에 1개 있으므로 CO<sub>2</sub>의 계수는 1이다.

**22 답 ④** | A는 철과 황의 혼합물이고, B는 철과 황이 화학 반응을 일으킨 화합물이다. 따라서 A는 물리 변화, B는 화학 변화이다.

**개념 바로 알기**

④ C와 D에 있는 원자의 종류는 철과 황으로 같다.

**자료 분석 화학 변화**



**서술형 다지기**

P.120

**01 모범 답안** (가)는 화학 변화, (나)는 물리 변화이다.

**02 모범 답안** (1) (가)와 (다)는 물리 변화, (나)와 (라)는 화학 변화

(2) 물리 변화가 일어날 때는 물질의 성질이 변하지 않지만, 화학 변화가 일어날 때는 색이 변하거나 빛과 열을 내는 현상이 일어나며 물질의 성질이 변한다.

채점 기준		배점
(1)	물리 변화와 화학 변화를 옳게 구분하여 쓴 경우	50 %
(2)	물질의 성질 변화를 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %

**03 모범 답안** (1) (가)는 물리 변화, (나)는 화학 변화이다.

(2) (가)는 원자 배열이 변하지 않았고, (나)는 원자 배열이 변했기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	물리 변화와 화학 변화를 옳게 구분하여 쓴 경우	50 %
(2)	원자 배열 변화를 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %

**04 모범 답안** (1) 반응 물질 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 생성 물질 H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>



**05 모범 답안** (1) ㉠ 수소, ㉡ 2, ㉢ 산소, ㉣ 2

(2) 메테인 : 산소 : 이산화 탄소 : 물 = 1 : 2 : 1 : 2

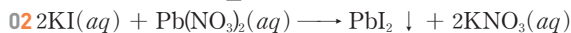
**06 모범 답안** (1) ㉠ 3, ㉡ 4

(2) 메테인과 산소가 반응할 때 분자의 개수는 반응 전 5개에서 반응 후에는 6개로 증가한다. 그러나 전체 원자의 종류와 개수는 변하지 않는다.

채점 기준		배점
(1)	답을 옳게 쓴 경우	40 %
(2)	분자 수를 숫자로 비교하고, 원자의 수가 변하지 않는다는 것을 옳게 서술한 경우	60 %

**개념 한 걸음 더**

P.121



**01 답**  $2CuO(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} 2Cu(s) + CO_2(g) \uparrow$  | 이산화 탄소 기체가 발생하므로 이산화 탄소 옆에 ↑를 넣고, 가열하였으므로 화살표 아래에 Δ 기호를 넣는다.

**02 답**  $2KI(aq) + Pb(NO_3)_2(aq) \longrightarrow PbI_2(s) \downarrow + 2KNO_3(aq)$  | 아이오딘화 납 양금이 생성되어 가라앉으므로 아이오딘화 납 옆에 ↓를 넣는다.

## 10 질량 보존 법칙

### 개념 확인 Quiz

p.123

- 1 질량 보존 법칙    2 일정하다    3 감소한다    4 증가한다

### 자료 보고 개념 다지기

p.124~125

- 01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) × (6) ×    02 (1) 17 g (2) 168 g  
03 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○  
04 (탄산 칼슘 + 염화 나트륨)의 질량    05 ㄱ, ㄷ, ㄹ    06 44 g  
07 (염화 아연 + 수소)의 질량    08 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○  
09 9 g    10 (1) 감소 (2) 증가 (3) 감소 (4) 일정

- 01 질량 보존 법칙은 물리 변화와 화학 변화에서 모두 성립하며, 열린 공간에서 기체가 발생하는 반응이 일어나면 기체가 날아가므로 질량이 줄어든다. 화학 변화에서는 분자의 종류와 개수는 변하지만 원자의 종류와 개수가 변하지 않으므로 질량이 보존된다.
- 02 ‘(강철 솜 + 산소)의 질량 = 산화 철의 질량’이므로  $57 - 40 = 17$  (g)이 철과 결합한 산소의 질량이다. ‘탄산수소 나트륨의 질량 = (탄산 나트륨 + 물 + 이산화 탄소)의 질량’이므로 반응시킨 탄산수소 나트륨의 질량은  $106 + 18 + 44 = 168$  (g)이다.
- 03 염화 나트륨과 질산 은을 반응시키면 염화 은 앙금이 생긴다. 앙금이 생성되는 반응에서 원자 배열이 변해 새로운 물질이 생기지만 원자의 개수와 종류는 변하지 않으므로 반응 전후에 질량이 변하지 않는다.
- 05 화학 반응으로 기체가 발생할 때, 열린 공간에서 반응시키면 기체가 날아가므로 질량이 감소한다.
- 06 ‘(염산 + 탄산 칼슘)의 질량 = (염화 칼슘 + 물 + 이산화 탄소)의 질량’이므로 공기 중으로 날아간 이산화 탄소의 질량은  $(73 + 100) - 129 = 44$  (g)이다.
- 08 금속을 연소시킬 때는 금속이 산소와 결합하므로 물과 이산화 탄소가 생기지 않는다.
- 09 ‘(강철 솜 + 산소)의 질량 = 산화 철의 질량’이므로, 철과 결합한 산소의 질량은  $30 - 21 = 9$  (g)이다.
- 10 나무 도막을 태우면 수증기와 이산화 탄소가 생겨 날아가고, 마그네슘 리본을 태우면 산소와 결합하여 산화 마그네슘이 된다. 묶은 염산에 달걀 껍데기를 넣으면 이산화 탄소가 생겨 날아가고, 황산 나트륨과 염화 바륨을 섞으면 황산 바륨 앙금이 생긴다.

## 탐구 대표문제

p.126

- 01 ⑤    02 탄산 칼슘, 55 g    03 ①

- 01 답 ⑤ | 앙금이 생성되는 반응에서는 기체가 들어오거나 빠져나가지 않으므로 열린 공간에서 실험해도 질량이 보존된다.

### 개념 바로 알기

- ① 화학 반응 전후에 원자의 종류나 개수는 변하지 않는다. 즉, 새로운 원자가 생기지는 않는다.  
② 두 수용액을 반응시키면 흰색 앙금인 염화 은이 생성된다.  
③ 앙금을 포함한 전체 질량은 보존된다.  
④ 이 반응은 앙금이 생성되는 반응이다.

- 02 답 탄산 칼슘, 55 g | 탄산 나트륨과 염화 칼슘 수용액을 섞으면 흰색 앙금인 탄산 칼슘이 생성된다. 반응 전후 물질의 전체 질량은 보존되므로 두 물질의 혼합 용액의 질량은  $30 + 25 = 55$  (g)이다.

- 03 답 ① | 앙금 생성 반응은 열린 공간에서 실험해도 질량이 보존되므로 혼합 용액의 질량은 반응 물질의 질량 합과 같다.

### 개념 바로 알기

- ② 질산 은 + 염화 나트륨 → 질산 나트륨 + 염화 은  
따라서 반응 결과 두 종류의 물질이 생성된다. 이때 염화 은은 앙금으로 가라앉고, 질산 나트륨은 질산 이온과 나트륨 이온의 형태로 수용액에 녹아 있다.  
③ 이 반응에서 이산화 탄소는 생성되지 않는다.  
④ 반응 결과 생성된 염화 은은 물에 녹지 않는 앙금이다.

## 실력 다지기

p.127~129

- 01 ②    02 ④    03 ②    04 ①, ⑤    05 ③  
06 ④    07 ②    08 ⑤    09 ③    10 ②  
11 ③    12 ⑤    13 ①, ③    14 ⑤    15 ②  
16 ③, ④    17 ③

- 01 답 ② | 질량 보존 법칙은 물리 변화와 화학 변화에서 모두 성립한다.

### 개념 바로 알기

- ① 앙금 생성 반응은 열린 공간과 닫힌 공간 모두에서 질량이 보존된다.  
③ 금속이 연소하는 반응에서 열린 공간에서 실험하면 질량이 증가하지만, 닫힌 공간에서 실험하면 질량이 일정하다. 금속이 연소할 때도 질량 보존 법칙은 성립한다.

④ 기체가 발생하는 반응에서 열린 공간에서 실험하면 질량이 감소하지만, 닫힌 공간에서 실험하면 질량이 일정하다. 기체가 발생할 때도 질량 보존 법칙이 성립한다.

⑤ 질량 보존 법칙은 물리 변화에서도 성립한다. 물질을 섞어 혼합물을 만드는 것은 물리 변화이므로, 이때도 질량 보존 법칙이 성립한다.

**02 답 ④** | 물리 변화나 화학 변화가 일어날 때 물질을 이루는 원자의 종류와 개수가 변하지 않으므로 질량이 보존된다.

**개념 바로 알기**

- ① 물질의 성질과 질량 보존은 관련이 없다.
- ② 화학 반응이 일어나도 새로운 원자가 생기지는 않는다.
- ③ 화학 반응이 일어나면 원자 배열이 변한다.
- ⑤ 화학 반응이 일어날 때 분자의 종류와 개수는 변한다.

**03 답 ②** | 탄산 나트륨과 염화 칼슘이 반응하면 탄산 칼슘 앙금이 생기고, 아이오딘화 칼륨과 질산 납이 반응하면 아이오딘화 납 앙금이 생긴다. 이때 반응 전후에 질량은 일정하다.

**04 답 ①, ⑤** | 탄산 나트륨 + 염화 칼슘 → 염화 나트륨 + 탄산 칼슘(흰색 앙금)  
이때 반응 물질의 총 질량과 생성 물질의 총 질량은 같다.

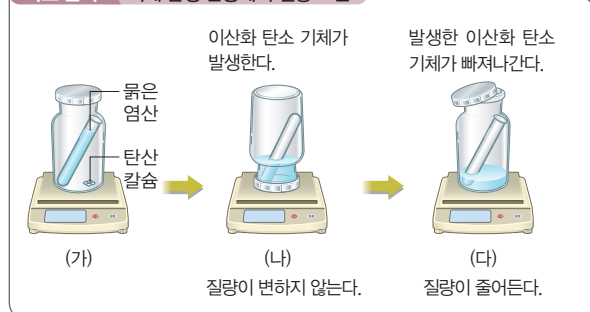
**개념 바로 알기**

- ② 화학 반응에서는 새로운 물질이 생기므로 물질의 성질이 변한다.
- ③ 반응 후 질량은 변하지 않는다.
- ④ 앙금 생성 반응이므로 열린 공간에서 실험해도 질량은 변하지 않는다.

**05 답 ③** | 반응 후 빠져나가는 물질이 없으므로 반응 전 전체 질량과 반응 후 전체 질량은 같다.

**06 답 ④** | 묽은 염산과 탄산 칼슘을 반응시키면 이산화 탄소 기체가 발생한다. 따라서 닫힌 공간에서 실험하면 질량이 변하지 않지만, 열린 공간에서 실험하면 기체가 빠져나가므로 질량이 줄어든다.

**자료 분석 기체 발생 반응에서 질량 보존**



**07 답 ②** | 묽은 염산과 아연이 반응하면 수소 기체가 발생한다.  
$$\text{Zn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$$
  
실험은 고무풍선으로 플라스크의 입구를 막은 상태에서 진행하였으므로 기체가 빠져나가지 못하므로 반응 후 총 질량은 변하지 않는다.

**개념 바로 알기**

- ① 수소 기체가 발생하는 반응이다.
- ③ 플라스크 안에서는 화학 변화가 일어나 새로운 물질이 생성된다.
- ④ 반응 후 고무풍선을 빼면 수소 기체가 날아가므로 질량이 줄어든다.
- ⑤ 반응 후 아연 조각의 크기는 줄어들지만 아연이 염소와 결합하여 염화 아연을 이루며 수소 기체가 발생하므로 총 질량은 변함이 없다.

**08 답 ⑤** | 달걀 껍데기의 성분은 탄산 칼슘이므로 이 반응은 ‘염화 수소 + 탄산 칼슘 → 염화 칼슘 + 물 + 이산화 탄소’가 되는 반응이다. 이때 닫힌 공간인 (나)에서는 질량이 보존되므로 (나)와 (가)의 질량은 같지만, (다)는 열린 공간이므로 이산화 탄소 기체가 빠져나가 질량이 (가), (나)에 비해 줄어든다.

**개념 바로 알기**

- ⑤ (가) → (나)는 화학 변화가 일어난 것으로 원자의 배열은 변하지만 원자의 종류나 개수는 변하지 않는다.

**09 답 ③** | ‘(가)의 질량 = (다)의 질량 + 빠져나간 이산화 탄소의 질량’이므로 공기 중으로 날아간 이산화 탄소의 질량은  $273 - 229 = 44$  (g)이다.

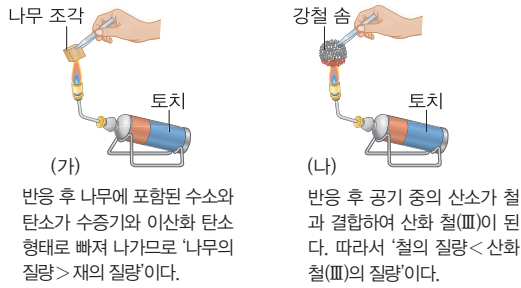
**10 답 ②** | 반응 물질의 총 질량과 생성 물질의 총 질량은 같다. 탄산수소 나트륨의 분해 반응에서 ‘탄산수소 나트륨의 질량 = (탄산 나트륨 + 물 + 이산화 탄소)의 질량’이다. 따라서 생성된 이산화 탄소의 질량은  $84 - (53 + 9) = 22$  (g)이다.

**11 답 ③** | 공기 중에서 나무 조각을 태우면 나무가 산소가 반응하여 빛과 열을 내며 탄다. 이때 이산화 탄소와 수증기가 발생하고, 다 타고 난 후 재가 남는다.  
강철 솥을 태우면 철과 산소가 결합하여 빛과 열을 내며 타고 산화 철(III)이 생긴다. 열린 공간에서 실험할 경우 (가)의 질량은 줄어들고, (나)의 질량은 증가한다. 그러나 닫힌 공간에서 실험할 경우 (가)와 (나) 모두 질량이 일정하다.

**개념 바로 알기**

- ③ (가)의 나무 연소에서는 이산화 탄소와 수증기가 발생하지만, (나)의 강철 솥 연소에서는 발생하지 않는다.

자료 분석 연소 반응에서 질량 보존



12 답 ⑤ | '반응하는 물질의 총 질량=생성되는 물질의 총 질량'이다. 나무가 연소할 때 반응 물질은 (나무+산소)이고, 생성 물질은 (재+수증기+이산화 탄소)이다.

13 답 ①, ③ | 강철 솜을 가열하면 철이 산소와 결합하여 산화 철(III)이 된다. 산화 철(III)의 질량은 (철+산소)의 질량이므로 'A의 질량<B의 질량'이다. 따라서 연소 후 막대저울은 B쪽이 아래로 기울어진다.

개념 바로 알기

- ④ 강철 솜을 연소시키면 철이 화학 변화를 하여 산화 철(III)이 된다. 물질이 화학 변화를 하면 성질이 변한다.
- ⑤ A를 이루는 원자의 종류는 철 뿐이지만, 연소 후 B를 이루는 원자는 철과 산소로 서로 다르다.

14 답 ⑤ | 마그네슘을 연소시켜 산화 마그네슘이 되면 산소와 결합하는 것이므로 질량이 증가한다.

개념 바로 알기

- ① 나무 도막을 태우면 수증기와 이산화 탄소 기체가 빠져 나간다. → 질량 감소
- ② 과산화 수소가 물과 산소로 분해되면서 산소 기체가 빠져 나간다. → 질량 감소
- ③ 묽은 염산에 마그네슘을 넣으면 수소 기체가 발생하여 빠져나간다. → 질량 감소
- ④ 묽은 염산에 탄산 칼슘을 넣으면 이산화 탄소 기체가 발생하여 빠져나간다. → 질량 감소

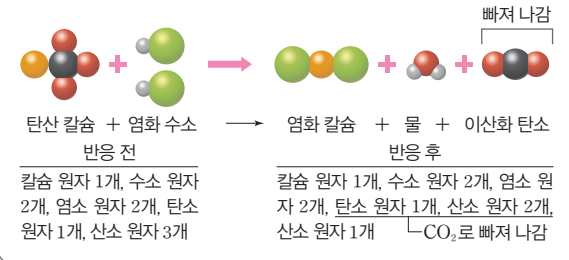
15 답 ② | 열린 용기에서 기체가 발생하는 반응이나 기체와 결합하는 반응이 일어나면 반응 후 질량이 변한다. 구리를 연소시키면 산소와 결합하므로 질량이 증가한다.

개념 바로 알기

- ①, ③, ⑤ 기체가 발생하거나 기체와 결합하는 반응이라도 닫힌 공간에서 일어날 경우 반응 전후의 질량이 같다.
- ④ 앙금 생성 반응이다.

16 답 ③, ④ | 열린 공간에서 실험을 하면 이산화 탄소 기체가 빠져나간다. 따라서 이산화 탄소를 이루는 탄소 원자와 산소 원자의 개수가 반응 전에 비해 줄어든다. 칼슘, 염소, 수소 원자의 개수는 변하지 않는다.

자료 분석 기체 발생 반응에서 원자의 개수



17 답 ③ | 아이오딘화 칼륨과 질산 납이 반응하면 아이오딘화 납 앙금이 생기므로 열린 공간에서 실험해도 반응 전후에 질량은 변하지 않는다.

개념 바로 알기

- ① 양초를 공기 중에서 연소시키면 이산화 탄소와 수증기가 생성되어 빠져나가므로 질량이 감소한다.
- ② 공기 중에서 마그네슘을 연소시키면 산소와 결합하므로 질량이 증가한다.
- ④ 열린 용기에서 탄산 칼슘과 묽은 염산을 반응시키면 발생한 이산화 탄소 기체가 빠져나가 반응 후 질량이 감소한다.
- ⑤ 기체가 발생하거나 기체와 결합하는 반응의 경우 열린 공간에서 실험할 때 질량이 감소하거나 증가하지만, 닫힌 공간에서 실험할 때는 질량이 일정하다. 따라서 질량 보존 법칙은 (가)~(라)에서 모두 성립한다.

서술형 다지기

p.130

01 모범 답안 질량 보존 법칙

02 모범 답안  $A+B=C+D$

03 모범 답안 (1) 질량이 감소한다. 묽은 염산과 탄산 칼슘이 반응할 때 발생한 이산화 탄소 기체가 공기 중으로 빠져나가기 때문이다.  
(2) 묽은 염산과 탄산 칼슘 조각을 입구가 막힌 닫힌 공간에서 반응시켜 이산화 탄소 기체가 빠져나가지 않게 해야 한다.

채점 기준		배점
(1)	답을 옳게 서술한 경우	50 %
(2)	닫힌 공간에서 실험해야 한다는 점을 옳게 서술한 경우	50 %



- 04 모범 답안** (가)=(나)>(다). 묶은 염산에 조개 껍데기를 넣으면 이산화 탄소 기체가 발생하는데, 닫힌 공간인 (나)에서는 기체가 빠져나가지 못하므로 질량이 (가)와 같으나, 열린 공간인 (다)에서는 이산화 탄소 기체가 빠져나가기 때문에 질량이 (나)보다 감소한다.

채점 기준	배점
(가), (나), (다)의 질량을 옮겨 비교하고, 그 까닭을 이산화 탄소 기체가 빠져나가는 것과 관련하여 옮겨 서술한 경우	100 %
(가), (나), (다)의 질량만 옮겨 비교한 경우	50 %

- 05 모범 답안** 막대저울은 B쪽이 아래로 기울어진다. 강철 솜을 가열하면 철이 산소와 결합하여 산화 철(III)이 되면서 결합한 산소의 질량만큼 질량이 증가하기 때문이다.

채점 기준	배점
막대저울이 기울어지는 방향과 그 까닭을 산소의 결합과 관련지어 옮겨 서술한 경우	100 %
막대저울이 기울어지는 방향만 옮겨 서술한 경우	40 %

- 06 모범 답안** (가)와 (다). 반응이 일어날 때 기체가 발생하여 공기 중으로 날아가기 때문이다.

채점 기준	배점
질량이 감소하는 경우를 옮겨 고르고, 기체 발생과 관련지어 옮겨 서술한 경우	100 %
질량이 감소하는 경우만 옮겨 고른 경우	40 %

## 개념 한 걸음 더

p.131

- 01** (1) 16 (2) 32 (3) 44 (4) 18 **02** 해설 참조

- 01** (1) (탄소 12) + 4 × (수소 1) = 16  
 (2) 2 × (산소 16) = 32  
 (3) (탄소 12) + 2 × (산소 16) = 44  
 (4) 2 × (수소 1) + (산소 16) = 18

- 02** **답** 메테인 : 산소 : 이산화 탄소 : 물 = 4 : 16 : 11 : 9 |  
 분자량은 메테인이 16, 산소가 32, 이산화 탄소가 44, 물이 18이며, 반응 물질과 생성 물질은 분자 수는 메테인 1분자, 산소 2분자, 이산화 탄소 1분자, 물 2분자이다. 따라서 이 반응이 일어날 때 질량비는 '메테인 : 산소 : 이산화 탄소 : 물 = 16 : (2 × 32) : 44 : (2 × 18) = 4 : 16 : 11 : 9'이다.

## 11 일정 성분비 법칙

### 개념 확인 Quiz

p.133

- 1** 질량비 **2** 1 : 8 **3** 4 : 1

### 자료 보고 개념 다지기

p.134~135

- 01** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × **02** (1) 7개, B 3개와 N 1개가 남는다. (2) B : N = 3 : 2 **03** ① 17, ② 수소 7, ③ 17, ④ 질소 3, ⑤ 34, ⑥ 없음, ⑦ 8.5, ⑧ 수소 1.5, ⑨ 34, ⑩ 질소 2  
**04** 수소 4 g, 산소 32 g **05** 마그네슘 : 산소 = 3 : 2  
**06** (1) ① 0.1, ② 0.4, ③ 2.0 (2) 구리 : 산소 = 4 : 1  
**07** ① 0.2, ② 3, ③ 2 **08** 70 g **09** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○  
**10** (1) 6 mL (2) 10 % 아이오딘화 칼륨 수용액 4 mL

- 01** 일정 성분비 법칙은 혼합물에서는 성립하지 않는다. 공기는 산소와 질소, 이산화 탄소 등의 혼합물로, 성분비가 계속 변하므로 일정 성분비가 성립하지 않는다.

- 02** BN<sub>2</sub>는 (볼트 1개 + 너트 2개)이다. 볼트 10개와 너트 15개가 있으면, 볼트 7개와 너트 14개로 화합물 7개를 만들고, 볼트 3(10 - 7)개와 너트 1(15 - 14)개가 남는다. 이때 BN<sub>2</sub>에서 볼트와 너트의 질량비는 3 : (1 × 2) = 3 : 2이다.

- 03** 수소가 질소가 반응하여 암모니아 기체가 생길 때 질량비는 '수소 : 질소 : 암모니아 = 3 : 14 : 17'이다.

수소	질소	암모니아
10 g (3 g 반응 + 7 g 남음)	14 g	3 + 14 = 17 g
3 g	17 g (14 g 반응 + 3 g 남음)	3 + 14 = 17 g
6 g	28 g	6 + 28 = 34 g
3 g (1.5 g 반응 + 1.5 g 남음)	7 g	1.5 + 7 = 8.5 g
6 g	30 g (28 g 반응 + 2 g 남음)	6 + 28 = 34 g

- 04** '수소 : 산소 : 물'의 질량비는 1 : 8 : 9이므로 물 36 g을 얻으려면 수소는  $36 \times \frac{1}{9} = 4$  (g), 산소는  $36 \times \frac{8}{9} = 32$  (g) 필요하다.

- 05** 마그네슘 30 g이 산소 20 g과 결합하여 산화 마그네슘 50 g이 생긴다. 따라서 '마그네슘 : 산소 : 산화 마그네슘'의 질량비는 '3 : 2 : 5'이다.

- 06** 실험 2에서 '구리 : 산소 : 산화 구리(II)'의 질량비가 4 : 1 : 5임을 알 수 있다. 4 : 1 = 0.4 : ①, 4 : 1 = 1.6 : ②, 4 : 5 = 1.6 : ③이다.

- 08 산화 철(III)을 이루는 철과 산소의 질량비가 7 : 3이므로 산화 철(III) 100 g을 이루는 철의 질량은  $100 \times \frac{7}{10} = 70$  (g), 산소의 질량은  $100 \times \frac{3}{10} = 30$  (g)이다.
- 09 농도가 같은 아이오딘화 칼륨 수용액과 질산 납 수용액은 1 : 1의 부피비로 반응한다. 시험관 D에서 반응이 모두 일어난 것이며, 시험관 C에서는 반응하지 않고 남아 있는 아이오딘화 이온이 있다.
- 10 그래프에서 양금의 높이가 일정해질 때 아이오딘화 칼륨과 질산 납의 반응이 완전히 일어난 것이다. F는 아이오딘화 칼륨 수용액 6 mL와 질산 납 수용액 10 mL가 반응한 것이다. 아이오딘화 칼륨 수용액과 질산 납 수용액은 1 : 1의 부피비로 반응하므로, 아이오딘화 칼륨 수용액 4 mL를 더 넣어 주어야 남은 물질이 모두 반응한다.

## 답구 대표문제

p.136

01 ②      02 ③      03 ③

- 01 답 ② | 구리 2.0 g이 반응하여 산화 구리(II) 2.5 g이 생성되었으므로 산소는 0.5 g 반응하였다. 즉, '구리 : 산소 : 산화 구리(II)'의 질량비는 4 : 1 : 5이다. 산화 구리(II) 15.0 g을 얻으려면 산소는  $15 \times \frac{1}{5} = 3.0$  (g) 필요하다.
- 02 답 ③ | 화합물에서 일정 성분비 법칙이 성립하므로 반응하는 구리와 산소, 생성된 산화 구리(II)의 질량비는 일정하다.
- 개념 바로 알기  
ㄱ, ㄴ. 구리와 반응하는 산소의 질량이나, 산화 구리(II)에 포함된 산소의 질량은 구리의 질량에 따라 변한다.  
ㄷ. 구리가 완전히 반응하는 데 걸리는 시간은 구리의 양, 산소와 접하는 표면적, 불꽃의 세기 등에 따라 다르다.
- 03 답 ③ | 마그네슘 3 g과 산소 2 g이 반응하여 산화 마그네슘 5 g이 생긴다. 따라서 '마그네슘 : 산소 : 산화 마그네슘'의 질량비는 3 : 2 : 5이다.  $3 : 5 = 21 : x$ ,  $x = 35$  g이다.

## 실력 다지기

p.137~139

- 01 ④      02 ③      03 ②      04 ③      05 ②  
06 ③      07 ④      08 ②      09 ③      10 ③  
11 ④      12 ③      13 1 : 8      14 ④      15 ⑤  
16 ②      17 예지, 은영, 민수

- 01 답 ④ | 일정 성분비 법칙은 화합물이 생성될 때만 성립하고, 혼합물이 생성된 때는 성립하지 않는다.

개념 바로 알기

④ 암모니아를 물에 녹여 만든 암모니아수는 혼합물로, 녹이는 암모니아의 양에 따라 성분비가 달라진다.

- 02 답 ③ |  $\text{BN}_2$ 를 이루는 B와 N의 질량비는 4 g :  $(2 \times 3)$  g = 2 : 3이다.

개념 바로 알기

① BN를 이루는 B와 N의 질량비는 4 g : 3 g = 4 : 3이다.  
②  $\text{BN}_2$ 는 B 1개와 N 2개로 이루어지므로, B와 N은 1 : 2의 개수비로 결합한다.  
④ BN와  $\text{BN}_2$ 는 성분 물질의 질량비가 다르므로 다른 종류의 물질이다.  
⑤ B와 N가 결합할 때 반응 전과 반응 후의 질량이 일정하므로 질량 보존 법칙이 성립함을 알 수 있다.

- 03 답 ② |  $\text{BN}_2$ 는 볼트와 너트가 1 : 2의 개수비로 결합하므로 볼트 15개와 너트 24개가 있으면 볼트 12개와 너트 24개를 이용하여  $\text{BN}_2$  12개를 만들고, 볼트 3개가 남는다.

- 04 답 ③ | 이산화 탄소는 탄소 원자 1개와 산소 원자 2개가 결합한 것이다. 따라서 '탄소 : 산소'의 질량비는 12 g :  $(2 \times 16)$  g = 3 : 8이다.

- 05 답 ② | 마그네슘 9 g이 산소 6 g과 반응하여 산화 마그네슘 15 g을 만든다. 따라서 산화 마그네슘을 구성하는 마그네슘과 산소의 질량비는 9 : 6 = 3 : 2이다.

- 06 답 ③ | 마그네슘과 산소의 질량비가 3 : 2이므로 마그네슘 36 g은 산소 24 g과 반응하고, 산소 6 g이 남는다.

- 07 답 ④ | 표에서 금속 A 5 g이 반응하여 금속 산화물 B 7 g이 생기므로, 산소 2 g과 결합한 것이다. 즉, 'A : 산소 : B'의 질량비는 5 : 2 : 7이다. '5 : 2 = 40 : 산소의 질량', 따라서 필요한 산소의 질량은 16 g이다.

- 08 답 ② | 구리 4 g이 산소 1 g과 결합하여 산화 구리(II) 5 g이 생성되므로 '구리 : 산소 : 산화 구리(II)'의 질량비는 4 : 1 : 5이다. 산화 구리(II) 30 g에는 산소가  $30 \times \frac{1}{5} = 6$  (g) 있다.

개념 바로 알기

① 반응하는 구리와 산소의 질량비는 4 : 1이다.  
③ 구리의 질량이 증가하면 결합하는 산소의 질량도 증가한다.  
④ 구리 4 g이 산소 1 g과 결합하여 산화 구리(II) 5 g이 생성되었으므로 질량 보존 법칙이 성립한다.

⑤ 반응하는 구리의 질량이 증가하면 생성되는 산화 구리(II)의 질량도 증가한다.

- 09 **답** ③ | 마그네슘 3 g과 산소 2 g이 결합하여 산화 마그네슘 5 g이 생긴다. 따라서 ‘마그네슘 : 산소 : 산화 마그네슘’의 질량비는 3 : 2 : 5이다. 마그네슘 15 g을 완전히 연소시킬 때 필요한 산소의 양은  $3 : 2 = 15 : x$ ,  $x = 10.0$  g이다.

**개념 바로 알기**

③ 마그네슘과 산소는 3 : 2의 질량비로 결합하므로, 마그네슘 9.0 g을 반응시키면 6.0 g의 산소와 결합하여 산화 마그네슘 15.0 g이 생성된다. ( $3 : 2 = 9.0 : x$ ,  $x = 6.0$ )

- 10 **답** ③ | 그래프에서 6 mL의 아이오딘화 칼륨 수용액에 6 mL의 질산 납 수용액을 넣었을 때부터 앙금의 높이가 일정하다. 즉, 이때 두 수용액이 모두 반응한 것이다. 따라서 같은 농도의 아이오딘화 칼륨 수용액과 질산 납 수용액은 1 : 1의 부피비로 반응하여 노란색 앙금인 아이오딘화 납을 만든다. 시험관 B와 C에는 반응하지 않고 남아 있는 아이오딘화 이온이 있고, 시험관 E와 F에는 납 이온이 남아 있다. 따라서 시험관 E에 아이오딘화 칼륨 수용액을 더 넣으면 앙금의 높이가 높아진다.

**개념 바로 알기**

③ ‘아이오딘화 칼륨 수용액 6 mL + 질산 납 수용액을 4 mL’를 넣은 시험관 C에는 반응하지 않고 남아 있는 아이오딘화 이온이 있다.

- 11 **답** ④ | D부터 앙금의 높이가 일정해지는데, 이는 질산 납 수용액의 양이 늘어나도, 처음 시험관에 넣은 아이오딘화 칼륨 수용액의 양이 6 mL로 일정하기 때문이다. 즉, 아이오딘화 칼륨이 모두 반응했기 때문에 앙금의 높이가 더는 높아지지 않는다.

- 12 **답** ③ | 농도가 같은 아이오딘화 칼륨 수용액과 질산 납 수용액은 1 : 1의 부피비로 반응한다. 따라서 두 용액을 각각 30 mL씩 넣었을 때 두 용액이 모두 반응하여 앙금이 가장 많이 생긴다.

**개념 바로 알기**

같은 농도의 아이오딘화 칼륨 수용액과 질산 납 수용액은 같은 부피로 반응한다. 따라서 한쪽의 양이 많다고 앙금이 많이 생성되는 것이 아니다. 아이오딘화 칼륨 수용액 10 mL와 질산 납 수용액 50 mL를 섞었을 때 반응하는 양은 아이오딘화 칼륨 수용액 10 mL와 질산 납 수용액 10 mL이다.

- 13 **답** 1 : 8 | 실험 2에서 수소 4 g과 산소 16 g을 반응시키면 수소 2 g이 남는다. 즉, 수소 2 g과 산소 16 g이 반응하여 물 18 g을 만든다. 따라서 물이 합성될 때 ‘수소 : 산소’의 질량비는  $2 : 16 = 1 : 8$ 이다.

- 14 **답** ④ | 실험 1에서 수소가 3 g 남았으므로 반응한 수소의 질량은  $(7 - 3)$  g이다.  $1 : 8 = (7 - 3) : 24$ ,  $7 - 3 = 4$ 이다. 실험 3에서 수소 2 g은 산소 16 g과 반응하여 물 18 g을 만든다. 따라서 산소 4 g이 남는다.

- 15 **답** ⑤ | 강철 솥을 연소시키면 철과 산소가 반응하여 산화 철(III)이 된다. 그래프에서 강철 솥 7 g이 반응하여 산화 철(III) 10 g이 생기며, 강철 솥의 질량이 증가하면 이에 비례하여 산화 철(III)의 질량도 증가한다. 이를 통해 산화 철(III)을 이루는 철과 산소는 일정한 질량비로 결합한다는 일정 성분비 법칙을 확인할 수 있다.

**개념 바로 알기**

ㄱ. 일정한 온도의 용매 100 g에 최대 녹을 수 있는 용질의 양을 g수로 나타낸 것은 용해도이다.

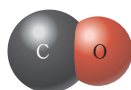
- 16 **답** ② | (가)는 일산화 탄소, (나)는 이산화 탄소이다. 일산화 탄소는 탄소 원자 1개와 산소 원자 1개로 되어 있으며, ‘탄소 : 산소’의 질량비는  $12 : 16 = 3 : 4$ 이다. 이산화 탄소는 탄소 원자 1개에 산소 원자 2개가 결합해 있으며, ‘탄소 : 산소’의 질량비는  $12 : (2 \times 16) = 3 : 8$ 이다. 따라서 (가)와 (나)에서 일정량의 탄소와 결합하는 산소의 질량비는 1 : 2이다.

**개념 바로 알기**

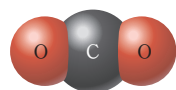
ㄴ. 이산화 탄소는 탄소 원자 1개와 산소 원자 2개로 이루어져 있으므로 탄소 원자와 산소 원자의 개수비는 1 : 2이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 성분 원소의 종류는 탄소와 산소로 같지만, 두 원소 사이의 성분비가 다르므로 서로 다른 물질이다.

**자료 분석** 같은 원소로 이루어진 화합물의 성분비



• 탄소 원자 1개 + 산소 원자 1  
• ‘탄소 : 산소’의 질량비  
 $= 12 : 16 = 3 : 4$



• 탄소 원자 1개 + 산소 원자 2개  
• ‘탄소 : 산소’의 질량비  
 $= 12 : (2 \times 16) = 3 : 8$

- 17 **답** 예지, 은영, 민수 | 구리 8 g이 모두 반응하면 산화 구리(II) 10 g이 생긴다. 즉, 구리 8 g에 산소 2 g이 결합하므로 구리와 산소의 질량비는  $8 : 2 = 4 : 1$ 이다.

일정 시간이 지난 후 생성 물질의 질량이 일정해지는 것은 구리의 양이 8 g으로 일정하므로, 산소와 반응할 구리가 없기 때문이다. 만약 구리 가루의 질량을 늘리면 생성되는 산화 구리(II)의 질량도 증가한다.

#### 개념 바로 알기

• 종석: 구리와 결합하는 산소의 양은 구리의 양이 증가하면 비례하여 증가한다.

## 서술형 다지기

p.140

01 모범 답안 (1) 14 : 3 (2) 3 : 8

02 모범 답안 (1) 10개 (2) 화합물  $\text{BN}_3$ 은 B 1개에 N 3개가 결합한 것으로,  $\text{BN}_3$  1개의 질량은  $2\text{ g} + (3 \times 1)\text{ g} = 5\text{ g}$ 이다. 생성된 화합물이 10개이므로, 화합물 전체의 질량은  $10\text{ 개} \times 5\text{ g} = 50\text{ g}$ 이다.

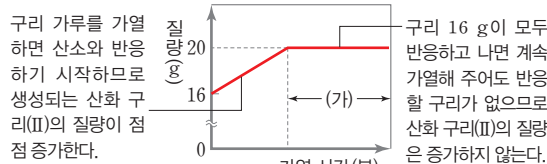
채점 기준		배점
(1)	답을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	화합물 1개의 질량과 개수를 포함하여 옳게 서술한 경우	70 %

03 모범 답안 (1) 구리 16 g을 모두 연소시켰을 때 20 g이 되었으므로 구리와 반응하는 산소의 질량은 4 g이다. 따라서 구리와 산소의 질량비는 4 : 1이므로, 구리 20 g을 모두 연소시키려면 산소 5 g이 필요하다.

(2) (가)에서는 더 이상 반응할 구리가 없기 때문에 질량이 일정해진다.

채점 기준		배점
(1)	구리와 산소의 질량비를 포함하여 옳게 서술한 경우	70 %
(2)	구리의 양이 일정하다는 것을 표현한 경우	30 %

#### 자료 분석 금속과 산소의 반응에서 일정 성분비



04 모범 답안 (1) 3 : 2 (2) 18 g | ‘마그네슘 : 산소 : 산화 마그네슘’의 질량비가 3 : 2 : 5이므로, 산화 마그네슘을 30 g을 얻으려면 마그네슘은  $3 : 5 = x : 30, x = 18\text{ (g)}$  필요하다.

05 모범 답안 양금의 높이는 변하지 않는다. 시험관 D에서 이미 질산 납 수용액이 모두 반응하여 남아 있지 않으므로 아이오딘화 칼륨 수용액을 더 넣어도 양금이 생성되지 않는다.

채점 기준	배점
질산 납이 모두 반응하였다는 것을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
양금의 높이가 변하지 않는다고만 서술한 경우	30 %

06 모범 답안 2.4 g | 실험 1에서 수소와 산소의 질량비는 1 : 8이다. 실험 2에서 수소가 0.3(0.4 - 0.1) g 반응하였으므로, 반응한 산소의 양은  $1 : 8 = 0.3 : x, x = 2.4\text{ g}$ 이다.

## 개념 한 걸음 더

p.141

01 ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 답 ㄱ, ㄴ, ㄷ | 칼슘 원자는 전자 2개를 잃고 칼슘 이온  $\text{Ca}^{2+}$ 이 되고, 염소 원자 2개는 칼슘이 내어 놓은 전자를 각각 하나씩 받아  $\text{Cl}^-$ 이 된다. 즉, 칼슘 원자 1개는 염소 원자 2개와 서로 이온을 주고 받아 결합하여 염화 칼슘이 된다. 염화 칼슘을 이루는 ‘칼슘 : 염소’의 질량비는  $40 : (2 \times 35.5) = 40 : 71$ 이다.

## 12 기체 반응 법칙과 화학 반응에서 에너지 출입

### 개념 확인 Quiz

p.143

- |          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 1 정수비    | 2 기체의 분자 수비(또는 화학 반응식의 계수비) |
| 3 흡열, 발열 | 4 높아, 낮아                    |

## 자료 보고 개념 다지기

p.144~145

- 01 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○      02 (1) 부피비 = 2 : 1 : 2, 분자 수비 = 2 : 1 : 2 (2) 부피비 = 1 : 1 : 2, 분자 수비 = 1 : 1 : 2
- 03 ① 20, ② 0, ③ 20, ④ 산소 / 10, ⑤ 20, ⑥ 수소 / 10, ⑦ 30, ⑧ 산소 / 25
- 04 염소 : 수소 : 염화 수소 = 1 : 1 : 2      05 8 mL
- 06 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×      07 ① 발열 반응, ② 높아진다, ③ 흡열 반응, ④ 낮아진다      08 (1) 발 (2) 발 (3) 흡 (4) 발 (5) 발 (6) 흡 (7) 발 (8) 흡 (9) 발      09 (1) 방출한다 (2) 내려간다 (3) 방출한다

01 같은 온도와 압력에서 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 개수의 분자를 가진다. 기체 반응 법칙은 기체와 기체가 반응하여 기체가 생성될 때만 성립하며, 부피비 사이의 관계를 나타낸 것으로, 기체의 부피비와 질량비는 서로 다르다.

02 기체가 반응하여 기체가 생기는 반응에서 부피비와 분자 수비는 같다.



- 03 '수소 : 산소 : 수증기'는 2 : 1 : 2의 부피비로 반응한다. 따라서 수소 20 mL는 산소 10 mL와 반응하여 수증기 20 mL를 생성하며, 수소 30 mL는 산소 15 mL와 반응하여 수증기 30 mL를 생성한다.
- 04 반응한 기체는 염소 20 mL, 수소 20(80 - 60) mL이고, 염화 수소 40 mL가 생겼다. 따라서 '염소 : 수소 : 염화 수소'는 1 : 1 : 2의 부피비로 반응한다.
- 05 '각 기체의 부피비 = 화학 반응식의 계수비'이다. '수소 : 질소 : 암모니아'의 부피비는 3 : 1 : 2이므로 수소 기체 12 mL가 반응하면  $3 : 2 = 12 : x$ ,  $x = 8$ , 암모니아는 8 mL가 생성된다.
- 06 발열 반응은 주위로 열을 방출하여 주변 온도가 높아지며, 흡열 반응은 주변에서 열을 흡수하므로, 주변 온도가 내려간다. 흡열 반응에서 반응물의 에너지 합은 생성물의 에너지 합보다 작다.
- 08 철이 산소와 결합하여 산화 철이 되는 것은 철이 녹스는 반응으로 발열 반응이다. 연소, 산과 금속의 반응, 제철제, 중화 반응도 발열 반응이다. 냉각 팩, 광합성은 흡열 반응이다.

## 탐구 대표문제

p.146

01 ④      02 ②      03 ②

- 01 답 ④ | '수소 : 산소 : 수증기'는 2 : 1 : 2의 부피비로 반응한다. 따라서 수소 20 mL는 산소 10 mL와 반응하여 수증기 20 mL를 만든다. 반응물의 산소가 20 mL였으므로 반응이 끝난 후 산소 10 mL가 남는다.
- 02 답 ② | 문제의 반응에서 A : B : C는 1 : 3 : 2의 부피비로 반응한다. 따라서 B 45 mL는 A 15 mL와 반응하여 C 30 mL를 만들고, A 15 mL가 남는다.
- 03 답 ② | 반응 전후에 물질의 질량은 같고(질량 보존 법칙), 반응 전후 원자의 종류와 개수는 변하지 않는다. 또한 각 기체 1부피 속에 들어 있는 분자 수는 같다(아보가드로 법칙).

개념 바로 알기

ㄷ, 각 기체 1부피에 들어 있는 원자 수는 수소는 2원자, 산소는 2원자, 수증기는 3원자이다.

## 실력 다지기

p.147~149

01 ③      02 ③      03 ③      04 ④      05 ④  
06 ③      07 ⑤      08 ④      09 ③      10 ②  
11 ⑤      12 ④      13 ⑤      14 ④      15 ⑤  
16 ③

- 01 답 ③ | '질소 : 수소 : 암모니아'는 1 : 3 : 2의 부피비로 반응한다. 따라서 수소 30 mL는 질소 10 mL와 반응하여 암모니아 20 mL를 만들고, 질소 20 mL가 남는다.
- 02 답 ③ | 실험 1에서 기체 A 20 mL가 기체 B 10 mL와 모두 반응하여 기체 C 20 mL를 만든다. 따라서 A : B : C의 부피비는 2 : 1 : 2이다. 실험 2에서 기체 B 15 mL는 기체 A 30 mL와 반응하므로, 반응 후에는 기체 A가 10 mL 남는다.  
실험 3에서는 기체 A 60 mL가 기체 B 30 mL와 반응하여 기체 C 60 mL를 만들고, 기체 B 10 mL가 남는다. 따라서 실험 3에서는 기체 A를 더 넣어 주어야 반응이 일어나 기체 C의 부피가 늘어나며, 기체 B는 더 넣어 주어도 기체 C의 부피가 증가하지 않는다. 이 반응에서 기체 반응 법칙이 성립하므로 실험 1, 2, 3에서 반응하는 기체의 부피비는 같다.

개념 바로 알기

③ 실험 2에서는 반응 후 기체 A가 남아 있다. 따라서 기체 A를 더 넣어 주어도 반응이 일어나지 않으므로 기체 C의 부피가 증가하지 않는다.

- 03 답 ③ | A : B : C의 부피비는 2 : 1 : 2이며, 부피비는 화학 반응식의 계수비와 같다. 따라서 A와 B가 반응하여 C를 만드는 반응에서 화학 반응식은  $2A + B \rightarrow 2C$ 이다.
- 04 답 ④ | '수소 : 산소 : 수증기'는 2 : 1 : 2의 부피비로 반응한다. 반응 전후 물질의 총 질량은 같으며(질량 보존 법칙), 각 기체의 부피 사이에는 2 : 1 : 2라는 일정한 정수비가 성립하고(기체 반응 법칙), 각 기체 1부피에 포함된 분자 수는 같다(아보가드로 법칙). 각 기체의 분자 수비는 부피비와 같으므로 2 : 1 : 2이다.

개념 바로 알기

④ 수소 기체 2 L와 산소 기체 1 L를 반응시키면 수증기는 2 L가 생긴다.

- 05 답 ④ | '수소 : 산소 : 수증기'는 2 : 1 : 2의 부피비로 반응하므로, 수소 30 mL는 산소 15 mL와 반응하여 수증기 30 mL를 생성한다.

**06** **답** ③ | 질소 1부피와 수소 3부피가 반응하면 암모니아 2부피가 생기며, 각 기체의 1부피 속에는 같은 수의 분자가 들어 있다. 문제의 그림에서 질소와 수소가 1부피 속에 각각 분자가 1개씩 들어 있으므로, 생성되는 암모니아도 1부피에 암모니아 분자가 1개씩 들어 있다.

**07** **답** ⑤ | 수소와 산소가 반응하여 수증기가 생성되는 것을 나타낸 화학 반응식으로, 반응 물질은 수소와 산소, 생성 물질은 수증기이다. 반응 전후 총 원자의 수는 각각 수소 원자 4개, 산소 원자 2개로 같다. 화학 반응식에서 계수비는 부피비, 분자 수비와 같으므로 ‘수소 : 산소 : 수증기’는 2 : 1 : 2의 부피비와 분자 수비로 반응한다.

**개념 바로 알기**

⑤ 물 분자는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개로 이루어져 있다. 따라서 물 분자를 구성하는 수소와 산소의 질량비는  $(2 \times 1) : 16 = 1 : 8$ 이다.

**08** **답** ④ | ‘수소 : 염소 : 염화 수소’는 1 : 1 : 2의 부피비로 반응한다. 기체 반응 법칙에서 ‘부피비 = 분자 수비 = 화학 반응식의 계수비’이므로 수소 분자 10개는 염소 분자 10개와 모두 반응한다.

**개념 바로 알기**

ㄱ. 반응 전 분자는 수소 분자 1개, 염소 분자 1개이며, 반응 후에는 염화 수소 분자 2개가 된다. 따라서 분자의 종류가 달라진다.

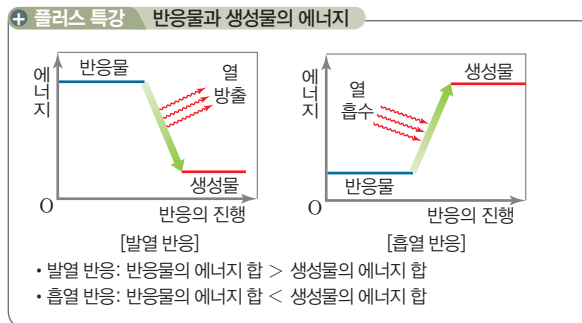
ㄴ. 이 반응은 수소 분자 1개와 염소 분자 1개가 반응하여 염화 수소 분자 2개를 만드는 반응이므로 화학 반응식은 다음과 같다.  $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$

**09** **답** ③ | ‘수소 : 염소 : 염화 수소’는 1 : 1 : 2의 부피비로 반응하므로, 염화 수소 3 L가 생기기 위해 필요한 수소 기체의 양은  $1 : 2 = x : 3, x = 1.5$  L이고, 염소 기체도 같은 부피로 반응하므로, 염소 기체도 1.5 L가 필요하다.

**10** **답** ② | 산과 염기의 중화 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

**개념 바로 알기**

- ① 흡열 반응은 열을 흡수하여 일어나는 반응이다.
- ③ 발열 반응은 열을 방출하므로 주변 온도가 올라간다.
- ④ 자동차가 녹스는 것은 철이 산소와 결합하여 산화 철을 생성하는 반응으로, 열을 방출하는 발열 반응이다.
- ⑤ 흡열 반응은 열을 흡수하여 일어나므로 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 작다.



**11** **답** ⑤ | 염산에 마그네슘 리본을 넣는 것은 산과 금속의 반응이므로 발열 반응이다. 발열 반응이 일어날 때는 주위로 열을 방출하므로 주변 온도가 올라간다. 발열 반응의 다른 예로는 연소 반응, 철이 녹스는 반응 등이 있다.

**12** **답** ④ | 식물이 광합성을 하는 것과 냉각 팩을 만드는 것은 흡열 반응의 예로, 흡열 반응이 일어날 때 주변의 열을 흡수하므로 주변 온도가 내려간다.

눈이 내렸을 때 염화 칼슘을 뿌리면 염화 칼슘이 물에 녹으면서 열을 방출하므로 주변의 눈을 녹이고, 염화 칼슘이 녹은 물은 혼합물이므로 어는점이 내려가 쉽게 얼지 않아도 얼어 붙는 것을 방지할 수 있다.

철가루와 산소의 반응은 발열 반응으로, 반응이 일어나면 열이 발생한다. 철가루가 들어 있는 손난로를 흔들면 철가루가 산소와 반응하여 열이 나므로 따뜻해진다.

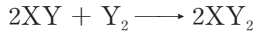
**13** **답** ⑤ | 탄산수소 나트륨에 열을 가하면 탄산 나트륨과 이산화 탄소, 물로 분해되는데, 이 반응은 탄산수소 나트륨이 열을 흡수해 일어나는 흡열 반응이다. 반죽에 베이킹파우더를 넣고 빵을 구우면 탄산수소 나트륨이 분해되면서 이산화 탄소 기체를 발생시키므로 빵이 크게 부풀어 오른다.

**개념 바로 알기**

- ① 열을 흡수하는 반응이다.
- ② 흡열 반응이 일어나면 주위의 온도가 내려간다.
- ③ 연소 반응은 발열 반응으로 열을 방출하는 반응이다. 따라서 탄산수소 나트륨의 분해 반응과 열의 출입이 반대이다.
- ④ 흡열 반응에서 반응물의 에너지 합은 생성물의 에너지 합보다 작다.

**14** **답** ④ | 수산화 바륨과 염화 암모늄을 섞으면 두 물질이 반응하며 열을 흡수한다. 흡열 반응이 일어날 때 주변의 온도가 내려가므로, 플라스크와 나무판 사이의 물이 얼어 붙어 나무판이 플라스크에 달라붙는다. 탄산수소 나트륨의 분해 반응도 흡열 반응이다.

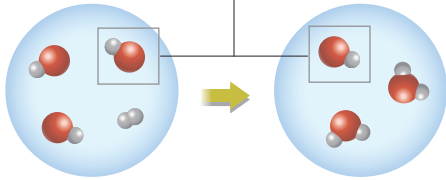
- 15 **답 ⑤** | 반응 전에는 XY 3분자, Y<sub>2</sub> 1분자가 있었고, 반응 후에는 XY 1분자와 XY<sub>2</sub> 2분자가 있다. 즉, 반응 전후에 변하지 않은 XY 1분자는 반응에 참여하지 않았다. 따라서 반응에 참여한 물질은 XY 2분자, Y<sub>2</sub> 1분자이고, 이들이 화학 반응하여 XY<sub>2</sub> 2분자가 생성되었다. 반응 물질과 생성 물질은 모두 기체이므로, 분자 수비는 화학 반응식의 계수비이며 다음과 같이 나타낼 수 있다.



- ㄱ. 반응 물질은 XY, Y<sub>2</sub>이고, 생성 물질은 XY<sub>2</sub>이다.  
 ㄴ. 반응 전 후 원자 수가 같으므로 물질의 총 질량은 보존된다(질량 보존 법칙).  
 ㄷ. 부피비는 화학 반응식의 계수비, 분자 수비와 같으므로 XY : Y<sub>2</sub> : XY<sub>2</sub> = 2 : 1 : 2이다.

**자료 분석 기체 반응 법칙**

반응 전후에 변하지 않고 남아 있는 물질은 반응에 참여하지 않은 것이다.



- 16 **답 ③** | 질산 암모늄이 물에 녹으면 열을 흡수하는 흡열 반응이 일어나 주위의 온도가 내려간다.

**개념 바로 알기**

- ㄷ. 흡열 반응이 일어날 때는 반응물의 에너지 합이 생성물의 에너지 합보다 작다.

**서술형 다지기**

p.150

- 01 **모범 답안**  $N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$ , 기체의 반응에서 부피비는 화학 반응식의 계수비와 같기 때문이다.  
 02 **모범 답안** 수증기 30 mL, ‘수소 : 산소 : 수증기’는 2 : 1 : 2의 부피비로 반응한다. 따라서 수소 기체 30 mL는 산소 기체 15 mL와 반응하여 수증기 30 mL를 생성한다.

채점 기준	배점
생성되는 수증기의 양을 옳게 쓰고, 반응이 일어날 때의 부피비를 포함하여 계산 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
수증기의 양만 옳게 쓴 경우	50 %

- 03 **모범 답안** (1) (가) A, 10 (나) B, 10



| 실험 2에서 A 20 mL와 B 10 mL가 모두 반응하여 C 20 mL를 생성하므로 A : B : C는 2 : 1 : 2의 부피비로 반응한다. 실험 1에서는 A 10 mL와 B 5 mL가 반응하고, A 10 mL가 남는다. 실험 3에서는 A 20 mL와 B 10 mL가 반응하고, B 10 mL가 남는다.

- 04 **모범 답안** (1) 메테인 : 산소 : 이산화 탄소 : 수증기 = 1 : 2 : 1 : 2 (2) 40 L

- 05 **모범 답안** (가)와 (다)는 발열 반응이고, (나)는 흡열 반응이다. 발열 반응이 일어날 때는 주변 온도가 올라가고, 흡열 반응이 일어날 때는 주변 온도가 내려간다.

- 06 **모범 답안** 흡열 반응. 질산 암모늄이 용해되면서 물의 온도가 내려갔기 때문이다. 흡열 반응이 일어날 때는 열을 흡수하므로 주변의 온도가 내려간다.

**개념 한 걸음 더**

p.151

- 01 ⑤ 02 ㄱ, ㄴ

- 01 **답 ⑤** | 같은 온도와 같은 압력에서 모든 종류의 기체는 같은 부피 속에 같은 개수의 분자를 가진다. 따라서 산소 기체 1몰과 질소 기체 1몰은 부피, 분자 수가 같으며, 산소 분자와 질소 분자는 모두 두 개의 원자로 이루어져 있으므로, 원자의 개수도 같다. 단, 원자의 개수는 모든 기체가 같은 것은 아니니 주의한다. 암모니아의 경우는 4개의 원자로 되어 있으므로, 질소나 산소 분자와는 원자의 개수가 다르다.

**개념 바로 알기**

- ㄱ. 질소와 산소는 원자량이 각각 14와 16이며, 분자는 2개의 원자로 이루어져 있으므로 분자량은 각각 28과 32이다.  
 ㄴ. 두 기체는 분자량이 다르므로 1몰의 질량도 다르다.  
 ㄷ. 밀도는 ‘ $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ ’이고, 두 기체는 부피는 같지만 질량이 다르므로 밀도 역시 다르다.

- 02 **답 ㄱ, ㄴ** | 이 반응에서 ‘수소 : 산소 : 수증기’의 화학 반응식의 계수비는 2 : 1 : 2이므로, 부피비도 2 : 1 : 2이고, 기체는 온도와 압력이 같을 때 ‘몰비 = 부피비’이므로 몰비도 2 : 1 : 2이다.

**개념 바로 알기**

- ㄷ. 이 반응은 수소 2분자와 산소 1분자가 반응하여 수증기 2분자가 생기는 것으로, 질량비는  $2 \times (2 \times 1) : (2 \times 16) : 2 \times ((2 \times 1) + 16) = 1 : 8 : 9$ 이다.



# Memo

A series of horizontal wavy lines for writing, with small pink circular markers placed at various intervals along the lines.