

체크체크  
**시냅스** Synapse

화학



정답과 풀이

# 01 물질의 상태 변화

## ◆ 탐구 확인하기

12~13쪽

01 ③ 02 ④

**01** 페트리 접시의 가운데에 암모니아수 한 방울을 떨어뜨리면 암모니아수를 중심으로 기체 입자가 스스로 운동하는 확산 반응이 일어나고, 암모니아수는 염기성이므로 페놀프탈레인 용액과 만나면 페놀프탈레인 용액이 붉은색으로 변한다. 따라서 중심에 가까운 페놀프탈레인 용액을 문힌 솜부터 차례대로 붉은색으로 변하게 된다. 페트리 접시 안이 진공 상태이거나 페트리 접시 안의 온도를 높이면 암모니아수 기체 입자의 확산 속도가 빨라져 솜의 색이 변하는 속도가 빨라진다.

### 오답 체크

ㄷ. 페트리 접시 안이 진공 상태라는 것은 암모니아수 기체 입자의 확산을 방해하는 기체 입자들이 없다는 뜻이다. 따라서 암모니아수 기체 입자의 확산 속도가 빨라질 것이고, 페놀프탈레인 용액을 문힌 솜의 색이 변하는 속도가 빨라진다.

**02** 드라이아이스는 상온에서 기체로 승화하는 승화성 물질이다. 따라서 드라이아이스를 지퍼 백에 넣고 입구를 막은 후 실온에 두면 드라이아이스가 기체로 승화할 것이고, 고체 상태인 드라이아이스보다 기체 상태인 이산화 탄소의 부피가 더 크기 때문에 지퍼 백이 부풀어 오를 것이다. 드라이아이스가 승화하면서 기체로 변하면 입자 사이의 거리가 멀어지고, 드라이아이스의 크기는 작아진다.

### 오답 체크

ㄴ. 드라이아이스가 승화하며 부피가 증가하기 때문에 지퍼 백은 부풀어 오른다.

## ◆ 실력 플러스 문제

14~15쪽

01 ③ 02 ④ 03 ② 04 ② 05 ②  
06 ③ 07 ② 08 ①

**01** 분자 운동은 물질을 이루는 입자들이 끊임없이 여러 방향으로 움직이는 현상이다. 분자 운동으로 인한 현상에는 액체 상태의 입자가 기체 상태가 되어 공기 중으로 날아가는 현상인 증발과 끓음, 액체나 기체 입자가 스스로 운동하며 주변으로 퍼져 나가는 현상인 확산, 액체나 기체 속에서 입자들이 서로 충돌하며 불규칙하게 운동하는 현상인 브라운 운동 등이 있다.

젖은 빨래가 마르는 현상은 증발의 예시이다. 향수 냄새가 방 안에 퍼지는 현상, 도시락 반찬 냄새가 교실에 퍼지는 현상, 물에 떨어뜨린 잉크가 점점 퍼져 나가는 현상은 모두 확산의 예시이다.

### 오답 체크

③ 난로에 다가갔을 때 따뜻해지는 현상은 매질 없이 전자 기파 형태로 열을 직접적으로 전달하는 복사에 의한 현상이다.

**02** 물에 잉크를 떨어뜨리면 물속에서 잉크 입자가 퍼져 나가는 확산이 일어난다. 확산이 일어나는 속도는 입자의 운동 속도가 빠를수록 빨라지며 입자의 운동 속도는 온도가 높을수록 빨라진다. 따라서 찬물에 떨어뜨린 잉크보다 뜨거운 물에 떨어뜨린 잉크가 퍼져 나가는 속도가 더 빠르다.

### 오답 체크

- ① 뜨거운 물에서 잉크가 더 빨리 퍼진다.
- ② 분자의 확산 속도는 찬물보다 뜨거운 물이 더 빠르다.
- ③ 이 실험에서 물질의 확산 현상을 관찰할 수 있다.
- ⑤ 온도에 따른 분자의 운동 속도를 알아보기 위한 실험이다.

## 자료 다시 보기 온도에 따른 입자의 확산 속도



- 입자의 확산 속도는 물질의 상태, 입자의 질량, 온도, 매질의 방해 정도에 따라 달라진다.
- 일반적으로 기체일 때 액체보다 더 빠른 속도로 확산이 일어난다.
- 일반적으로 확산이 일어나는 입자의 질량이 작을수록 더 빠른 속도로 확산이 일어난다.
- 일반적으로 확산이 일어나는 온도가 높을수록 더 빠른 속도로 확산이 일어난다.
- 확산이 일어나는 물질의 입자가 다른 물질의 입자와 충돌하며 받는 방해가 적을수록 확산 속도가 빠르다. 일반적으로 매질이 액체 상태일 때보다 기체 상태일 때 확산 속도가 빠르며 기체 상태일 때보다 진공 상태일 때 확산 속도가 빠르다.

**03** 그림에서 (가)는 액체의 표면에서만 액체 입자가 기체 입자가 되어 공기 중으로 날아가므로 (가)는 증발 현상이다. (나)는 액체의 표면과 내부에서 액체 입자가 기체 입자가 되어 공기 중으로 날아가므로 (나)는 끓음 현상이다. 증발은 모든 온도에서 일어나며 온도가 높을수록 잘 일어난다. 끓음은 액체의 끓는점 이상의 온도에서만 일어난다.

### 오답 체크

② 증발은 모든 온도에서 일어나므로 가열과 상관없이 일어나는 현상이다.

04 그림과 같이 페트리 접시에 아세톤을 2~3 방울 떨어뜨렸을 때 아세톤에서는 증발이 일어난다. 액체 상태의 아세톤에서 증발이 일어나면 기체 상태의 아세톤이 되어 공기 중으로 흩어지고, 전자저울은 액체 상태 아세톤의 질량만 측정하므로 전자저울의 숫자가 점점 작아질 것이다. 증발이 일어나는 속도는 온도가 높아질수록 빨라지므로 전자저울의 숫자가 변하는 속도는 온도가 높아지면 빨라질 것이다.

**오답 체크**

- ① 액체 아세톤의 양은 줄어든다.
- ③ 전자저울의 숫자는 점점 감소한다.
- ④ 온도를 높이면 질량이 변하는 속도가 빨라진다.
- ⑤ 아세톤 입자들이 공기 중으로 퍼져 나가는 모습은 관찰할 수 없다.

**자료 다시 보기 증발 현상 확인하기**



- 일반적으로 증발이 일어나며 액체 상태의 물질이 기체 상태로 변화할 때 기체 상태로 변한 물질의 입자는 눈으로 관찰할 수 없다.
- 전자저울의 숫자 변화를 통해 증발이 일어나는 과정을 눈으로 확인할 수 있다.

05 그림에서 A는 고체, B는 액체, C는 기체 상태 물질의 입자 배열이다. 고체 상태에서 입자는 규칙적으로 배열되어 있으며 제자리에서 진동하는 입자 운동이 일어난다. 액체 상태에서 입자는 고체보다 활발하게 운동하며 일반적으로 고체보다는 덜 뻘뻘하게, 기체보다는 더 가까이 뭉쳐있다. 기체 상태에서 입자는 모든 방향으로 자유롭게 활발하게 운동하며 입자 사이에 많은 빈 공간이 있다. 일반적으로 입자 사이의 인력이 강할수록 입자 사이의 거리가 짧아지며 부피가 작아진다.

**오답 체크**

- ① 고체에서 입자는 제자리에서 진동하며 운동한다.
- ③ 일반적으로 입자 사이의 거리는 고체 < 액체 < 기체 순이다.
- ④ 고체에서 액체로 상태가 변화하면 입자 사이의 인력이 작아진다.
- ⑤ 질량이 같은 경우 고체보다 기체가 열에너지를 더 많이 가지고 있다.

06 A는 물질의 상태가 고체에서 액체로 변하는 용해, B는 액체에서 고체로 변하는 응고, C는 액체에서 기체로 변하는

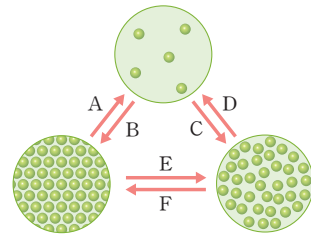
기화, D는 기체에서 액체로 변하는 액화, E는 고체에서 기체로 변하는 승화, F는 기체에서 고체로 변하는 승화이다. 용해, 기화, 승화(고체에서 기체) 과정에서 열에너지를 흡수하며 부피가 증가한다. 응고, 액화, 승화(기체에서 고체) 과정에서 열에너지를 방출하며 부피가 감소한다. 상태 변화 과정에서 물질의 질량은 변하지 않는다.

**오답 체크**

ㄷ. B(응고), D(액화), F(기체에서 고체로 승화) 과정에서 질량은 변하지 않는다.

07 A는 물질의 상태가 고체에서 기체로 변하는 승화, B는 기체에서 고체로 변하는 승화, C는 기체에서 액체로 변하는 액화, D는 액체에서 기체로 변하는 기화, E는 고체에서 액체로 변하는 용해, F는 액체에서 고체로 변하는 응고이다. 우주 식품을 만드는 과정에서 식품 속의 수분이 얼음이 되는 과정은 액체 상태의 물이 고체 상태의 얼음이 되는 응고(F) 과정이고, 식품 내의 얼음이 수증기 상태로 변하는 과정은 고체 상태의 얼음이 기체 상태의 수증기로 변하는 승화(A) 과정이다.

**자료 다시 보기 물질의 상태 변화**



- 입자 사이의 거리가 멀어지는 상태 변화인 A(고체에서 기체로 승화), D(기화), E(용해)는 변화 과정에서 열에너지를 흡수한다.
- 입자 사이의 거리가 가까워지는 상태 변화인 B(기체에서 고체로 승화), C(액화), F(응고)는 변화 과정에서 열에너지를 방출한다.
- 일반적으로 열에너지를 흡수할 때 입자 운동은 활발해지고, 부피가 증가하며, 입자 사이의 인력이 약해진다.
- 일반적으로 열에너지를 방출할 때 입자 운동은 둔해지고, 부피가 감소하며, 입자 사이의 인력은 강해진다.
- 상태 변화 과정에서 질량은 변하지 않는다.

08 물질의 상태 변화 과정에서 변하는 것에는 입자 사이의 거리, 물질의 부피, 입자 사이의 인력, 입자의 배열 등이 있다. 물질의 상태 변화 과정에서 변하지 않는 것에는 물질의 성질, 물질의 질량 등이 있다. 용해, 기화, 승화(고체에서 기체)는 입자 사이의 인력이 작아지는 상태 변화이고, 응고, 액화, 승화(기체에서 고체)는 입자 사이의 인력이 커지는 상태 변화이다.

**오답 체크**

ㄴ. 상태 변화 과정에서 물질의 성질은 변하지 않는다.

- 01 ④      02 ④      03 ⑤      04 ③      05 ⑤  
06 ②      07 ④

01 증발은 액체 상태의 입자가 기체 상태의 입자로 변하며 공기 중으로 날아가는 현상이다. 증발은 액체 표면에서만 발생하며, 공기가 건조하고 온도가 높을수록 잘 일어난다. 확산은 물질을 이루는 입자가 스스로 운동하여 주변으로 퍼져 나가는 현상이다. 확산은 온도가 높을수록, 매질의 방해가 적을수록 잘 일어난다. 증발과 확산을 통해서 물질을 구성하는 입자가 스스로 운동한다는 사실을 알 수 있다.

**오답 체크**

- ① 증발은 액체의 표면에서 기체로 상태가 변하는 현상이며 액체 내부에서는 상태가 변하지 않는다.
- ② 증발은 공기가 건조할수록, 온도가 높을수록 잘 일어난다.
- ③ 풀잎에 맺힌 이슬이 한낮이 되면 사라지는 것은 증발 현상이다.
- ⑤ 교실 한쪽에서 향수 뚜껑을 열어 놓으면 확산으로 인해 향기가 퍼져 나간다.

02 그림의 실험은 물과 에탄올의 증발 속도 차이를 확인할 수 있는 실험이다. 에탄올은 물보다 분자 간 인력이 약하기 때문에 젖힘시저울에서 액체 상태의 물이 사라지는 속도보다 액체 상태의 에탄올이 사라지는 속도가 빠르다. 따라서 실험에서는 수평을 이룬 저울이 물을 떨어뜨린 쪽으로 기울었다가 물과 에탄올이 전부 증발했을 때 다시 수평을 이루게 될 것이다. 염전에서 소금을 얻는 과정은 증발을 이용한 것으로 실험과 같은 원리로 설명할 수 있다.

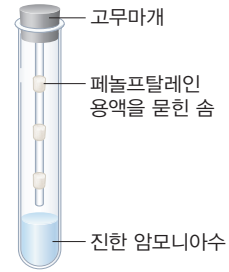
**오답 체크**

ㄱ. 물보다 에탄올이 증발하는 속도가 빨라서 저울이 물을 떨어뜨린 쪽으로 기울었다가 수평을 이룬다.

03 시험관의 암모니아수에서는 확산이 일어나면서 위쪽으로 암모니아 입자가 퍼져 나간다. 페놀프탈레인 용액은 암모니아 입자와 만나면 붉게 변하므로 아래쪽에 위치한 페놀프탈레인 용액을 묻힌 솜부터 차례대로 붉게 변할 것이다. 확산으로 퍼져 나가는 입자는 모든 방향으로 움직이고, 온도가 높을수록 빠르게 퍼져 나간다. 시험관 내부가 진공 상태일 때 확산이 더 빠르게 일어난다. 향수 냄새가 멀리 퍼지는 현상은 확산이다.

**오답 체크**

⑤ 시험관 안의 온도를 높이면 암모니아의 확산이 일어나는 속도가 빨라져 페놀프탈레인 용액을 묻힌 솜이 붉게 변하는 반응이 빠르게 일어날 것이다.



- 암모니아수에서 확산이 일어나 암모니아 입자가 시험관 안으로 퍼져 나가므로 아래쪽에서 위쪽으로 암모니아 입자가 퍼져 나간다.
- 암모니아수에서 액체 상태의 암모니아가 기체 상태의 입자로 변하는 증발이 일어난다.
- 시험관 내부의 공기 밀도가 낮을수록 암모니아 입자의 확산을 방해하는 입자가 적어지므로 확산이 빠르게 일어난다.
- 시험관 내부의 온도가 높을수록 암모니아 입자가 퍼져 나가는 속도가 빨라지므로 확산이 빠르게 일어난다.

04 승화는 고체가 기체로 변하거나 기체가 고체로 변하는 상태 변화이고, 응고는 액체가 고체로 변하는 상태 변화이다. 기화는 액체가 기체로 변하는 상태 변화이고 액화는 기체가 액체로 변하는 상태 변화이다. 냉동실에 성애가 생기는 현상은 기체 상태의 물 입자가 고체 상태의 얼음이 되는 승화이고, 액체 상태의 녹은 초콜릿을 냉각하여 고체 상태의 초콜릿으로 굳히는 현상은 응고이다. 손등에 바른 액체 상태의 알코올이 기체 상태의 알코올이 되어 사라지는 것은 기화이고 얼음물이 담긴 유리컵의 표면에서 기체 상태의 물 입자가 액체 상태의 물방울이 되어 맺히는 것은 액화이다.

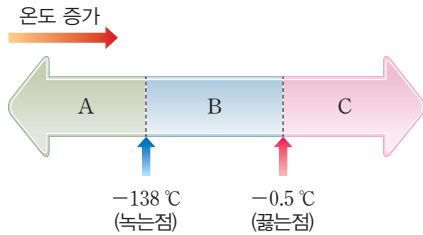
**오답 체크**

겨울에 처마 끝에 생긴 고체 상태의 고드름이 봄이 되어 녹는 현상은 용해이다. 냉동실에 넣어둔 고체 상태의 얼음이 시간이 지나면서 크기가 작아지는 것은 고체가 기체로 변하는 승화이다.

05 녹는점보다 낮은 온도에서 물질은 고체 상태이고, 녹는점과 끓는점 사이의 온도에서 물질은 액체 상태이다. 끓는점보다 높은 온도에서 물질은 기체 상태이다. 따라서 A는 고체, B는 액체, C는 기체 상태이다. 상온(25 °C)은 이 물질의 끓는점보다 높은 온도이므로 상온에서 이 물질은 기체 상태이다. 고체에서 액체 상태로 변할 때 입자의 배열이 불규칙하게 변한다. 기체 상태에서 액체 상태로 변할 때 부피가 줄어든다.

**오답 체크**

ㄱ. 이 물질은 끓는점이 25 °C보다 낮으므로 상온(25 °C)에서 기체 상태이다.



- 녹는점과 끓는점은 물질의 성질이므로 녹는점과 끓는점을 통해 물질을 특정할 수 있다.
- 녹는점과 끓는점은 물질의 상태 변화가 일어나는 온도이고, 이 온도를 기준으로 물질의 상태를 구분할 수 있다.
- 녹는점과 어는점은 같은 온도로 물질의 상태가 액체에서 고체로 변할 때와 고체에서 액체로 변할 때 온도는 같다.

06 A는 고체 상태의 물질이 액체 상태로 변하는 용해이다. B는 액체 상태의 물질이 고체 상태로 변하는 응고이다. C는 액체 상태의 물질이 기체 상태로 변하는 기화이다. D는 기체 상태의 물질이 액체 상태로 변하는 액화이다. E는 고체 상태의 물질이 기체 상태로 변하는 승화이다. F는 기체 상태의 물질이 고체 상태로 변하는 승화이다.

오답 체크

- ① 상온에서 드라이아이스가 점점 작아지는 것은 고체 상태의 물질이 기체 상태로 변하는 E(승화)이다.
- ③ 차가운 음료가 담긴 컵 표면에 물방울이 생기는 것은 기체 상태의 물질이 액체 상태로 변하는 D(액화)이다.
- ④ 마그마가 식어서 굳는 것은 액체 상태의 물질이 고체 상태로 변하는 B(응고)이다.
- ⑤ 더운 여름날 마당에 물을 뿌리면 금방 없어지는 것은 액체 상태의 물질이 기체 상태로 변하는 C(기화)이다.
- ⑥ 끓는 물에서 김이 생기는 것은 액체 상태의 물이 기체 상태인 수증기가 되었다가 액체 상태인 김으로 변하는 것이다.

07 일반적으로 물질들은 액체 상태에서 고체 상태로 변할 때 입자 사이의 거리가 가까워진다. 이런 특징으로 일어날 수 있는 현상에는 녹은 양초가 식으며 굳었을 때 부피가 줄어드는 현상이 있다. 하지만 물의 경우 고체 상태인 얼음에서 물 입자가 육각형 구조를 이루며 배열되므로 고체 상태인 얼음일 때 액체 상태인 물보다 입자 사이의 거리가 멀어지고, 부피가 커진다. 이런 물의 특징으로 바위틈의 물이 얼면서 부피가 커져 바위가 쪼개지는 현상이 일어날 수 있다. 물질이 기체 상태일 때는 입자 사이의 간격이 넓어 쉽게 압축될 수 있고, 고체 상태일 때는 입자가 규칙적으로 배열되어 있으므로 일정한 모양을 유지할 수 있다.

오답 체크

④ 참기름은 응고할 때 부피가 감소하므로 참기름을 페트 병에 가득 넣어 뚜껑을 막고 얼리면 병이 터지지 않는다.

서술형 문제

18쪽

- 01 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
- 02 (1) 기화 (2) 해설 참조
- 03 (1) (가) 액체, (나) 기체, (다) 액체 (2) (가) 붉은색, (나) 붉은색, (다) 붉은색 (3) 해설 참조
- 04 해설 참조

- 01 **모범 답안** (1) 압력을 가했을 때 부피가 가장 쉽게 변하는 상태는 기체 상태이다. 그 까닭은 기체 상태에서는 입자 사이의 거리가 매우 멀어 입자와 입자 사이에 빈 공간이 많기 때문이다.
- (2) 모양과 부피가 일정한 상태는 고체 상태이다. 그 까닭은 고체 상태에서는 입자의 배열이 규칙적이고, 입자의 움직임이 적기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	물질의 세 가지 상태 중 압력을 가했을 때 부피가 가장 쉽게 변하는 것을 옳게 쓰고 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50%
	물질의 세 가지 상태 중 압력을 가했을 때 부피가 가장 쉽게 변하는 것을 옳게 썼지만, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	20%
(2)	물질의 세 가지 상태 중 모양과 부피가 일정한 것을 옳게 쓰고 그 까닭을 입자의 배열과 움직임을 연관 지어 옳게 서술한 경우	50%
	물질의 세 가지 상태 중 모양과 부피가 일정한 것을 옳게 썼지만, 그 까닭을 입자의 배열과 움직임을 연관 지어 옳게 서술하지 못한 경우	20%

- 02 **모범 답안** (1) (나)에서 관찰되는 상태 변화는 액체 상태의 아세톤이 기체 상태로 변화하는 기화이다.
- (2) (가)와 (다)의 질량은 동일하다. 그 까닭은 액체 상태의 아세톤이 기체 상태의 아세톤으로 상태가 변화하여도 아세톤을 이루는 입자의 개수는 변하지 않기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	(나)에서 관찰되는 물질의 상태 변화가 무엇인지 옳게 쓴 경우	30%
(2)	(가)와 (다)의 질량을 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	70%
	(가)와 (다)의 질량을 옳게 비교하였지만, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30%

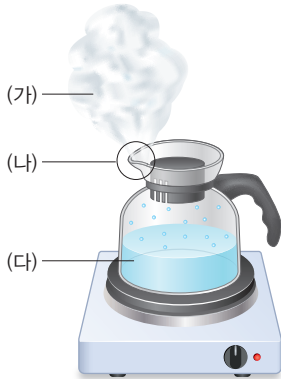
**03** **모범 답안** (1) (가)는 김으로, 수증기가 식으며 작은 물방울로 변한 액체 상태이다. (나)는 수증기로, 물이 끓으며 기화된 기체 상태이다. (다)는 물로, 액체 상태이다.

(2) (가)~(다)는 액체나 기체 상태의 물이므로 모두 물의 성질을 갖고 있다. 물과 푸른색 염화 코발트 종이 만났을 때 푸른색 염화 코발트 종이 붉은색으로 변하므로 (가)~(다)에서 푸른색 염화 코발트 종이는 모두 붉은색으로 변한다.

(3) 푸른색 염화 코발트 종이는 물에 닿으면 붉은색으로 변하는 성질이 있고, (가)~(다)에서 모두 붉은색으로 변했으므로 액체 상태의 물이 기체 상태의 수증기로 변해도 물의 성질은 변하지 않는다는 것을 알 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	(가)~(다)의 상태를 모두 옳게 쓴 경우	15 %
(2)	(가)~(다)에 푸른색 염화 코발트 종이를 대었을 때 나타나는 색을 모두 옳게 쓴 경우	25 %
(3)	(가)~(다)에서 푸른색 염화 코발트 종이에 나타난 변화를 상태 변화에서 물질의 성질 변화 여부와 관련지어 옳게 서술한 경우	60 %

**자료 다시 보기** 수증기와 김



- 수증기는 기체 상태의 아주 작은 물 입자로, 눈으로 관찰할 수 없고, 냄새와 색깔을 가지고 있지 않다.
- 김은 기체 상태의 수증기가 식으면서 액화하여 아주 작은 물방울이 된 상태의 물 입자로, 눈으로 관찰할 수 있다.
- 기체인 수증기의 존재를 직접적으로 확인할 수 없지만, 물을 끓일 때 주전자의 입구와 김이 생기는 부분 사이에 수증기가 존재한다는 것을 간접적으로 확인할 수 있다.

**04** **모범 답안** 천연가스를 액화시키면 입자 사이의 거리가 가까워지고 부피가 작아지므로 기체 상태의 천연가스보다 액체 상태의 천연가스가 저장 및 운반에 유리하다.

채점 기준	배점
천연가스를 액화시켜 저장, 운반하는 까닭을 입자 사이의 거리와 부피를 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
천연가스를 액화시켜 저장, 운반하는 까닭을 입자 사이의 거리와 부피 중 한 가지만 언급하여 옳게 서술한 경우	60 %

**수능 맛보기**

1-1 ⑤    1-2 ③

**1-1 자료 분석**

메테인(CH<sub>4</sub>)은 ①의 주성분이다.

- 메테인은 천연가스에서 약 87 %를 차지하는 주성분이다.
- 천연가스는 자연에서 생성되는 기체로 메테인 외에 에테인, 프로페인 등 다른 탄화수소와 일부 불순물로 구성되어 있다.
- 천연가스는 무색무취의 물질로 에너지원으로 사용 시 안전을 위해 인공적인 냄새를 첨가한다.

㉠ 부테인(C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)을 연소시켜 물을 끓인다.

- 부테인 가스는 가연성이 있어 연료로 많이 쓰이는 물질이다.
- 부테인은 고압 상태에서 액화시켜 보관하고, 용기의 입구에서 기화된 부테인에 불을 붙여 사용한다.

**보기 분석**

- ㄱ. (○) 메테인은 액화 천연가스(LNG)의 주성분이다.
- ㄴ. (○) 부테인은 탄소와 수소로 이루어진 탄소 화합물이다.
- ㄷ. (○) 부테인은 라이터의 연료로 사용되며 저장 및 보관의 편의성을 활용하기 위해 액체 상태로 보관한다.

**1-2 자료 분석**

녹인 쇳물을 모래로 만든 거푸집에 부어서 만든 물건을 주물이라고 한다. 주물을 만들 때 거푸집은 반드시 만들고자 하는 물건보다 조금 크게 만들어야 한다.

- 주물을 만들 때 거푸집을 만들고자 하는 물건보다 크게 만드는 이유는 녹인 쇳물이 굳을 때 고체 상태로 변하며 부피가 줄어들기 때문이다.

**보기 분석**

- ㄱ. (○) 녹인 쇳물이 거푸집에서 굳어지는 과정은 액체 상태의 쇳물이 고체 상태로 변하는 응고이다.
- ㄴ. (×) 거푸집을 크게 만드는 이유는 쇳물의 상태가 변하면서 부피가 감소하기 때문이다.
- ㄷ. (○) 비커에 촛농을 붓고 식히면 촛농이 응고되며 부피가 감소하여 가운데가 오목하게 들어간다.

## 02 상태 변화와 열에너지

### 탐구 확인하기

24~25쪽

01 ⑤ 02 ③

01 얼음을 가열하면서 가열 시간에 따른 온도 변화를 관찰할 때 얼음은 열에너지를 흡수하며 온도가 상승하다가 0 °C에서 액체로 변하고, 액체 상태인 물은 열에너지를 흡수하며 온도가 상승하다가 100 °C에서 기체로 변한다. 물의 녹는점인 0 °C와 끓는점인 100 °C에서 일정 시간 동안 온도가 변하지 않는 구간이 존재하는데, 이 구간에서 온도가 변하지 않는 까닭은 가열을 통해 공급되는 열에너지가 온도를 높이는 곳에 사용되지 않고 얼음에서 물로, 물에서 수증기로 상태 변화하는 데 사용되기 때문이다. 상태 변화가 일어나는 시간, 즉 온도가 일정한 구간이 유지되는 시간은 물질의 양이 많을수록 길어지므로 얼음의 양이 많을수록 B 구간과 D 구간이 길어진다.

#### 오답 체크

⑤ 얼음의 양이 달라져도 물질의 성질인 끓는점은 변하지 않는다.

02 그래프에서 온도가 일정하게 유지되는 (나) 구간은 상태 변화가 일어나는 구간이고, 그래프는 액체 물질의 냉각 곡선이므로 상태 변화가 일어나는 (나) 구간의 온도인 0 °C는 어는점이다. 따라서 (가) 구간에서 이 물질은 액체 상태이고, (나) 구간에서는 액체 상태의 물질과 고체 상태의 물질이 공존하며, (다) 구간에서 이 물질은 고체 상태이다. (나) 구간은 액체 상태의 물질이 고체 상태로 변하는 응고가 일어나는 구간이며, (나) 구간에서 액체 물질은 열에너지를 방출하며 고체로 상태가 변한다. (나) 구간에서 상태 변화가 일어날 때 방출하는 열에너지는 응고 과정에 모두 사용되므로 온도가 일정하게 유지된다.

#### 오답 체크

- ① (가) 구간에서 물질은 액체 상태로 존재한다.
- ② (나) 구간에서 응고가 일어난다.
- ④ (나) 구간에서 온도가 일정한 까닭은 방출된 열에너지가 모두 상태 변화에 사용되기 때문이다.
- ⑤ (가) → (나) → (다) 구간으로 갈수록 입자의 운동이 둔해진다.

### 실력 플러스 문제

26쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ③ 04 ④

01 물질은 녹는점보다 낮은 온도에서는 고체 상태, 녹는점과 끓는점 사이의 온도에서는 액체 상태, 끓는점보다 높은 온도에서는 기체 상태이다. 물질 A는 끓는점이 -188 °C이므로 18 °C에서 기체 상태이다. 물질 B는 녹는점이 -98 °C이고 끓는점이 65 °C이므로 18 °C에서 액체 상태이다. 물질 C는 끓는점이 -42 °C이므로 18 °C에서 기체 상태이다. 물질 D는 녹는점이 54 °C이므로 18 °C에서 고체 상태이다. E는 녹는점이 1535 °C이므로 18 °C에서 고체 상태이다.

#### 자료 다시 보기 녹는점과 끓는점에 따른 물질의 상태

시간(분)	A	B	C	D	E
녹는점(°C)	-218	-98	-189	54	1535
끓는점(°C)	-188	65	-42	174	2750

- 녹는점과 끓는점은 외부의 압력에 따라 달라질 수 있다.
- 녹는점과 끓는점을 기준으로 물질의 상태를 판단할 때 외부 압력에 변화가 있는지 확인해야 한다.
- 외부 압력이 같을 때 물질의 녹는점과 끓는점을 알고 있다면 특정한 온도에서 물질의 상태를 알 수 있다.
- 녹는점을 기준으로 녹는점보다 낮은 온도에서 물질은 고체 상태이다.
- 끓는점을 기준으로 끓는점보다 높은 온도에서 물질은 기체 상태이다.

02 열을 흡수하는 상태 변화는 고체에서 액체, 액체에서 기체, 고체에서 기체로 변하는 상태 변화이다. 열을 흡수하는 상태 변화에서 입자의 운동은 활발해지고, 일반적으로 부피가 증가한다. 상온의 초콜릿이 녹는 상태 변화는 고체에서 액체로 변하는 상태 변화이다. 찻농이 흘러내리면서 굳는 상태 변화는 액체에서 고체로 변하는 상태 변화이다. 꽃잎에 맺힌 이슬이 사라지는 상태 변화는 액체에서 기체로 변하는 상태 변화이다. 고체 방충제의 크기가 점점 작아지는 상태 변화는 고체에서 기체로 변하는 상태 변화이다. 겨울날 실내에 들어가면 안경에 김이 서리는 상태 변화는 기체가 액체로 변하는 상태 변화이다.

#### 오답 체크

- ㄴ. 찻농이 흘러내리면서 굳는 현상은 열을 방출하는 상태 변화이다.
- ㄷ. 겨울날 실내에 들어가면 안경에 김이 서리는 현상은 열을 방출하는 상태 변화이다.

03 액체 물질을 냉각시킬 때 시간에 따른 온도 변화를 측정할 때 온도가 일정하게 유지되는 구간은 상태 변화가 일어나는 구간이다. 4~8분의 구간에서 온도가 50 °C로 일정하게 유지되었으므로 이 구간은 액체 상태의 물질이 고체 상태로 변하는 구간이며 이 물질의 어는점은 50 °C이다. 이 구간에서는 액체 상태의 물질과 고체 상태의 물질이 공존한다.

**오답 체크**

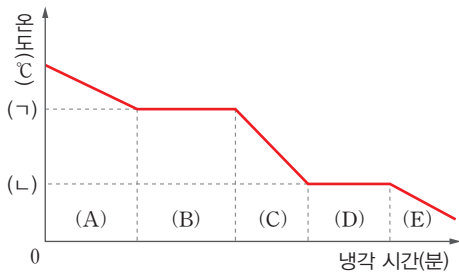
ㄴ. 4~8분 사이에 응고가 일어나므로 고체 상태의 물질이 점점 많아진다.

- 04** 기체 물질을 냉각하며 온도를 측정한 그래프에서 첫 번째로 온도가 일정하게 유지되는 B 구간은 기체에서 액체로 상태 변화가 일어나는 구간이고, 두 번째로 온도가 일정하게 유지되는 D 구간은 액체에서 고체로 상태 변화가 일어나는 구간이다. 이 물질은 A에서는 기체 상태, C에서는 액체 상태, E에서는 고체 상태이고, B에서는 기체와 액체가 공존하는 상태, D에서는 액체와 고체가 공존하는 상태이다. B에서 일어나는 상태 변화는 액화이고 액화열을 방출한다. D에서 일어나는 상태 변화는 응고이고 응고열을 방출한다. 액화가 일어나는 온도인 (ㄱ)은 끓는점이고, 응고가 일어나는 온도인 (ㄴ)은 녹는점(어는점)이다.

**오답 체크**

- ① (ㄱ)은 끓는점이다.
- ② (ㄴ)은 녹는점이다.
- ③ A에서는 상태 변화가 일어나지 않는다.
- ⑤ D에서는 응고가 일어난다.

**자료 다시 보기** 물질을 냉각시킬 때 온도 변화



- B 구간에서 기체 상태의 물질이 액체 상태로 변화하므로 시간이 지날수록 액체 상태의 물질이 점점 많아진다.
- D 구간에서 액체 상태의 물질이 고체 상태로 변화하므로 시간이 지날수록 고체 상태의 물질이 점점 많아진다.
- 응고가 일어나는 온도와 용해가 일어나는 온도는 같고, 액화가 일어나는 온도와 기화가 일어나는 온도는 같다.
- 고체 상태인 E 구간의 물질을 가열하며 온도 변화를 측정하면 위 그래프가 좌우로 반전된 모습의 온도 변화를 관찰할 수 있다.
- 물질의 양이 증가하면 온도가 내려가는 속도가 느려지고, 상태 변화에 걸리는 시간이 길어진다. 따라서 물질의 양이 증가하면 A~E 구간의 길이가 길어진다.

**최상위 도전 문제**

27~28쪽

- 01 ③
- 02 ③
- 03 ③
- 04 ④
- 05 ④
- 06 ②, ⑤
- 07 ④
- 08 ②

- 01** 물질의 상태 변화 과정에서 용해, 기화가 일어날 때 열을 흡수하고, 응고, 액화가 일어날 때 열을 방출한다. 이른 봄에 얼어 있는 호수가 있는 지역이 다른 지역보다 추운 까닭은 얼어 있는 호수가 녹으면서 용해열을 흡수하기 때문에 생기는 현상이다.

**오답 체크**

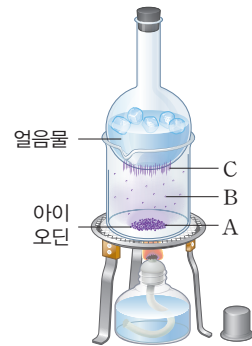
- ① 비가 오기 전에 날씨가 후덥지근한 것은 공기 중의 수증기가 액화하며 액화열을 방출하기 때문에 생기는 현상이다.
- ② 여름날 분수대 옆에 있으면 시원해지는 것은 분수대의 물이 기화하며 기화열을 흡수하기 때문에 생기는 현상이다.
- ④ 추운 겨울날 오렌지 나무에 물을 뿌리면 오렌지의 냉해를 막을 수 있는 까닭은 물이 얼며 응고열을 방출하여 오렌지가 어는 것을 막아 주기 때문이다.
- ⑤ 증기난방에서 수증기를 이용하여 집 안을 따뜻하게 데우는 원리는 수증기가 물로 변하면서 방출하는 액화열을 이용하는 것이다.

- 02** 아이오딘은 승화가 쉽게 일어나는 물질로 고체 아이오딘을 가열하면 기체로 변하는 승화가 일어나고, 기체 상태의 아이오딘을 냉각시키면 고체로 변하는 승화가 일어난다. A는 고체 상태의 아이오딘이고, B는 기체 상태의 아이오딘, C는 고체 상태의 아이오딘이다. 따라서 A → B의 상태 변화는 고체에서 기체로 변하는 승화이며, B → C의 상태 변화는 기체에서 고체로 변하는 승화이다. 고체에서 기체로 변하는 상태 변화가 일어날 때 승화열을 흡수하며 입자 사이의 인력이 약해진다. 기체에서 고체로 변하는 상태 변화가 일어날 때 승화열을 방출하며 입자 사이의 인력이 강해지고 입자의 배열이 규칙적으로 변화한다.

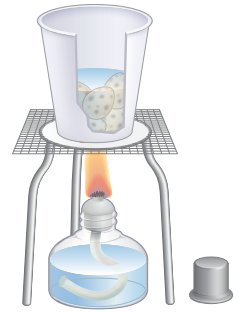
**오답 체크**

- ③ B → C의 상태 변화는 기체에서 고체로 변하는 승화이다.

**자료 다시 보기** 아이오딘의 승화



- 아이오딘은 휘발성이 강해 가열하면 쉽게 승화하는 승화성 물질이다.
- 기체 상태의 아이오딘이 승화열을 방출하며 고체 상태로 승화하므로 시간이 지나면 얼음물의 온도가 높아진다.
- 아이오딘은 특정한 온도(114 °C)에서 액체 상태로 변하므로 아이오딘을 가열할 때 온도를 너무 높이지 않도록 주의해야 한다.



- 종이컵에 불이 붙기 시작하는 온도인 발화점은 약 300 °C이다.
- 종이컵의 아랫부분에 물이 직접 닿지 않는 튀어나온 부분에서는 연소가 일어날 수 있다.
- 종이컵 속의 물이 모두 기화되어 사라지기 전까지 모든 열에너지가 물의 상태 변화에 사용된다.

**03** 증기난방 장치는 수증기가 액화할 때 방출하는 액화열로 방을 따뜻하게 유지하는 장치이다. 증기난방 장치의 보일러에서 물을 끓여 수증기로 기화시키고, 기화된 수증기가 방열기로 이동하여 물로 액화된 후 다시 보일러로 이동하는 방식으로 물이 순환한다. 보일러에서 물이 기화하는 과정에서 열에너지를 흡수하며 부피가 증가하고, 입자의 운동이 활발해지며 입자 간 거리가 증가한다. 방열기에서 수증기가 액화하는 과정에서 열에너지를 방출하며 부피가 감소하고, 입자의 운동이 둔해지며 입자 간 거리가 감소한다.

**오답 체크**

- ① 보일러에서는 기화, 방열기에서는 액화가 일어난다.
- ② 보일러에서는 물의 부피가 증가하고, 방열기에서는 감소한다.
- ④ 보일러에서는 입자의 운동이 증가하고, 방열기에서는 감소한다.
- ⑤ 보일러에서는 입자 간 거리가 증가하고, 방열기에서는 감소한다.

**04** 그래프는 고체 물질을 가열하고 냉각시키면서 측정한 온도 변화를 나타내는 그래프이다. A~B, F~G 구간에서 물질은 고체 상태, C~E 구간에서 물질은 액체 상태이며, 상태 변화가 일어나는 B~C 구간과 E~F 구간에서는 고체 상태의 물질과 액체 상태의 물질이 공존한다. A~D 구간에서 물질은 열에너지를 흡수하고 D~G 구간에서 열에너지를 방출한다.

**오답 체크**

- ① A~D 구간은 열에너지를 흡수한다.
- ② B~C 구간의 온도를 녹는점 또는 어는점이라고 한다.
- ③ B~C 구간의 온도는 E~F 구간의 온도와 같다.
- ⑤ G는 D보다 입자 운동이 둔하며, 입자 사이의 거리가 가깝다.

**05** 종이컵에 물과 메추리알을 넣고 알코올램프로 가열했을 때 종이컵이 타지 않고 메추리알이 삶아지는 것은 종이컵 속의 물이 끓는 동안 알코올램프로부터 공급되는 열에너지가 모두 물의 상태 변화 과정에 쓰이기 때문이다.

**오답 체크**

- ① 종이가 물에 젖어도 젖은 종이 속 수분이 모두 기화되면 종이가 탈 수 있다.
- ② 물이 모두 기화될 때까지 종이에 불이 붙지 않는다.
- ③ 물은 끓으면서 열에너지를 흡수한다.
- ⑤ 종이에 불에 타지 않는 물질이 없어도 종이컵이 타지 않는다.

**06** 그래프는 얼음의 가열 곡선이므로 A 구간에서는 얼음, C 구간에서는 물, E 구간에서는 수증기 상태이다. B 구간은 얼음의 용해가 일어나는 구간으로 얼음과 물이 동시에 존재한다. D 구간은 물의 기화가 일어나는 구간으로 물과 수증기가 동시에 존재한다.

**오답 체크**

- ② B 구간에서는 용해가 일어나지만, 얼음의 부피가 물보다 크기 때문에 물질의 부피는 줄어든다.
- ⑤ 상태 변화가 일어나는 B 구간과 D 구간에서는 흡수한 열에너지가 상태 변화에 사용되며 온도가 일정하게 유지된다.

**07** 고대 이집트인들이 시원한 물을 얻기 위해 사용한 방법은 흙 그릇의 작은 구멍으로 새어 나온 물을 기화시켜 주변의 열을 흡수하도록 유도한 것이다. 그릇 옆에서 부채질을 하는 까닭은 부채질을 통해 공기의 흐름이 빨라지게 만들어 이미 증발한 수증기가 증발을 방해하지 않도록 습한 공기 층을 날려 보내기 위함이다.

**오답 체크**

- ① 물이 기화하는 현상을 이용한 것이다.
- ② 기화열이 흡수되는 원리를 이용한 것이다.
- ③ 비가 오는 날에는 공기가 습하여 증발이 더디게 일어나므로 더 시원한 물을 얻을 수 없다.
- ⑤ 흙 그릇 대신 물이 새어 나오지 않는 그릇을 이용한다면 그릇의 표면에서 기화가 일어나지 않아 물이 시원해지지 않을 것이다.

**08** 냉장고의 B에서 냉매가 기체 상태로 들어가 액체 상태로 나오므로 냉매가 B를 통과하는 동안 액화가 일어나며 열을 방출한다. 냉장고의 A에서 냉매가 액체 상태로 들어가

기체 상태로 나오므로 냉매가 A를 통과하는 동안 기화가 일어나며 열을 흡수한다. 따라서 A는 냉장고의 내부에서 주변의 열을 흡수하는 장치이고, B는 냉장고의 외부에서 주변으로 열을 방출하는 장치이다.

**오답 체크**

- ① A에서 냉매의 기화가 일어난다.
- ③ B는 냉장고 외부에 있으며 열을 방출한다.
- ④ B에 의해 주변 온도가 올라간다.
- ⑤ 냉매는 냉장고의 A와 B를 이동하면서 액화와 기화를 반복한다.

**◆ 서술형 문제**

29쪽

- 01 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
- 02 해설 참조
- 03 해설 참조
- 04 해설 참조

- 01** **모범 답안** (1) 드라이아이스가 승화하면서 주변의 열에너지를 흡수하여 아이스크림을 넣은 통을 낮은 온도로 유지할 수 있게 해 준다.
- (2) 스티로폼 상자 겉면에 이슬이 맺히는 현상은 공기 중의 수증기가 액화되는 현상이다. 드라이아이스가 모두 없어진 현상은 고체인 드라이아이스가 기체로 변하는 승화 현상이다. 아이스크림의 겉 부분이 녹은 현상은 고체인 아이스크림이 녹는 용해 현상이다.

	채점 기준	배점
(1)	아이스크림이 잘 녹지 않는 까닭을 드라이아이스에서 일어나는 상태 변화와 관련지어 옳게 서술한 경우	40%
	상태 변화에 해당하는 내용을 3가지 모두 찾고, 상태 변화의 명칭을 모두 옳게 서술한 경우	60%
(2)	상태 변화에 해당하는 내용을 2가지만 찾고, 상태 변화의 명칭을 2가지만 옳게 서술한 경우	40%
	상태 변화에 해당하는 내용을 1가지만 찾고, 상태 변화의 명칭을 1가지만 옳게 서술한 경우	20%

- 02** **모범 답안** (가) 겨울철 오렌지 나무에 뿌려진 물은 고체 상태로 얼어붙으며 응고열을 방출하고 주변의 온도를 높임으로써 오렌지의 냉해 피해를 방지한다. (나) 생선 아래쪽에 배치된 얼음은 액체 상태로 녹으면서 용해열을 흡수하고 주변의 온도를 낮춤으로써 생선의 신선도를 유지한다.

	채점 기준	배점
(가)와 (나)에서 일어나는 물질의 상태 변화, 열에너지의 출입, 주변의 온도 변화를 모두 옳게 서술한 경우		100%
(가)와 (나) 중 한 개의 사례에서 일어나는 물질의 상태 변화, 열에너지의 출입, 주변의 온도 변화를 옳게 서술한 경우		50%

- 03** **모범 답안** (1) (가)는 고체 상태이고, (다)는 액체 상태이다. 고체에서 액체로 용해되는 동안 물질의 부피는 증가하고 입자 사이의 거리는 멀어진다. 입자 운동은 활발해지며 입자 간 인력은 약해진다.

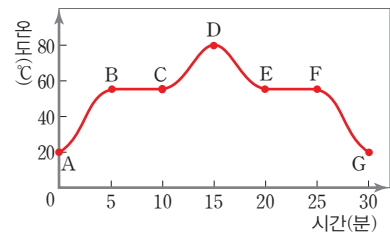
(2) 얼음의 경우 고체 상태일 때 액체 상태인 물보다 부피가 크기 때문에 용해되는 동안 부피는 감소하고 입자 사이의 거리는 가까워진다.

	채점 기준	배점
(1)	고체 물질의 상태가 변하는 동안 물질의 부피, 입자 사이의 거리, 입자 운동 상태, 입자 간 인력이 어떻게 변하는지 모두 옳게 서술한 경우	50%
	고체 물질의 상태가 변하는 동안 물질의 부피, 입자 사이의 거리, 입자 운동 상태, 입자 간 인력이 어떻게 변하는지 두 가지만 옳게 서술한 경우	25%
(2)	고체 물질이 얼음일 때 달라지는 것이 무엇인지 모두 옳게 서술한 경우	50%
	고체 물질이 얼음일 때 달라지는 것이 무엇인지 한 가지만 옳게 서술한 경우	25%

- 04** **모범 답안** 얼음 조각상 근처에서 시원해지는 현상은 얼음이 물로 용해되며 일어나는 현상으로, 그래프에서 B~C 구간에 해당한다. 얼음이 용해되면 용해열을 흡수하여 주변의 온도를 낮추기 때문에 얼음 조각상 근처에 있으면 시원해진다.

	배점
얼음 조각상 근처에 있으면 시원해지는 현상과 관련된 상태 변화 구간을 옳게 쓰고, 이 현상의 원인을 옳게 서술한 경우	100%
얼음 조각상 근처에 있으면 시원해지는 현상과 관련된 상태 변화 구간을 옳게 썼지만, 이 현상의 원인을 옳게 서술하지 못한 경우	40%

**자료 다시 보기** 물질의 가열·냉각 곡선



- A ~ D 구간은 고체 물질의 가열 곡선이고, B ~ C 구간은 고체 물질의 용해가 일어나는 구간이다.
- D ~ G 구간은 액체 물질의 냉각 곡선이고, E ~ F 구간은 액체 물질의 응고가 일어나는 구간이다.
- 용해가 일어나는 B ~ C 구간의 온도를 녹는점이라 하고, 응고가 일어나는 E ~ F 구간의 온도를 어는점이라 한다.
- 같은 조건에서 녹는점과 어는점은 같은 온도이다.

# 03 기체의 성질

## ▶ 탐구 확인하기

34~35쪽

01 ②    02 ③

01 주사기에 공기를 넣고 끝을 막은 후 피스톤을 누르면 주사기 속 공기가 압축되며 피스톤이 밀려 들어간다. 주사기 속 공기가 외부 압력에 의해 압축될 수 있는 까닭은 공기를 구성하는 기체 입자 사이의 거리가 멀기 때문에 입자와 입자 사이에 빈 공간이 많기 때문이다. 주사기 속 공기의 부피가 줄어들수록 기체 입자가 주사기의 벽면에 충돌하는 횟수가 증가하므로 압력이 증가한다.

### 오답 체크

- ㄱ. 피스톤을 누른 후 주사기 안에 들어 있는 기체 입자들은 모든 공간에 골고루 퍼져 있다.
- ㄴ. 피스톤이 밀려 들어간 까닭은 기체 입자들 사이의 빈 공간이 줄어들며 기체 입자 사이의 거리가 가까워졌기 때문이다.

02 실험에서 빨대의 입구에 떨어뜨린 색소를 넣은 글리세롤은 바이알 내부의 공기와 외부의 공기를 차단하는 역할을 한다. 색소를 넣은 글리세롤을 기준으로 바이알 내부 공기와 외부 공기가 힘의 평형을 이루고, 대기압은 1기압으로 일정하므로 바이알 내부 공기의 압력 또한 1기압으로 일정하게 유지된다. 물에 담가진 바이알 내부 공기의 온도는 물의 온도와 같고, 물의 온도가 낮아짐에 따라 함께 낮아진다. 바이알 내부 공기의 온도가 낮아지면 공기 입자의 움직임이 점점 둔해지고, 압력이 일정한 상황이므로 바이알 내부 공기의 부피가 줄어든다. 따라서 물의 온도가 점점 낮아지면 빨대 속 색소 방울이 점점 아래로 내려가고, 바이알 내부 공기와 연결된 빨대 속 공기 입자의 움직임이 점점 둔해진다. 외부 압력은 일정하므로 공기 입자가 빨대 안쪽 벽면에 충돌하는 횟수는 변하지 않는다.

### 오답 체크

- ①, ② 빨대 속 색소 방울은 점점 아래로 내려간다.
- ④ 빨대 속 공기 입자의 움직임은 점점 둔해진다.
- ⑤ 공기 입자가 빨대 안쪽 벽면에 충돌하는 횟수는 일정하게 유지된다.

## ▶ 실력 플러스 문제

36~37쪽

01 ③    02 ④    03 ③    04 ⑤    05 ③  
06 ④    07 ④    08 ③

01 바람이 빠진 자전거 바퀴에 공기를 넣으면 바퀴 속 공기 입자의 개수가 많아진다. 공기 입자의 개수가 많아지면 공기 입자가 자전거 바퀴 안쪽 벽면에 충돌하는 횟수가 많아지므로 자전거 바퀴 속 기체의 압력이 높아지게 된다. 압력은 단위 면적에 수직으로 작용하는 힘이므로 압력이 높아지면 힘을 받는 각 면의 넓이에 수직으로 작용하는 힘의 크기가 커진다.

### 오답 체크

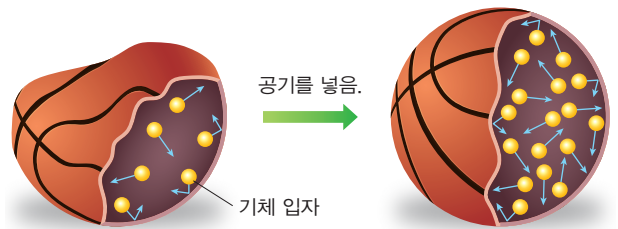
③ 기체의 압력은 모든 방향으로 동일하게 작용한다.

02 바람이 빠진 농구공에 공기를 넣으면 농구공 속 기체 입자의 수가 증가하고, 기체 입자의 수가 증가하면 기체 입자가 농구공 안쪽 벽면에 충돌하는 횟수가 증가한다. 기체 입자의 충돌 횟수가 증가하는 것은 압력이 커지는 것을 의미하고, 기체의 압력은 모든 방향으로 동일하게 작용하므로 농구공이 구의 형태로 부풀어 오른다.

### 오답 체크

ㄴ. 온도가 일정하게 유지되는 상태이므로 기체의 입자 운동은 활발해지지 않고 같은 상태로 유지된다.

### 자료 다시 보기 기체 입자의 개수와 압력의 관계



- 농구공의 내부에 공기를 넣는 것은 기체 입자의 개수가 증가하는 것을 의미하고, 기체 입자의 개수가 증가하면 농구공 내부 공기의 부피가 증가한다.
- 농구공이 구의 형태로 완전히 부풀어 오른 후 공기를 더 넣으면 부피가 일정한 상태에서 농구공 내부의 압력만 계속해서 증가한다.
- 농구공을 구성하는 소재가 버틸 수 있는 압력 이상으로 농구공 내부의 압력이 증가하면 농구공이 터질 수 있다.
- 기체 입자의 운동 속도는 기체 입자의 온도, 기체 입자의 질량 등에 영향을 받는다.

03 온도가 일정할 때 기체의 부피와 압력은 서로 반비례 관계이다. 기체의 압력과 부피를 곱한 값이 일정하므로 ㉠에서 압력과 부피의 곱인 0.8과 ㉡에서 압력과 부피의 곱인 ①×2, ㉢에서 압력과 부피의 곱인 0.2×⑥는 모두 같은 값이다. 따라서 ①은 0.4 L이고, ⑥는 4기압이다.

04 그래프는 온도가 일정한 환경에서 밀폐된 용기에 기체가 담긴 상태로 부피와 압력 변화만을 측정하는 것으로 보일의 법칙을 나타낸 그래프이다. 압력과 부피가 변화하여도 기체 입자의 개수, 기체 입자의 크기 등은 변하지 않고, 온도가 일정하므로 기체 입자의 움직임도 활발해지지 않는다.

㉠에서 ㉡으로 변할 때 부피가 감소하고 압력이 증가하므로 기체 입자가 용기 벽에 충돌하는 횟수가 증가한다.

**오답 체크**

- ① ㉠ ~ ㉡에서 기체 입자의 개수는 같다.
- ② ㉠ ~ ㉡에서 기체 입자의 크기는 같다.
- ③ ㉠ ~ ㉡에서 기체 입자의 움직임이 활발한 정도는 변하지 않는다.
- ④ ㉠에서 ㉡까지의 변화로 보일의 법칙을 설명할 수 있다.

**05** 압력에 따른 기체의 부피 변화의 관계는 압력이 커질수록 기체의 부피는 작아지고, 압력이 낮아질수록 기체의 부피는 커지는 것이다. 하늘로 풍선이 날아가면 압력이 낮아지면서 풍선의 부피가 점점 커지는 현상과 비행기를 타고 하늘 높이 올라갔을 때 고막 내부 공기의 압력이 낮아지며 부피가 증가하여 귀가 멍멍해지는 현상은 압력에 따른 기체의 부피 변화와 관련된 있는 현상이다.

**오답 체크**

- ㄴ. 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물에 넣었을 때 탁구공이 퍼지는 현상은 온도에 따른 기체의 부피 변화와 관련 있는 현상이다.
- ㄷ. 여름철에 자동차 타이어가 부풀어 오르는 현상은 온도에 따른 기체의 부피 변화와 관련 있는 현상이다.

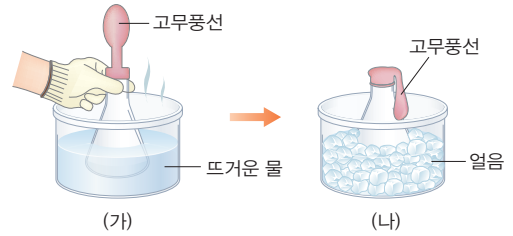
**06** 그래프는 압력이 일정할 때 온도에 따른 기체의 부피 변화를 나타낸 것으로 기체의 온도와 부피가 비례 관계인 것을 알 수 있다. 기체의 온도가 높아질수록 부피가 증가하므로 기체의 온도는 A보다 B에서 더 높고, 기체의 부피 또한 A보다 B에서 더 크다. 기체 입자의 운동은 온도가 더 높은 B에서 활발하다. 열기구 속의 공기를 가열하면 열기구가 위로 떠오르는 현상은 기체의 온도와 부피의 관계를 나타내는 현상이다.

**오답 체크**

④ 기체 입자의 충돌 횟수는 압력과 관련이 있고, 그래프에서 압력은 일정하므로 A와 B에서 기체 입자의 충돌 횟수는 같다.

**07** 풍선이 연결된 삼각 플라스크를 뜨거운 물에 넣으면 삼각 플라스크와 연결된 풍선 속 공기의 온도가 높아지며 부피가 증가하여 고무풍선이 부풀어 오른다. 이 상태에서 얼음이 들어 있는 수조에 삼각 플라스크를 넣으면 삼각 플라스크와 연결된 풍선 속 공기의 온도가 낮아지면서 부피가 감소하여 고무풍선이 쪼그라든다. 이때 고무풍선 속 기체 입자의 운동 속도가 느려지며 입자 사이의 거리가 가까워진다.

**자료 다시 보기** 기체의 온도와 부피의 관계



- 삼각 플라스크와 연결된 고무풍선 내부 공기의 온도는 외부의 온도에 따라 달라진다.
- 외부의 압력은 대기압으로 일정하게 유지되므로 고무풍선이 부풀어 오르거나 쪼그라드는 것은 내부 공기의 온도에만 영향을 받는다.
- 고무풍선 내부 공기의 성질은 변하지 않으므로 기체 입자의 수, 기체 입자의 질량 등은 변하지 않는다.
- 고무풍선 내부 공기의 부피는 온도에 따라 변하지만, 질량은 변하지 않으므로 공기의 온도가 높아지면 밀도는 감소하고, 공기의 온도가 낮아지면 밀도는 증가한다.

**08** 그림에서 기체가 들어 있는 실린더가 아래로 내려간 것은 기체 입자 사이의 거리가 가까워지며 기체의 부피가 감소하는 것을 의미한다. 외부 압력이 일정한 상황에서 기체의 온도가 낮아지면 기체의 부피가 감소한다. 기체의 온도가 낮아질 때는 기체 입자의 속도가 느려진다. 또는 기체의 압력이 낮아지면 기체 내부의 압력이 외부 압력과 같아질 때까지 부피가 감소한다. 기체의 압력이 낮아지는 경우는 기체 입자의 수가 감소하거나, 기체 입자의 충돌 횟수가 감소할 때이다.

**오답 체크**

③ 기체 입자의 속도가 빨라지면 기체의 부피가 증가한다.

**최상위 도전 문제**

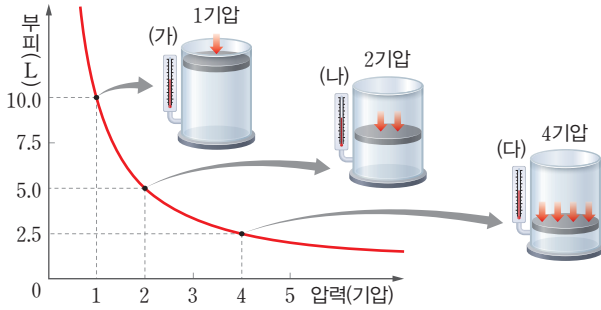
38~39쪽

- 01 ⑤
- 02 ④
- 03 ⑤
- 04 ②
- 05 ④
- 06 ④
- 07 ③
- 08 ④

**01** 빨대로 컵 속의 음료수를 마시기 위해 빨대 속 공기를 빨아들이면 빨대 속 기체의 입자 수가 줄어들어 압력이 낮아진다. 이때 음료수의 표면에서 대기압이 작용하고 있고, 액체인 음료수는 압축되지 않으므로 음료수에는 대기압이 그대로 적용된다. 따라서 빨대 속과 음료수 컵 속의 압력 차이가 발생하여 음료수가 빨대 속으로 밀려 올라가게 되고 입으로 들어갈 수 있게 된다.

02 일정한 온도에서 기체의 압력과 부피는 압력이 커질수록 기체의 부피는 감소하므로 서로 반비례 관계이다. 기체 입자들의 충돌 횟수와 기체의 압력은 비례하므로 압력이 커질수록 입자들의 충돌 횟수는 증가한다. (가)의 압력은 1기압, (나)의 압력은 4기압이므로 (나) 실린더에 들어 있는 입자들의 충돌 횟수는 (가)의 4배이다. 그림에서 실린더에 들어 있는 입자의 개수, 입자의 질량, 입자의 운동 속도는 변하지 않는다.

자료 다시 보기    압력에 따른 기체의 부피 변화



- (가)~(다)에서 압력과 부피를 곱한 값은 10으로 일정하다.
- 압력이 5기압으로 변하면 기체의 부피는 2 L가 될 것이다.
- 기체 입자의 충돌 횟수가 증가하여도 기체 입자의 운동 속도는 변하지 않는다.

03 수면에서 대기압이 1기압이고, 물속으로 10 m 들어갈수록 수압이 1기압씩 높아지므로 수심 20 m에서 수압은 3기압이다. 3기압일 때 생긴 기포의 부피가 30 mL이고, 기포가 수면까지 올라오면 기체의 압력이 1기압까지 낮아지므로 기체의 부피는 90 mL까지 증가한다.

04 온도가 일정할 때 그래프에서 A에서 B로 이동하는 것은 기체의 압력이 높아지며 부피가 감소하는 것이다. 수영장에서 빈 생수병을 들고 잠수할 때 생수병이 찌그러지는 것은 수압이 증가하면서 생수병 속 공기의 부피가 줄어드는 현상이다. 대기층에서 고도가 높을수록 기압이 낮으므로 비행기가 지상에 도착하면 압력이 높아진다. 따라서 비행기가 지상에 도착할 때 빈 생수병이 찌그러지는 것은 압력이 높아지며 생수병 속 공기의 부피가 줄어드는 현상이다.

오답 체크

- ㄱ. 산에 올라가면 과자 봉지가 부풀어 오르는 것은 압력이 낮아지며 과자 봉지 속 공기의 부피가 증가하는 현상이므로 그래프에서 B에서 A로 이동하는 것과 같은 현상이다.
- ㄴ. 여름철에 겨울철보다 자동차 타이어 안에 공기를 적게 넣는 것은 여름철에 온도가 높아지면 타이어 속 공기의 부피가 증가하는 현상으로 압력에 따른 기체의 부피 변화와 관련이 없다.

ㄹ. 감압 용기의 실린더를 잡아당길 때 용기 안의 풍선이 부풀어 오르는 것은 용기 안의 압력이 낮아지면서 풍선 속 공기의 부피가 증가하는 현상이므로 그래프에서 B에서 A로 이동하는 것과 같은 현상이다.

ㅁ. 수족관에서 발생하는 공기 방울이 위쪽으로 올라갈수록 크기가 커지는 것은 수면에 가까워질수록 수압이 감소하며 공기 방울의 부피가 커지는 현상으로 그래프에서 B에서 A로 이동하는 것과 같은 현상이다.

05 그래프에서 산소 기체의 온도에 따른 부피 변화를 나타낸 직선의 기울기가 1이고  $V_0$ 의 값이 273 mL이다. 따라서  $V_t$ 의 값은 546 mL이고,  $t$ 는 273 °C이다. 기체의 온도에 따른 부피 변화 그래프에서 기울기는 기체의 종류와 관계 없이 일정하다.

오답 체크

- ①  $V_t$ 의 값은 546 mL이다.
- ②  $t$ 의 값은 273 °C이다.
- ③ 이 그래프의 기울기는 1이다.
- ⑤ 100 °C에서 기체의 부피는 그래프의 기울기가 1이므로 373 mL이다.

06 공기가 들어 있는 주사기의 마개를 막은 후 물이 들어 있는 비커에 넣고 물의 온도를 변화시키면 물의 온도 변화에 따라 주사기 속 공기의 온도도 변한다. 주사기 속 공기의 온도가 높아지면 공기 입자가 운동하는 속도가 빨라지며 주사기의 벽면에 더 강하게 충돌한다. 표에서 물의 온도가 20 °C 높아질 때 공기의 부피가 5.1 mL씩 증가하는 것을 확인할 수 있다.

오답 체크

ㄱ. 온도가 높아져도 공기 입자의 개수는 일정하게 유지된다.

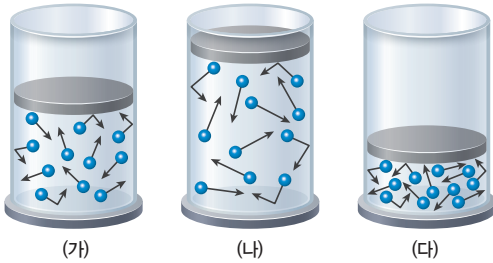
07 온도와 압력에 따른 기체의 부피에 대한 법칙을 알아보기 위한 실험을 설계하려면 온도가 일정할 때 압력과 부피의 관계를 측정하고, 압력이 일정할 때 온도와 부피의 관계를 측정해야 한다. 실험 (가)와 (나)에서 압력과 부피가 모두 변하였고 실험 (가)의 온도는 실험 (나)의 온도와 같게 설계해야 하므로 A는 0 °C이다. 실험 (나)와 (다)에서 온도와 부피가 모두 변하였고 실험 (나)의 압력은 실험 (다)의 압력과 같게 설계해야 하므로 B는 1기압이다. (나)와 (다)의 실험을 비교하면 일정한 압력에서 기체의 온도와 부피의 관계를 알 수 있고, 실험 결과를 통해 기체의 온도와 부피가 비례한다는 사실을 알 수 있다.

08 그림에서 실린더 속 기체 입자의 운동을 비교하면 (가)의 기체 입자와 (나)의 기체 입자가 운동하는 정도가 같고, (나)의 기체 입자가 가장 활발하게 운동한다. 기체 입자 운동이 활발한 정도를 통해 (가)와 (나)에서 기체의 온도가 같고, (나)에서 기체의 온도가 가장 높은 것을 알 수 있다. (가)와 (나)를 비교했을 때 기체의 부피가 증가하였고, 온도가 증가하였으므로 (가)에서 (나)의 상태가 되려면 온도를 높이면 된다. (가)와 (나)를 비교했을 때 기체의 부피가 감소하였고, 온도가 같으므로 (가)에서 (나)의 상태가 되려면 압력을 높이면 된다.

**오답 체크**

- ㄱ. 기체의 온도는 (나)에서 가장 높다.
- ㄴ. (나)에서 (나)의 상태가 되려면 온도를 낮추고 압력을 높여야 한다.

**자료 다시 보기** 압력과 온도에 따른 기체의 부피 변화



- 그림에서 화살표의 길이는 입자 운동의 활발한 정도를 나타내고, 입자 운동의 활발한 정도에 관여할 수 있는 것은 기체의 온도이다.
- 실린더 내부의 공기는 외부와 단절되어 있으므로 기체 입자의 개수는 변하지 않는다.
- 기체 입자의 개수가 같으므로 실린더 내부 공기의 질량 또한 일정하고, 따라서 부피가 가장 작은 (다)에서 실린더 내부 공기의 밀도가 가장 높고, 부피가 가장 큰 (나)에서 실린더 내부 공기의 밀도가 가장 낮다.

**◆ 서술형 문제**

40쪽

- 01 해설 참조
- 02 (1) 풍선은 점점 부풀어 오른다. (2) 해설 참조 (3) 해설 참조
- 03 (1) B (2) 해설 참조
- 04 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01 **모범 답안** 고무풍선에 공기를 불어 넣으면 풍선 속 기체 입자의 수가 증가하고, 그에 따라 풍선 속 기체 입자가 풍선의 벽면에 충돌하는 횟수가 증가한다. 이것은 풍선 속 기체

의 압력이 증가하는 것을 의미하고, 기체의 압력은 모든 방향으로 동일하게 작용하므로 풍선이 모든 방향으로 부풀어 오르게 된다.

	배점
고무풍선에 공기를 불어 넣었을 때 풍선 속에서 일어나는 변화를 <조건>의 내용을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100%
고무풍선에 공기를 불어 넣었을 때 풍선 속에서 일어나는 변화를 <조건>의 내용 중 2개만 포함하여 옳게 서술한 경우	60%
고무풍선에 공기를 불어 넣었을 때 풍선 속에서 일어나는 변화를 <조건>의 내용 중 1개만 포함하여 옳게 서술한 경우	30%

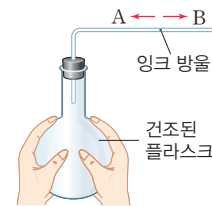
- 02 **모범 답안** (1) 감압 용기에서 공기를 빼내는 동안 풍선은 점점 부풀어 오른다.  
 (2) 감압 용기의 기체 입자의 수가 점점 줄어들면서 기체 입자의 충돌 횟수가 감소하므로 압력이 점점 낮아진다.  
 (3) 감압 용기 내부(풍선 밖)의 압력이 낮아지면서 풍선이 부풀어 오르고, 풍선의 부피가 커지면서 풍선 속 기체의 압력이 낮아진다.

채점 기준		배점
(1)	풍선의 크기 변화를 옳게 쓴 경우	20%
(2)	감압 용기 안(풍선 밖)의 압력 변화 과정을 옳게 서술한 경우	40%
(3)	풍선 속 기체의 압력 변화 과정을 옳게 서술한 경우	40%

- 03 **모범 답안** (1) 잉크 방울은 B 방향으로 이동한다.  
 (2) 기체의 온도가 상승하면 기체 입자의 운동이 활발해지며 기체 입자 사이의 거리가 멀어지고 기체의 부피가 증가한다. 플라스크를 두 손으로 감싸 쥐면 플라스크 내부 공기의 온도가 상승하여 부피가 증가하므로 잉크 방울을 B 방향으로 밀어낸다.

채점 기준		배점
(1)	잉크 방울이 이동하는 방향을 옳게 쓴 경우	30%
(2)	잉크 방울이 이동하는 까닭을 온도에 따른 기체의 부피 관계와 관련지어 옳게 서술한 경우	70%

**자료 다시 보기** 온도에 따른 기체의 부피 변화



- 플라스크를 양손으로 감싸 쥐면 플라스크 내부 공기의 온도가 체온과 같아질 때까지 상승한다.
- 잉크 방울은 플라스크 내부의 공기와 외부의 공기를 차단하는 역할을 한다.
- 잉크 방울을 기준으로 플라스크 내부의 공기와 외부의 공기가 잉크 방울에 가하는 압력이 평형을 이룬다.
- 플라스크를 얼음이 채워진 수조에 넣으면 플라스크 내부 공기의 온도가 낮아지며 부피가 줄어들어 잉크 방울이 A 방향으로 이동한다.

04 **모범 답안** (1) 압력이 일정할 때 기체의 부피가 증가하기 위한 조건은 기체의 온도를 증가시키는 것이다. 기체의 온도가 증가하면 기체 입자 사이의 거리가 멀어지며 부피가 증가한다.

(2) 온도가 일정할 때 기체의 부피가 증가하기 위한 조건은 외부의 압력을 낮추는 것이다. 외부의 압력이 낮아지면 실린더 내부에 작용하는 힘이 약해지고, 기체의 부피가 증가한다.

채점 기준		배점
(1)	압력이 일정할 때 (가) 상태의 실린더에서 (나) 상태가 되기 위해 온도를 어떻게 변화시켜야 하는지 옳게 서술한 경우	50%
(2)	온도가 일정할 때 (가) 상태의 실린더에서 (나) 상태가 되기 위해 압력을 어떻게 변화시켜야 하는지 옳게 서술한 경우	50%

◆ **수능 맞보기**

41쪽

1-1 ④    1-2 ⑤

1-1

**자료 분석**



- 고정 장치 b를 그대로 둔 상태에서 고정 장치 a를 풀면 산소가 있는 실린더의 부피가 3 L까지 증가한다.
- 고정 장치 a를 풀 상태에서 고정 장치 b를 풀면 산소가 있는 실린더와 이산화 탄소가 있는 실린더의 압력이 같아질 때까지 피스톤이 이동한다.

**보기 분석**

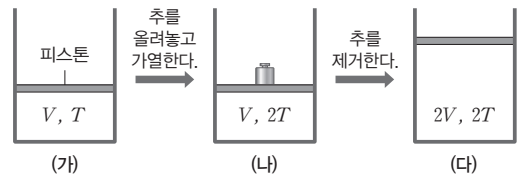
ㄱ. (x) (가)에서 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>의 부피는 같고 질량이 다르므로 밀도도 다르다.

ㄴ. (o) (나)에서 O<sub>2</sub>의 질량이 일정한 상태에서 부피가 3 L까지 증가하므로 밀도는 감소한다.

ㄷ. (o) (다)에서 피스톤은 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>의 압력이 같아질 때까지 이동한다.

1-2

**자료 분석**



- 피스톤이 멈춰있을 때 외부의 압력과 실린더 내부의 압력이 같다.
- (가)에서 (나)로 변할 때 부피가 일정한 상태에서 압력과 온도가 증가하였으므로 부피가 일정할 때 기체의 압력과 온도가 비례 관계임을 알 수 있다.
- (가)와 (다)에서 피스톤에 추가적으로 가해지는 압력이 없으므로 실린더 속 기체의 압력은 대기압과 같다.

**보기 분석**

ㄱ. (o) (가)에서 (나)로 변할 때 온도는 2배가 되었으나 부피는 변하지 않았으므로 압력이 2배가 된다. (나)에서 압력은 대기압과 추가 기체를 누르는 압력의 합이므로 추가 기체를 누르는 압력은 대기압과 같다.

ㄴ. (o) 기체 분자의 평균 운동 에너지는 기체의 온도에 따라 달라지므로 온도가 같은 (나)와 (다)에서 기체 분자의 평균 운동 에너지가 같다. 온도가 낮은 (가)에서 기체 분자의 평균 운동 에너지는 (나)와 (다)보다 작다.

ㄷ. (o) 기체 분자의 단위 면적당 충돌 횟수는 압력과 같으므로 압력이 같은 (가)와 (다)에서 기체 분자의 단위 면적당 충돌 횟수가 같다. 압력이 높은 (나)에서 기체 분자의 단위 면적당 충돌 횟수는 (가)와 (다)보다 많다.

# 04: 물질의 특성

## 탐구 확인하기

46~47쪽

01 ④ 02 ⑤

01 밀도는 단위 부피당 질량을 나타내는 물리량이므로 고체 물질의 밀도를 측정하는 데 필요한 것은 고체 물질의 부피와 질량이다. (가)에서는 ㉠ 전자저울을 이용하여 고체 물질의 질량( $W$ )을 측정할 수 있다. (나)에서는 ㉡ 눈금실린더에 물을 넣어 물의 부피를 측정할 수 있고, (다)에서는 (나)의 눈금실린더에 고체 물질을 넣어 고체 물질과 물의 부피를 측정할 수 있다. (나)와 (다)를 통해 고체 물질의 부피가 ( $V_2 - V_1$ )인 것을 확인할 수 있다. (가)~(다)에서 얻은 고체 물질의 질량과 부피를 통해 고체 물질의 밀도를 계산하면 고체 물질의 밀도는  $\frac{W}{V_2 - V_1}$ 이다. 밀도는 물질의 특성이므로 고체의 크기나 양과 관계없이 일정하다.

오답 체크

④ 고체 물질의 밀도는  $\frac{W}{V_2 - V_1}$ 이다.

02 용액의 온도가 높을수록 질산 칼륨의 용해도가 높아지므로 5g의 질산 칼륨을 모두 녹일 수 있는 온도보다 10g의 질산 칼륨을 모두 녹일 수 있는 온도가 높다. 따라서 물 10g이 담긴 시험관 2개에 질산 칼륨을 각각 5g, 10g씩 넣고 가열했을 때 질산 칼륨을 5g 넣은 용액이 먼저 불포화 상태에 도달할 것이므로 질산 칼륨이 먼저 완전히 녹는 시험관은 질산 칼륨을 5g 넣은 시험관이다. 반대로 질산 칼륨이 모두 녹은 두 시험관을 냉각시킬 때 질산 칼륨을 10g 넣은 시험관이 먼저 포화 상태에 도달할 것이므로 결정이 먼저 생기는 시험관은 질산 칼륨을 10g 넣은 시험관이다. 결정이 석출되기 시작할 때의 용액은 불포화 상태에서 포화 상태에 도달한 시점이다. 이 실험을 통해 질산 칼륨의 용해도와 온도와의 관계를 알 수 있다.

오답 체크

⑤ 두 시험관을 냉각시키는 과정에서 질산 칼륨을 10g 넣은 시험관이 질산 칼륨을 5g 넣은 시험관보다 더 높은 온도에서 결정이 석출되기 시작한다.

## 실력 플러스 문제

48쪽

01 ② 02 ① 03 ⑤ 04 ⑤

01 눈금실린더를 이용하여 물의 부피를 측정하였을 때 물의 부피는 12 mL이고, 물과 돌의 부피를 측정하였을 때 물과 돌의 부피는 18 mL이므로 돌의 부피는 6 mL이다. 돌의 질량이 30 g이므로 돌의 밀도는  $\frac{30 \text{ g}}{6 \text{ mL}} = 5 \text{ g/mL}$ 이다.

02 그래프를 통해 압력이 커질수록 기체의 물에 대한 용해도가 커진다는 사실을 알 수 있다. 기체의 물에 대한 용해도와 압력이 비례한다는 원리로 설명할 수 있는 현상에는 탄산음료의 병마개를 뚫을 때 거품이 올라오는 현상이 있다. 병마개를 따면 병 내부의 압력이 순간적으로 낮아지며 탄산음료 속 탄산 기체의 용해도가 낮아진다.

오답 체크

ㄴ. 더운 여름철에 물고기들이 수면 가까이 올라와 입을 뻐끔거리는 현상은 온도가 높아졌을 때 기체의 용해도가 감소하므로 물속의 산소량이 줄어들어 물고기들이 숨을 쉬기 위해 수면 가까이 올라오는 것이다.

ㄷ. 수돗물을 가열하면 수돗물에 남아있는 소량의 염소 기체를 제거할 수 있는 까닭은 수돗물의 온도가 높아지면 수돗물에 녹아있던 염소 기체의 용해도가 낮아지며 기체 상태로 변하여 물속에서 제거되기 때문이다.

03 고체 물질의 물에 대한 용해도를 나타내는 그래프에서 용해도 곡선상에 있는 용액은 포화 용액이다. 곡선보다 위쪽에 있는 용액은 용매에 용질을 모두 녹이지 못한 용액이거나 과포화 상태의 용액이고, 곡선보다 아래쪽에 있는 용액은 불포화 상태의 용액이다. 그래프에서 용해도 곡선상에 있는 B와 C는 포화 용액이고, 그래프를 통해 온도가 증가할수록 고체 물질의 물에 대한 용해도가 증가한다는 사실을 알 수 있다. 30 °C에서 고체 물질의 용해도는 50 g/물 100 g이고 D에 해당하는 용액의 온도를 30 °C까지 낮추면 포화 용액이 된다.

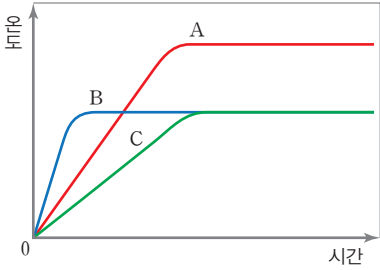
오답 체크

⑤ B에 해당하는 용액 200 g은 물 100 g에 용질 100 g이 녹아있는 포화 용액이다. 30 °C의 물 100 g에는 용질이 최대 50 g까지 녹을 수 있으므로 이 용액의 온도를 30 °C까지 냉각시켰을 때 석출되는 용질의 양은 50 g이다.

04 그래프는 액체 상태의 물질을 가열하면서 시간에 따른 온도 변화를 측정한 것이므로 온도가 일정하게 유지되는 구간은 액체 상태의 물질이 기체 상태의 물질로 상태 변화가 일어나는 구간이다. 액체 B와 C의 상태 변화가 일어나는 온도가 같으므로 액체 B와 C는 같은 물질이고, 액체 C가 끓는점에 도달하는 시간이 더 오래 걸리므로 C는 B보다 질량이 더 크다. 액체 A의 상태 변화가 일어나는 온도가 액체 B와 C의 상태 변화가 일어나는 온도보다 높으므로

액체 A의 끓는점이 액체 B와 C의 끓는점보다 높다. 액체 A, B, C가 순물질이 아니었다면 상태 변화가 일어날 때 온도가 일정하게 유지되지 않고 상승할 것이므로 A, B, C는 모두 순물질이다.

**자료 다시 보기** 물질의 양과 종류에 따른 끓는점



- 물질의 양이 많아질수록 물질이 끓는점에 도달하는 시간이 길어지고, 상태 변화에 필요한 시간이 길어진다.
- 끓는점은 물질의 특성이므로 두 물질의 끓는점이 같을 때 두 물질이 같은 물질임을 알 수 있다.
- 가열하는 물질이 혼합물일 경우 끓는점이 낮은 물질에서 먼저 상태 변화가 일어나기 시작하므로 혼합물이 끓으면서 온도가 점점 올라간다.

**최상위 도전 문제**

49~50쪽

- 01 ③    02 ⑤    03 ⑤    04 ⑤    05 ⑤  
 06 ③    07 ③    08 ④

**01** 밀도는 물질의 단위 부피당 질량으로 같은 물질에서 외부 환경이 같다면 물질의 양과 관계없이 일정한 값을 가지는 물질의 특성이다. 밀도 차이가 나는 두 물질이 같이 있을 때 밀도가 작은 물질이 밀도가 큰 물질의 위로 떠오른다. 따라서 밀도가 공기보다 작은 헬륨으로 채운 풍선은 공중으로 떠오른다.

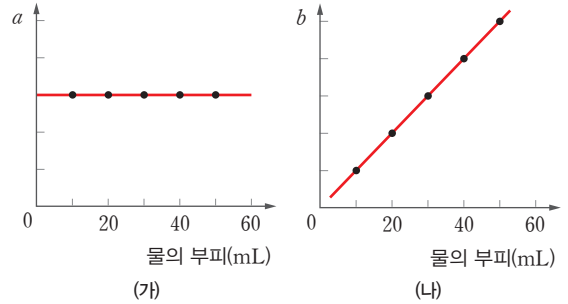
**오답 체크**

- ① 밀도는 물질의 단위 부피당 질량을 뜻한다.
- ② 밀도는 물질의 특성이므로 4 °C의 물 20 g의 밀도와 4 °C의 물 10 g의 밀도는 같다.
- ④ 질량이 같을 때 물질 A의 부피가 물질 B의 부피보다 크다면 부피가 큰 물질 A의 밀도가 물질 B의 밀도보다 작다.
- ⑤ 기체는 온도와 압력에 따라 부피가 변하므로 기체의 밀도를 나타낼 때는 온도와 압력을 함께 표시해야 한다.

**02** 같은 온도와 압력에서 물의 부피가 변할 때 변하지 않는 물리량으로 적절한 것에는 밀도가 있고, 물의 부피가 증가할 때 비례하여 증가하는 물리량으로 적절한 것에는 질량이

있다. 따라서 그래프 (가)의 y축으로 적절한 것은 밀도, 그래프 (나)의 y축으로 적절한 것은 질량이다. 그래프 (가)에서 부피가 증가하여도  $a$  값이 일정하므로 (가)는 물질의 특성을 나타내는 그래프가 될 수 있다.

**자료 다시 보기** 물질의 특성을 나타내는 그래프



- 밀도는 물질의 단위 부피당 질량하므로 (나)의 그래프에서  $y$ 축이 질량일 때 그래프의 기울기가 물질의 밀도를 나타낸다.
- 물질의 특성은 물질이 가지고 있는 고유한 성질로, 물질의 종류를 구분할 때 사용할 수 있다.
- 물질의 특성은 물질의 양과 관계없이 항상 같은 값을 가지므로 물질의 부피가 변하여도 일정한 값을 가지는 (가)의 그래프는 물질의 특성을 나타내는 그래프이다.

**03** 물, 얼음, 식용유의 순서로 쌓여있으므로 물이 가장 밀도가 크고 식용유가 가장 밀도가 작다는 사실을 알 수 있다. 그림에서  $h$ 는 물의 높이를 나타내는 값이다. 얼음은 기름에 의한 부력으로 물에 떠 있을 때보다 수면 위로 나오는 부피가 크므로 상온에서 시간이 흐르면 얼음이 녹으며 물이 되어  $h$ 의 값이 점점 증가한다. 물과 식용유가 분리되어 쌓일 수 있는 까닭은 물과 식용유의 밀도가 다르기 때문이다.

**04** 그래프에서 곡선의 기울기가 가파를수록 온도에 따른 용해도 변화가 크다. 따라서 기울기가 가장 완만한 염화 나트륨이 온도에 따른 용해도 변화가 가장 작은 물질이다. 질산 칼륨은 40 °C의 물 100 g에 최대 64 g까지 녹을 수 있고, 20 °C의 물 100 g에 최대 31 g까지 녹을 수 있다. 따라서 40 °C의 질산 칼륨 포화 용액을 20 °C까지 냉각시키면 33 g의 질산 칼륨이 석출된다. 용액의 온도를 낮추면 고체 물질의 용해도가 줄어들어 불포화 상태의 용액이 포화 상태가 될 수 있다.

**05** 표에 나타난 물질의 용해도는 용매가 물 100 g일 때의 용해도이다. 60 °C의 물 100 g에 염화 나트륨을 36.6 g 녹이면 이 용액은 불포화 상태이고, 염화 나트륨의 용해도가 40 °C에서 36.6 g/물 100 g이므로 이 용액을 40 °C까지 냉각시키면 포화 상태가 된다.

**오답 체크**

- ① 40 °C에서 질산 칼륨의 용해도는 64.0 g/물 100 g이므로 40 °C의 물 200 g에는 질산 칼륨이 최대 128 g 녹을 수

있다.

② 온도가 0 °C일 때의 용해도와 80 °C일 때의 용해도 차이가 가장 큰 물질은 질산 칼륨이므로 온도에 따른 물질의 용해도 변화는 질산 칼륨이 가장 크다.

③ 60 °C의 질산 칼륨 포화 수용액 105 g은 용매인 물 50 g과 용질인 질산 칼륨 55 g으로 구성되므로 질산 칼륨이 55 g 녹아있다.

④ 80 °C의 포화 수용액을 20 °C로 냉각시키면 질산 칼륨은 137.0 g, 질산 나트륨은 60.0 g, 염화 나트륨은 2.4 g이 석출되므로 질산 칼륨이 가장 많이 석출된다.

**06** 높은 온도의 물을 그대로 방류하면 강이나 바다의 온도가 높아지고, 수온이 높아지면 물속에 녹아있던 산소의 용해도가 낮아진다. 산소의 용해도가 낮아지면 물속에 녹아있던 산소가 기체가 되어 공기 중으로 날아가고, 이에 따라 용존 산소량이 감소하게 되어 생태계에 큰 영향을 미치게 된다.

**오답 체크**

① 수온이 높아지면 확산이 빨라지지만, 확산이 빨라지는 것은 물고기가 죽는 것과 관련이 없다.

② 수온이 높아지면 기체의 용해도가 감소하고, 고체 물질의 용해도가 증가한다. 바닷물은 이미 혼합물 상태이고, 용해도가 증가하는 것과 혼합물이 되는 것은 관련이 없다.

④ 수온이 높아지면 밀도는 작아진다.

⑤ 수온이 높아지면 기체의 용해도가 감소하여 바닷물에서 이산화 탄소가 방출된다.

**07** 그래프는 순물질인 물과 혼합물인 소금물을 가열했을 때의 온도 변화를 측정한 것이다. 혼합물에서는 끓는점이 올라가고, 끓는점에 도달하여도 온도가 계속 상승하므로 B가 혼합물인 소금물이고, A가 순물질인 물이다. 소금물은 물보다 높은 온도에서 끓기 시작하며, 끓으면서 온도가 계속하여 증가한다.

**오답 체크**

ㄷ. 끓는점은 물질의 특성이므로 물의 양이 50 mL에서 100 mL로 증가하여도 끓는점은 높아지지 않는다.

**08** 나프탈렌과 파라-다이클로로벤젠의 가열 곡선을 통해 순물질이 녹는 동안 온도가 일정하게 유지된다는 사실을 알 수 있고, 두 물질의 혼합물을 가열해서 얻은 가열 곡선을 통해 혼합물이 순물질들의 녹는점보다 낮은 온도에서 녹기 시작한다는 사실을 알 수 있다. 혼합물이 녹는 동안 온도가 점차 상승하는 것을 보았을 때 혼합물을 구성하는 성분 물질의 혼합 비율에 따라 녹는 온도가 달라지는 것을 확인할 수 있다.

**오답 체크**

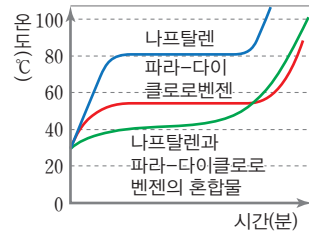
① 녹는 동안 온도가 일정하게 유지되는 것은 순물질이다.

② 순물질의 가열 곡선 중 온도가 일정한 구간에서 고체 물질과 액체 물질이 공존하는 상태이다.

③ 파라-다이클로로벤젠의 녹는점은 나프탈렌의 녹는점보다 낮다.

⑤ 혼합물은 순물질의 녹는점보다 더 낮은 온도에서 녹기 시작한다.

**자료 다시 보기** 고체 혼합물의 가열 곡선



- 고체 혼합물은 구성 물질의 녹는점보다 낮은 온도에서 녹기 시작한다.
- 고체 혼합물의 녹는점이 낮아지는 이유는 혼합물에서 불순물이 순물질의 결정 구조를 방해하여 순물질에 비해 분자 간 인력이 약해지기 때문이다.
- 고체 혼합물이 녹기 시작할 때 혼합물을 구성하는 물질 중 녹는점이 낮은 물질이 먼저 녹기 시작하며 혼합물을 구성하는 성분 물질의 혼합 비율이 달라지고, 혼합 비율 달라지면 녹는점이 변화하면서 온도가 서서히 증가한다.

**◆ 서술형 문제**

51쪽

- 01** (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
- 02** (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
- 03** 해설 참조
- 04** (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

**01** **모범 답안** (1) 물질 (가)~(라)의 밀도는 각각 1.5 g/cm<sup>3</sup>, 5 g/cm<sup>3</sup>, 0.6 g/cm<sup>3</sup>, 1.5 g/cm<sup>3</sup>이다. 따라서 물보다 밀도가 작은 (다)가 물에 뜬다.  
(2) 물질 (가), (라)는 밀도가 1.5 g/cm<sup>3</sup>으로 같고, 밀도는 물질을 구분할 수 있는 특성이므로 (가)와 (라)는 같은 물질이다.

		채점 기준	배점
(1)	(가)~(라) 중 물에 뜨는 물질이 무엇인지 옳게 쓰고, 그 까닭을 밀도와 관련지어 옳게 서술한 경우		50%
	(가)~(라) 중 물에 뜨는 물질이 무엇인지 옳게 썼지만, 그 까닭을 밀도와 관련지어 옳게 서술하지 못한 경우		20%
(2)	(가)~(라) 중 같은 물질인 것을 옳게 쓰고, 그 까닭을 밀도와 관련지어 옳게 서술한 경우		50%
	(가)~(라) 중 같은 물질인 것을 옳게 썼지만, 그 까닭을 밀도와 관련지어 옳게 서술하지 못한 경우		20%

**02** **모범 답안** (1) 80 °C의 물 100 g에 질산 나트륨은 134 g까지 녹을 수 있으므로 80 °C의 물 50 g에는 67 g까지 녹을 수 있다. 따라서 물 50 g에 질산 나트륨을 56 g 넣은 용액은 불포화 상태이다.

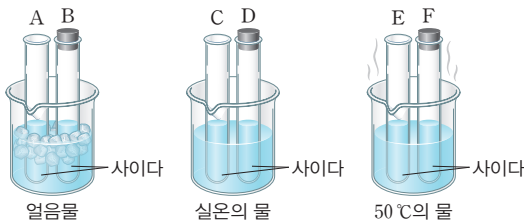
(2) 온도를 80 °C로 유지한다면 용액에 질산 나트륨을 11 g 이상 넣어 용액을 포화 상태로 만들 수 있다. 또는 용액의 온도를 60 °C 이하로 낮추면 용액을 포화 상태로 만들 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	용액이 포화 상태인지 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	40 %
	용액이 포화 상태인지 옳게 썼지만, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	10 %
(2)	용액을 포화 상태로 만드는 방법 2가지를 옳게 서술한 경우	60 %
	용액을 포화 상태로 만드는 방법 1가지를 옳게 서술한 경우	30 %

**03** **모범 답안** 기포는 사이다 속 탄산의 용해도가 작아져 기체가 되며 발생한다. 기체의 용해도는 압력이 낮을수록, 온도가 높을수록 작아지므로 6개의 시험관 중 온도가 높고 시험관이 막혀 있지 않아 압력이 높아지지 않는 E가 탄산 기체의 용해도가 가장 작다. 따라서 기포가 가장 많이 발생하는 시험관은 E이다.

채점 기준		배점
기포가 가장 많이 발생하는 시험관을 옳게 쓰고, 그 까닭을 기체의 용해도와 온도 및 압력의 관계를 이용하여 옳게 서술한 경우		100 %
기포가 가장 많이 발생하는 시험관을 옳게 썼지만, 그 까닭을 기체의 용해도와 온도 및 압력의 관계를 이용하여 옳게 서술하지 못한 경우		30 %

**자료 다시 보기** 기체의 용해도와 온도 및 압력의 관계



- 기체의 용해도는 온도가 낮을수록, 압력이 높을수록 증가한다.
- 시험관을 고무마개로 막아 놓으면 시험관 내부 공기의 부피가 일정하게 유지된다. 이 상태에서 시험관 내부 공기의 온도가 높아지면 압력이 높아지고, 시험관 내부 공기의 온도가 낮아지면 압력이 낮아진다.

**04** **모범 답안** (1) 물의 냉각 곡선은 어는점인 0 °C를 기준으로 온도가 일정한 구간이 존재하지만, 소금물의 냉각 곡선은 물보다 어는점이 낮고 온도가 일정한 구간이 존재하지 않는다.

(2) 소금물이 어는점에 도달하면 매질인 물만 응고되면서 소금물의 농도가 높아지게 되고, 소금물의 농도가 높아지면 어는점이 점점 낮아지면서 소금물의 온도가 낮아진다.

채점 기준		배점
(1)	물과 소금물의 냉각 곡선의 차이점을 제시된 단어를 모두 사용하여 옳게 서술한 경우	40 %
(2)	소금물이 어는 동안의 온도 변화를 제시된 단어를 모두 사용하여 옳게 서술한 경우	60 %

**수능 맛보기**

52~53쪽

1-1 ③    1-2 ⑤    2-1 ⑤    2-2 ⑤

**1-1** 보기 분석

ㄱ. (○) 푸른색 리트머스 종이는 산성 용액과 만났을 때 붉은색으로 변하고 식초는 산성 물질이므로 '붉은색으로 변하였다'는 ㉠에 들어갈 내용으로 적절하다.

ㄴ. (○) 식초는 수소 이온(H<sup>+</sup>)이 들어 있는 산이다.

ㄷ. (x) (나)에서 발생한 기체는 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)이다.

**1-2** 자료 분석

수용액	(가)	(나)	(다)
pH	4	5	8
부피(mL)	500	500	500

- pH는 수용액이 산성인지 염기성인지 구분할 수 있는 기준으로, pH가 7보다 작은 수용액은 산성, pH가 7보다 큰 수용액은 염기성이다.
- pH가 작을수록 산의 세기가 강해지며 수용액 상태에서 수소 이온의 농도가 커진다.

**보기 분석**

ㄱ. (○) 산성 수용액은 (가)와 (나)이다.

ㄴ. (○) 수용액 속 수소 이온의 양은 산의 세기가 강한 (가)가 (나)보다 많다.

ㄷ. (○) (다)는 염기성 수용액이고 페놀프탈레인 용액은 염기성 용액과 만나면 붉은색으로 변한다.

**2-1** 보기 분석

ㄱ. (○) 아세트산은 수용액 상태에서 수소 이온을 내놓으므로 산성이다.

ㄴ. (○) 메테인은 액화 천연가스의 주성분이다.

ㄷ. (○) 아세트산과 메테인은 모두 탄소 원자를 포함하는 탄소 화합물이다.

**2-2** 보기 분석

ㄱ. (○) (가)는 식초의 성분이므로 아세트산이다.

ㄴ. (○) (나)는 손 소독제를 만드는 데 사용되므로 에탄올이다.

ㄷ. (○) (다)는 메테인이고, 메테인은 천연가스의 주성분이다.

# 05 혼합물의 분리

## 탐구 확인하기

58~59쪽

01 ② 02 ③

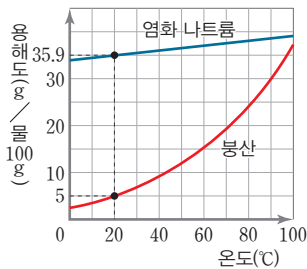
01 분별 깔때기를 사용하여 분리할 수 있는 혼합물은 서로 섞이지 않는 액체 혼합물이다. 서로 섞이지 않는 액체 혼합물은 밀도 차이와 극성 차이 때문에 분리되어 밀도가 작은 액체가 밀도가 큰 액체의 위로 떠오르며 층을 이룬다. 분별 깔때기를 사용하면 층을 기준으로 밀도가 높은 액체를 먼저 따라내어 분리할 수 있다. 혼합물의 양이 적을 때 분별 깔때기 대신 스포이트를 사용하여 밀도가 낮은 액체를 먼저 분리할 수 있다. 서로 섞이지 않는 액체 혼합물의 대표적인 예시에는 물과 식용유의 혼합물이 있다.

### 오답 체크

- ㄷ. 서로 섞이는 액체 혼합물은 분별 깔때기로 분리할 수 없다.
- ㄹ. 천일염에서 정제된 소금을 얻는 방법은 물을 증발시키는 것이다.

02 그래프를 통해 20 °C의 물 100 g에 염화 나트륨은 최대 35.9 g까지 녹을 수 있고, 붕산은 5 g까지 녹을 수 있다는 사실을 알 수 있다. 따라서 염화 나트륨 30 g과 붕산 20 g이 90 °C의 물 100 g에 모두 녹아있는 혼합물을 20 °C까지 냉각시키면 염화 나트륨은 모두 녹아 있어 결정으로 석출되지 않고, 붕산은 15 g이 결정으로 석출된다.

### 자료 다시 보기 온도에 따른 물질의 용해도



- 고체 물질은 용매에 따라 용해도가 달라지고, 같은 용매에서 온도에 따라 용해도가 달라진다.
- 온도에 따른 용해도 변화를 나타낸 그래프에서 기울기가 가파를수록 온도가 변할 때 용해도 변화량이 많다.
- 용해도 차를 이용하여 혼합물을 분리할 때 석출되는 물질의 양이 많은 것은 온도에 따른 용해도 변화량이 큰 물질이다.

## 실력 플러스 문제

60쪽

01 ① 02 ④ 03 ① 04 ②

01 (가)는 고체 혼합물을 밀도 차이를 이용하여 분리하는 모습이고, (나)는 서로 섞이지 않는 액체 혼합물을 밀도 차이를 이용하여 분리하는 모습이다. 밀도 차이를 이용하여 고체 혼합물을 분리할 때 밀도가 낮은 고체는 떠오르고 밀도가 높은 고체는 가라앉을 수 있도록 밀도가 중간인 액체를 사용해야 한다.

### 오답 체크

- ㄴ. (가)와 (나)는 모두 밀도 차이를 이용하여 혼합물을 분리한다.
- ㄷ. (가)의 소금물에 소금을 더 집어넣으면 소금물의 밀도가 높아져 속이 찬 범씨가 떠오를 수 있다.

02 (가)는 질산 칼륨과 염화 나트륨의 혼합물을 가열하며 용매에 녹이는 과정이다. (나)는 용해도 차이를 이용하여 혼합물을 분리하기 위해 혼합물을 모두 녹인 용액의 온도를 낮추어 용해도가 낮은 물질을 결정의 형태로 석출시키는 재결정 과정이다. (다)는 석출된 물질을 거름종이를 사용하여 걸러내는 거름 과정이다.

### 자료 다시 보기 용해도 차이를 이용한 혼합물의 분리



- 고체 물질의 혼합물에서 한 가지의 물질만 녹일 수 있는 용매가 있다면 가열 및 재결정 과정 없이 거름 과정을 통해서 고체 물질의 혼합물을 분리할 수 있다.
- 일반적으로 고체의 용해도는 온도가 높을수록 증가하지만, 예외적으로 온도가 낮을수록 용해도가 증가하는 고체 물질도 있다.
- 실험에 사용된 질산 칼륨과 염화 나트륨은 온도가 높을수록 용해도가 증가하는 물질이므로 혼합물을 용매에 모두 녹일 때 가열을 통해 용액의 온도를 높인다.

03 그림은 끓는점 차이를 이용하여 서로 섞인 액체 상태의 혼합물을 분리하는 증류 과정이다. 혼합물의 온도가 올라가며 끓는점이 낮은 물질이 먼저 기화되고, 기체 상태의 물질이 얼음물에 담겨 있는 시험관으로 이동하여 액화되어 액체 상태의 혼합물이 분리된다. 끓는점이 낮은 물질이 기화되는 과정에서 끓는점이 높은 물질이 일부 증발되므로 한번의 증류를 통해 순수한 물질을 분리해내기 어렵다.

오답 체크

- ㄱ. 끓는점이 낮은 물질이 먼저 끓어 나온다.
- ㄷ. 서로 섞이는 액체 혼합물을 분리하는 장치이다.

**04** 소줏고리를 이용하여 탁주로부터 전통 소주를 만드는 과정은 끓는점 차이를 통해 끓는점이 낮은 소주를 분리하는 과정이다. 탁주에서 끓는점이 낮은 소주가 먼저 기화되고, 기체 상태의 소주가 찬물을 만나 냉각되며 액화된 소주가 분리된다. 원유를 분리하는 원리와 같은 끓는점 차이를 이용한 혼합물의 분리 방법이다.

오답 체크

- ② 탁주에서 끓는점이 낮은 물질이 먼저 기화된다.

최상위 도전 문제

61~62쪽

- 01 ④      02 ⑤      03 ②      04 ③      05 ③
- 06 ③      07 ④      08 ③

**01** 제시된 여러 가지 현상들은 모두 밀도 차이에 의해 발생하는 현상으로 밀도가 높은 물질이 아래로 가라앉고, 밀도가 낮은 물질이 위로 떠오른다. 물에 얼음을 넣으면 얼음이 물 위에 뜨는 것을 통해 얼음이 물보다 밀도가 작다는 것을 알 수 있다. 구멍조끼를 입으면 물에 가라앉지 않는 것을 통해 구멍조끼가 물보다 밀도가 작다는 것을 알 수 있다. 물에 소금을 조금씩 넣어 녹이면 가라앉았던 달걀이 서서히 떠오르는 것을 통해 소금물의 농도가 높아지면 밀도가 높아지는 것을 알 수 있다. 헬륨을 채운 풍선은 공중으로 떠오르고 입으로 분 풍선은 바다에 가라앉는 것을 통해 헬륨을 채운 풍선은 공기보다 밀도가 작고, 입으로 분 풍선은 공기보다 밀도가 큰 것을 알 수 있다.

오답 체크

- ㄱ. 얼음은 물보다 밀도가 작다.
- ㄷ. 소금물의 밀도는 농도가 높아질수록 커진다.

**02** 고체 혼합물을 밀도 차이를 이용하여 분리할 때 사용하는 액체는 고체 혼합물을 녹이지 않고, 밀도가 고체 혼합물의 중간이어야 한다. 따라서 물에 소금을 넣어 소금물의 밀도가 플라스틱 조각 A보다 크고 플라스틱 조각 B보다 작을 때 두 플라스틱 조각들을 분리할 수 있다.

**03** 그림은 서로 섞이지 않는 액체 혼합물을 분리하기 위한 실험 장치이다. (가)는 스포이트를 사용하여 밀도가 작은 액체부터 분리할 수 있고, (나)는 분별 깔때기를 사용하여 밀도가 큰 액체부터 분리할 수 있다.

오답 체크

- ㄴ. (가)에서는 밀도가 작은 물질이 먼저 분리되고, (나)에서는 밀도가 큰 물질이 먼저 분리된다.
- ㄷ. (가)와 (나)는 모두 서로 잘 섞이지 않는 액체를 분리할 때 사용하는 실험 장치이다.

**04** 표를 통해 20 ℃의 물 200 g에는 염화 나트륨이 최대 72.0 g, 질산 칼륨이 최대 63.2 g까지 녹을 수 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 염화 나트륨 10 g과 질산 칼륨 120 g을 60 ℃의 물 200 g에 모두 녹인 후 20 ℃까지 냉각시키면 질산 칼륨이 56.8 g 석출된다. 이 상태의 혼합물을 거름종이로 거르면 거름종이에 56.8 g의 질산 칼륨이 남는다.

**05** 질산 칼륨 30 g과 황산 구리(II) 1 g이 섞인 혼합물을 물에 모두 녹인 후 냉각시키면 질산 칼륨 일부가 재결정 과정을 통해 석출된다. 황산 구리(II)는 재결정 과정에서 석출되지 않으므로 (가)의 거름종이를 모두 통과한다. (가) 단계에서 거름종이 위에 걸러지는 물질은 재결정 과정에서 석출된 질산 칼륨 일부이다.

오답 체크

- ㄷ. 곡물을 발효 후 소주를 얻는 것은 끓는점 차이를 이용한 혼합물의 분리 방법을 사용하는 것이다.

**06** 표에 나타난 물질 중 A와 C의 혼합물은 서로 섞이는 혼합물이고, 끓는점 차이로 분리할 수 있다. B와 물의 혼합물은 서로 섞이지 않는 혼합물이므로 밀도 차로 분리할 수 있다. D와 물의 혼합물은 서로 섞이는 혼합물이고, 끓는점 차이로 분리할 수 있다.

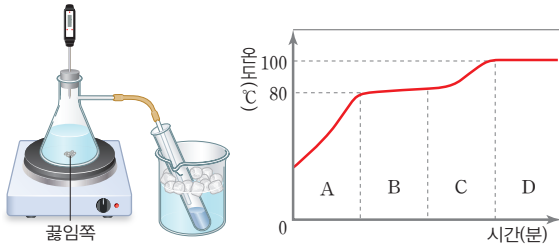
오답 체크

- ㄴ. B와 물의 혼합물은 밀도 차로 분리할 수 있다.

**07** 그림은 끓는점이 다른 두 순물질이 섞여 있는 혼합물을 끓는점 차이를 이용하여 분리하는 실험 장치로 끓는점이 낮은 물질이 먼저 기화되어 얼음에 담긴 시험관에 모인다. A 구간에서 혼합물은 액체 상태이고, B 구간에서 끓는점이 낮은 물질이 끓어 나오기 시작한다. C 구간에서는 끓는점이 낮은 물질이 모두 기화되어 끓는점이 높은 물질만 남은 상태이다. D 구간에서는 끓는점이 높은 물질의 기화가 일어난다.

오답 체크

- ④ B 구간에서 혼합물의 상태가 변화하는 동안 온도는 점차 증가한다.



- 혼합물의 끓는점은 일반적으로 순수한 물질의 끓는점보다 높고 끓는 점이 일정하게 유지되지 않는다.
- 열함에 담긴 시험관에 모여 분리되는 물질은 B 구간에서 끓어 나온 끓는점이 낮은 물질이다.
- 끓는점이 낮은 물질은 B 구간에서 모두 기화되었으므로 C, D 구간에는 끓는점이 높은 물질만 존재한다.

**08** 물, 염화 나트륨, 붕산, 모래로 구성된 혼합물의 온도를 높인 이유는 물에 녹을 수 있는 염화 나트륨과 붕산을 모두 녹이기 위함이다. 물에 녹지 않는 모래는 거름장치에서 걸러지므로 A는 모래이다. 모래가 분리된 혼합물을 냉각시키면 붕산이 염화 나트륨에 비해 온도에 따른 용해도 차가 크므로 붕산이 석출되고, 이 혼합물을 거름장치로 걸렀을 때 분리된 물질 B는 붕산이다. 붕산을 분리하고 남은 혼합물은 염화 나트륨과 석출되지 않은 붕산 일부가 물에 녹아 있는 혼합물이고, 이 혼합물에서 물만 기화되므로 증류의 방법으로 분리할 수 있는 순수한 물질 C는 물이다.

◆ 서술형문제

63쪽

- 01 해설 참조
- 02 해설 참조
- 03 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

**01** **모범 답안** 실험 B에서는 사염화 탄소가 물과 섞이지 않으므로 밀도 차이를 이용하여 분별 깔때기로 사염화 탄소를 분리한다. 실험 C에서는 끓는점 차이를 이용하여 증류 장치로 물과 소금을 분리한다.

채점 기준	배점
실험 B와 C에서 이용할 수 있는 물질의 특성과 실험 방법을 옳게 서술한 경우	100%
실험 B와 C 중 하나의 실험에서 이용할 수 있는 물질의 특성과 실험 방법을 옳게 서술한 경우	50%

**02** **모범 답안** 세 가지 플라스틱 조각 혼합물을 물에 넣으면 밀도가 물보다 작은 우유 통 조각이 떠오른다. 우유 통 조각을 분리한 후 소금을 조금씩 넣어 녹이다 보면 소금물의 밀도가 요구르트 통의 밀도보다 높아지고, 요구르트 통 조각이 떠오르면 생수병 조각과 요구르트 통 조각을 분리할 수 있다.

채점 기준	배점
물과 소금을 이용하여 세 가지 플라스틱 조각을 종류별로 분리하는 방법을 옳게 서술한 경우	100%
물과 소금을 이용하여 세 가지 플라스틱 조각 중 한 가지만 분리하는 방법을 옳게 서술한 경우	40%

**03** **모범 답안** (1) A 상태의 용액을 포화 상태로 만드는 방법에는 용액을 20 °C까지 냉각시키는 방법과 80 °C의 온도를 유지한 상태에서 용액에 붕산을 19 g 녹이는 방법이 있다. (2) 20 °C의 물 200 g에서 염화 나트륨은 최대 72 g까지 녹을 수 있고, 붕산은 최대 10 g까지 녹을 수 있다. 따라서 용액을 20 °C로 냉각시켰을 때 석출되는 물질은 붕산 10 g이다. (3) 용해도 차이를 이용하여 용매에 녹은 고체 혼합물을 석출하는 방법은 재결정이다. 합성 의약품을 정제하는 과정에서 재결정을 이용하여 불순물을 제거한 순수한 의약품을 얻을 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	용액 A를 포화 상태로 만드는 방법을 두 가지 모두 옳게 서술한 경우	30%
	용액 A를 포화 상태로 만드는 방법을 한 가지만 옳게 서술한 경우	10%
(2)	석출되는 물질과 그 질량을 옳게 쓴 경우	30%
(3)	고체 혼합물을 용매에 모두 녹인 후 냉각하여 순수한 고체를 얻는 방법이 무엇인지 옳게 쓰고, 이 방법을 이용한 혼합물 분리의 예시를 옳게 서술한 경우	40%
	고체 혼합물을 용매에 모두 녹인 후 냉각하여 순수한 고체를 얻는 방법이 무엇인지 옳게 썼지만, 이 방법을 이용한 혼합물 분리의 예시를 옳게 서술하지 못한 경우	20%

# 06 원소와 원자

## ◆ 탐구 확인하기 70쪽

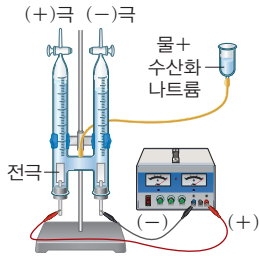
01 ③

01 물을 전기 분해 장치에 넣고 전류를 흘려 주면 물이 분해되어 (+)극 쪽에서는 산소 기체가 발생하고 (-)극 쪽에서는 수소 기체가 발생한다. 이때 순수한 물은 전기가 통하지 않기 때문에 수산화 나트륨을 조금 넣고 전류를 흘려 준다.

### 오답 체크

③ 물은 원소가 아니며 수소와 산소로 이루어진 화합물이다.

### 자료 다시 보기 물의 전기 분해



- (+)극 쪽에서 발생한 기체에 불꽃을 가까이 가져가자 불꽃이 활활 타 올랐다. → (+)극 쪽에 모인 기체는 산소임을 알 수 있다.
- (-)극 쪽에서 발생한 기체에 불꽃을 가까이 가져가자 불꽃이 '퍽'하고 터졌다. → (-)극 쪽에 모인 기체는 수소임을 알 수 있다.
- 순수한 물은 전류가 흐르지 않는데, 물에 수산화 나트륨이나 황산 나트륨과 같은 전해질을 조금 넣으면 전류가 잘 흐르게 할 수 있다.
- 물을 전기 분해 장치에 넣고 전류를 흘려 주면 물과는 성질이 다른 수소 기체와 산소 기체로 분리된다. → 물은 원소가 아닌 화합물이다.

## ◆ 실력 플러스 문제 72쪽

01 ②    02 ⑤    03 ②    04 ⑤    05 ①

01 원소는 물질을 구성하는 기본 성분으로 더 이상 다른 물질로 분해되지 않는다. 구리, 철, 산소는 원소에 해당한다.

### 오답 체크

- ① 공기와 흙은 혼합물, 물은 화합물이다.
- ③ 물, 설탕, 소금은 모두 화합물이다.
- ④ 수소, 탄소는 원소이나 소금은 화합물이다.
- ⑤ 알루미늄, 금은 원소이나 플라스틱은 고분자 화합물이다.

02 원소 기호는 원소를 간단한 기호로 나타낸 것으로 라틴어 나 영어로 된 원소 이름의 첫 글자를 알파벳의 대문자로 나

타내고, 두 번째 글자가 있다면 이는 소문자로 나타낸다. 리튬의 원소 기호는 'Li'이므로 옳은 보기는 ⑤이다.

### 오답 체크

- ① 원소 기호는 한 글자 혹은 두 글자로 나타낼 수 있다.
- ② 첫 글자는 대문자, 두 번째 글자는 소문자로 쓴다.
- ③ 원소 기호의 두 번째 글자는 반드시 원소 이름의 두 번째 글자를 써야 하는 것은 아니다.
- ④ 서로 다른 원소가 같은 원소 기호를 가질 수는 없다. 원소 기호는 중복되지 않는다.

03 마그네슘은 Mg, 염소는 Cl, 플루오린은 F, 칼륨은 K, 질소는 N, 나트륨은 Na이다. 따라서 원소의 이름과 원소 기호가 옳게 짝 지어진 것은 ㄱ, ㄴ, ㄹ이다.

### 자료 다시 보기 여러 가지 원소의 원소 기호

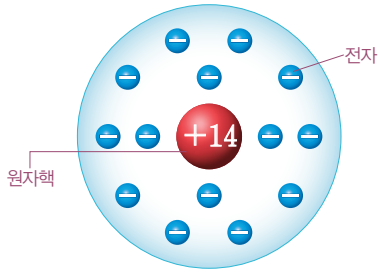
원소 이름	원소 기호	원소 이름	원소 기호
마그네슘	Mg	염소	Cl
플루오린	F	칼륨	K
질소	N	나트륨	Na
철	Fe	탄소	C

- 원소 기호란 원소를 간단한 기호로 나타낸 것이다.
- 라틴어나 영어로 된 원소 이름의 첫 글자를 알파벳의 대문자로 나타낸다.
- 첫 글자가 같을 때는 중간 글자를 택하여 첫 글자 다음에 소문자로 나타낸다.

04 원자 모형의 중앙에 +14라고 표시되어 있으므로, 양성자 수가 14임을 알 수 있다. 또한 주변에 음전하의 전자가 14개 그려져 있으므로 전자 수도 14이다. 따라서 이 원자 모형은 원자 번호 14번인 규소(Si)에 해당한다.

### 오답 체크

- ① 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있고 양성자는 양전하를 띠고 있으므로 원자핵도 양전하를 띤다.
- ② 양성자수는 14이다.
- ③ 중성 원자에서 양성자수는 전자 수와 같다.
- ④ 중성자는 전하를 띠지 않는다.



- 원자의 중심에는 원자핵이 있고, 원자핵 주위에서 전자가 움직인다.
- 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다.
- 원자 모형을 나타낼 때 원자 모형 중앙의 동그라미 안 숫자는 원자핵의 전하량을 의미한다.  $\rightarrow$  규소(Si)는 양성자수가 14이므로 원자핵의 전하량이 +14이다.
- 한 원자에서 양성자수는 전자 수와 같으므로 원자는 전기적으로 중성이다.  $\rightarrow$  규소(Si)는 양성자수가 14이므로 전자 수도 14이다.

05 주기율표는 원자 번호에 따라 원소를 배열한 것으로 가로줄을 주기, 세로줄을 족이라고 한다.

- ② 수소는 원자 번호 1번으로 양성자수와 전자 수 모두 1이다.
- ③ ①은 주기율표의 주기이다.
- ④ 리튬과 나트륨 모두 1족 원소이다.
- ⑤ ④은 주기율표의 족이다.

오답 체크

① 전자 수는 원자 번호가 큰 K이 19로, 전자 수가 18인 Ar보다 많다.

자료 다시 보기 주기율표

	족							
④	1	2	13	14	15	16	17	18
①	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca						
	주기							

- 주기율표는 원소들을 원자 번호(양성자수)가 증가하는 순으로 나열하다가 화학적 성질이 비슷한 원소를 같은 세로줄에 오도록 배열한 표이다.
- 주기율표는 18개의 족과 7개의 주기로 되어 있다.
- 같은 족에 속한 원소들은 성질이 유사하다.

최상위 도전 문제

73~74쪽

- 01 ④    02 ⑤    03 ③    04 ④    05 ②  
 06 ③    07 ⑤    08 ③    09 ③

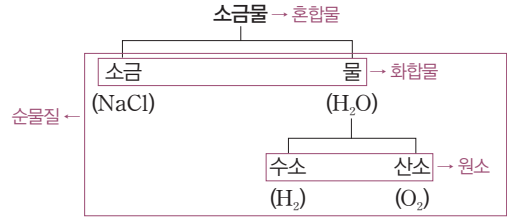
- 01 ① 물은 수소와 산소가 결합한 화합물이다.  
 ② 산소(O<sub>2</sub>)는 한 종류의 원소로만 이루어진 원소이다.  
 ③ 소금물은 소금과 물이 섞여 있는 혼합물이다.

⑤ 소금은 나트륨과 염소가 일정한 비로 결합한 화합물이며 순물질이다.

오답 체크

④ 수소(H<sub>2</sub>)는 화합물이 아닌 원소이다.

자료 다시 보기 물질의 분류



- 화합물은 두 종류의 입자가 모여 만들어진 물질을 말한다.
- 원소는 한 종류의 입자로 이루어진 물질을 말한다.

02 현재까지 알려진 원소의 종류는 118가지이고 자연에서 발견된 것이 대부분이지만 20여 가지는 인공적으로 만들어진 것이다.

03 원소는 한 종류의 입자로 이루어진 물질로 더는 다른 물질로 분해되지 않으면서 물질을 이루는 기본 성분으로 그 예로 탄소(C)가 있다. 화합물은 두 가지 이상의 원소가 결합하여 만들어진 것이다.

오답 체크

③ 자연 상태에서 일부 원소는 단독으로 존재하지만, 대부분 원소는 화합물의 형태로 존재한다.

04 중성 원자의 전자 수는 원자 번호와 일치하므로 A는 아르곤(Ar), B는 수소(H), C는 염소(Cl), D는 칼슘(Ca)이다. 원소의 원자핵 전하량은 양성자수(원자 번호)와 비례하므로 A가 C보다 크다.

오답 체크

ㄴ. B의 중성자수는 2이다.

자료 다시 보기 중성자수와 원자 번호

원자	전자 수	원자 번호	중성자수
A → Ar	18	18	18
B → H	1	1	2
C → Cl	17	17	19
D → Ca	20	20	20

- 중성 원자에서 전자 수는 원자 번호와 같다.
- 중성자수는 원자 번호와 관련이 없다.

05 라부아지에의 실험은 뜨거운 주철관에 물을 통과시켜 주철관의 철과 물에서 분해된 산소가 결합해 주철관의 질량이 증가하는 것을 토대로 물이 분해될 수 있음을 증명하였다.

오답 체크

ㄱ. 라부아지에는 물이 분해될 수 있음을 보여 물이 원소가 아님을 증명했다.

ㄷ. 주철관은 물에서 분해되어 나온 산소와 결합하므로 질량이 증가하는데, 반응 전후 증가한 주철관의 질량은 반응에 사용된 물의 질량보다 작다.

06 (가): 철(Fe)은 금속 원소로 단단하고 강도가 커 건물이나 다리의 철근 등에 사용된다.

(나): 구리(Cu)는 금속 원소로 전기 전도성이 뛰어나 전류를 잘 흐르게 하여 전선 등에 활용된다.

(다): 탄소(C)는 다이아몬드를 이루는 구성 물질로 비금속 원소이다.

오답 체크

원소 기호 Ca는 칼슘, F는 플루오린, Au는 금, S는 황, Al은 알루미늄이다.

07 원자는 물질을 이루는 가장 기본적인 입자이며, 크기가 매우 작다. 원자의 중심에는 원자핵이 존재하며, 원자핵의 주위를 전자가 빠른 속도로 특정한 궤도를 따라 운동하고 있다. 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다. 이 중 양성자는 (+)전하를 띠며, 중성자는 전하를 띠지 않는다. 반면, 원자핵 주위를 운동하는 전자는 (-)전하를 띤다. 한 원자 안에서 양성자의 수와 전자의 수는 항상 같으며, 이 때문에 양성자의 (+)전하와 전자의 (-)전하가 서로 상쇄된다. 따라서 원자는 전기적으로 중성 상태를 유지한다. 즉, 원자는 전하를 띠지 않으며, 원자가 전자를 잃거나 얻어야만 이온이 되어 전하를 띠게 된다.

오답 체크

- ① 원자핵에 존재하는 중성자는 전하를 띠지 않는다.
- ④ 원자핵은 원자핵에 존재하는 양성자에 의해 (+)전하를, 전자는 (-)전하를 띤다.

08 A는 수소(H), B는 알칼리 금속 원소, C는 2족 원소, D는 2주기 비금속 원소, E는 18족 원소 영역이다. 이때, C 영역에 속한 원소들의 양성자수 합은  $36(=4(\text{베릴륨})+12(\text{마그네슘})+20(\text{칼슘}))$ 이고, D 영역에 속한 원소들의 양성자수 합은  $24(=7(\text{질소})+8(\text{산소})+9(\text{플루오린}))$ 이다.

오답 체크

ㄱ. A(H)는 다른 원소들과 활발히 반응한다.  
ㄴ. E 영역의 비활성 기체 원소들은 다른 물질과 반응하지 않으므로, 반응성이 큰 알칼리 금속 영역의 B 원소들과도 반응하지 않는다.

09 원자핵의 전하량은 양성자수와 같고, 양성자수는 원자 번호와 같다. 또한 중성 원자에서 원자 번호는 전자 수와도 같다. 따라서 A는 질소(N), B는 탄소(C), C는 염소(Cl),

D는 마그네슘(Mg)이다.

ㄷ. A의 양성자수는 7, B의 양성자수는 6이다. 따라서 양성자수는  $A > B$ 이다.

오답 체크

ㄴ.  $\oplus = +17$ ,  $\ominus = 7$ ,  $\ominus = 12$ 이므로  $\oplus + \ominus + \ominus = 36$ 이다.

자료 다시 보기 미지의 원소

구분	A → N	B → C	C → Cl	D → Mg
원자핵 전하량	+7	+6	$\oplus = +17$	+12
전자 수	$\ominus = 7$	6	17	$\ominus = 12$

- 원자핵 전하량으로 원자 번호를 알 수 있다.
- 원자는 전기적으로 중성이므로 양성자수와 전자 수가 같다.
- 원자 번호 = 양성자수 = 전자 수

◆ 서술형 문제

75쪽

- 01 (1)(+)극: 산소, (-)극: 수소 (2)해설 참조
- 02 (1)(가) > (나) (2)해설 참조
- 03 (1) (가): He, (나): Cl, (다): C (2)원자핵 전하량, 원자 번호, 양성자수, 전자 수
- 04 (1)해설 참조 (2)해설 참조

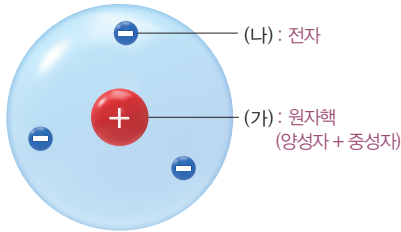
01 **모범 답안** (1) 물은 원소가 아니며 전기를 흘려 주면 수소와 산소로 분해되는 화합물이다. 물을 전기 분해하면 (+)극에는 산소 기체가 모이고, (-)극에는 수소 기체가 모인다. 이때, 순수한 물은 전기가 잘 통하지 않아 분해가 잘 일어나지 않는다. 그리하여 물의 전기 분해 실험을 할 때에 물에 소량의 수산화 나트륨과 같은 전해질을 섞어 준다. 전해질이 물에 녹으면 이온을 만들어 전류가 흐를 수 있게 하고, 그 결과 물이 더 잘 전기 분해된다.  
(2) 수산화 나트륨은 전해질로, 전기를 잘 흐르게 하여 물이 더 잘 분해되도록 한다.

	채점 기준	배점
(1)	(+)극과 (-)극에서 발생하는 기체를 각각 옳게 쓴 경우	20%
(2)	수산화 나트륨이 전해질임을 설명하고, 물의 전기 전도성을 높이기 위해 넣는다고 서술한 경우	80%
	물의 전기 전도성을 높이기 위해 넣는다고만 서술한 경우	60%

02 **모범 답안** (1) 전자 한 개의 질량은 양성자나 중성자 한 개의 질량의 약  $\frac{1}{1837}$ 배 정도로 매우 작다. 따라서 원자핵인 (가)가 전자인 (나)보다 질량이 더 크다.  
(2) (가)의 전하량은 +3이다. 원자는 전기적으로 중성이므로 원자핵의 (+)전하량과 전자들의 총 (-)전하량이 같다. 따라서 그림 속 원자의 전자가 3개이므로 (가)의 전하량은 +3이다.

채점 기준		배점
(1)	원자핵의 질량과 전자의 질량을 옮겨 비교한 경우	30%
(2)	(가)의 전하량과 그렇게 생각한 깨닭을 모두 옮겨 서술한 경우	70%
	(가)의 전하량만 옮겨 쓴 경우	35%

자료 다시 보기 원자의 구조



- (가)는 원자핵으로 원자의 중심에 위치하고, (나)는 전자로 원자핵 주위에서 움직인다.
- (가) 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있으며, 양성자는 전기적으로 (+)전하를 띠고, 중성자는 전하를 띠지 않는다.
- (나) 전자는 (-)전하를 띠고 있으며 양성자나 중성자와 비교해 질량이 매우 작다.

03 **모범 답안** (1) (가)는 비행선의 충전 기체로 가벼우면서도 안정한 기체인 헬륨(He)이다.

(나)는 수도물을 소독할 때 사용하는 염소(Cl)이다. 염소는 세균을 죽이는 성질이 있어, 수도물을 깨끗하게 만드는 데 쓰인다.

(다)는 연필심이나 숯의 성분인 탄소(C)이다.

(2) (가)는 원자 번호 2번인 헬륨(He)이고, (나)는 원자 번호 17번인 염소(Cl)이다.

구분	원자핵 전하량	원자 번호	양성자수	전자 수	전자의 총 전하량
(가): 헬륨(He)	+2	2	2	2	-2
(나): 염소(Cl)	+17	17	17	17	-17

채점 기준		배점
(1)	(가)~(다)에 해당하는 원소 기호를 모두 옮겨 쓴 경우	60%
	(가)~(다)에 해당하는 원소 기호를 두 개만 옮겨 쓴 경우	40%
	(가)~(다)에 해당하는 원소 기호를 한 개만 옮겨 쓴 경우	20%
(2)	원소 (나)가 (가)보다 큰 것을 <보기>에서 있는 대로 쓴 경우	40%

04 **모범 답안** (1) (가)의 원소들은 주기율표의 1족에 속한 원소이고, (나)의 원소들은 주기율표의 18족에 속한 원소이다.

(2) (가) 원소들은 모두 칼로 자를 수 있을 정도로 무르고, 물이나 산소와 잘 반응한다.

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나)를 분류한 기준을 주기율표의 족과 관련지어 옮겨 서술한 경우	50%
(2)	(가)의 원소들이 가지는 공통적인 성질을 한 가지 이상 옮겨 서술한 경우	50%

수능 맞보기

76~77쪽

1-1 ④    1-2 ③    2-1 ④    2-2 ③

1-1 자료 분석

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2	ⓐ→C				D→㉔		㉓→A	
3	㉑→E						㉒→B	

- A와 B는 같은 족 원소이다. → A와 B는 ㉑, ㉒, ㉓, ㉔ 중 하나이다.
- B와 E는 3주기 원소이다. → B와 E는 ㉑, ㉒ 중 하나이다.
- 원자 번호는 A가 D보다 크다. → A는 ㉑이 아니다. 따라서 A는 ㉒, B는 ㉑, E는 ㉓이다.
- 원자핵의 양성자수는 D가 C보다 크다. → C는 ㉑, D는 ㉔이다.

보기 분석

ㄱ. (x) ㉑은 C이다.

ㄴ. (o) C와 E는 각각 ㉑, ㉓로 같은 1족 알칼리 금속 원소이다. 따라서 화학적 성질이 비슷하다.

ㄷ. (o) 물은 산소와 수소로 분해된다. 따라서 물을 분해하면 ㉒인 산소가 생성된다.

1-2 자료 분석

주기 \ 족	1	14	17
1	H		
2	Li	C	F

→ 같은 2주기 원소들은 전자가 채워진 전자 껍질 수가 2로 같다.

- 족은 주기율표의 세로줄로 같은 족 원소는 화학적 성질이 비슷하다.
- 주기는 주기율표의 가로줄로 같은 주기 원소는 전자가 채워진 전자 껍질 수가 같다. → 주기 번호와 전자가 채워진 전자 껍질 수는 같다.

보기 분석

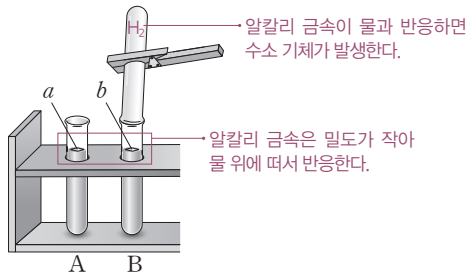
ㄱ. (o) 수소와 리튬은 같은 1족 원소이다.

ㄴ. (x) 수소와 리튬은 같은 1족 원소이지만, 수소는 비금속 원소, 리튬은 금속 원소로 화학적 성질이 비슷하지 않다.

ㄷ. (o) C와 F는 같은 2주기 원소로, 전자가 채워진 전자 껍질 수가 2로 같다.

2-1

자료 분석



- 알칼리 금속은 반응성이 커 물과 격렬하게 반응한다.
- 알칼리 금속은 물과 반응해 수소 기체를 발생시키는데 이를 확인해 보기 위해 생성물을 가까이 대면 '퍽' 소리가 난다.

보기 분석

- ㄱ. (x) (가)에서 발생한 기체는 수소이다.
- ㄴ. (o) 알칼리 금속은 반응성이 커 공기 중의 산소나 물과 쉽게 반응하므로 석유에 넣어 보관해야 한다.
- ㄷ. (o) a, b는 알칼리 금속으로 주기율표의 1족 원소이다.

2-2

자료 분석

**[실험 과정 및 결과]** 알칼리 금속은 칼로 자를 수 있을 만큼 무르다.

(가) 물기가 없는 유리판에 Na를 올려놓고 칼로 자른 후 단면을 살펴보면 은백색 광택이 곧 사라졌다. 알칼리 금속은 공기 중 산소와 빠르게 반응한다.

(나) 물이 들어 있는 비커에 쌀알 크기의 Na를 넣었더니, 격렬하게 반응하였다. 알칼리 금속은 물과 반응해 수소 기체를 발생시킨다.

- 알칼리 금속은 같은 1족 원소로 비슷한 화학적 성질을 갖는다.
- 알칼리 금속은 칼로 자를 수 있을 만큼 무르고 산소, 물과 잘 반응한다.

보기 분석

- ㄱ. (o) 나트륨은 알칼리 금속으로 공기 중의 산소와 반응하면 금속 표면의 광택을 잃는다.
- ㄴ. (o) 나트륨과 같은 알칼리 금속은 물과 쉽게 반응하기 때문에 물에 닿지 않도록 석유 등에 넣어 보관한다.
- ㄷ. (x) 나트륨과 수소는 같은 1족 원소이지만, 나트륨은 금속 원소, 수소는 비금속 원소로 화학적 성질이 유사하지 않다.

# 07 물질을 이루는 입자

탐구 확인하기

83쪽

01 ⑤    02 ④    03 ②    04 ③

**01** 과망가니즈산 칼륨 수용액에는 과망가니즈산 이온( $MnO_4^-$ )과 칼륨 이온( $K^+$ )이 존재하며 각 이온은 자신과 반대 전하를 띤 전극 쪽으로 이동한다. 따라서 보라색을 띠고 있는 과망가니즈산 이온은 (+)극으로, 칼륨 이온은 (-)극으로 이동한다.

오답 체크

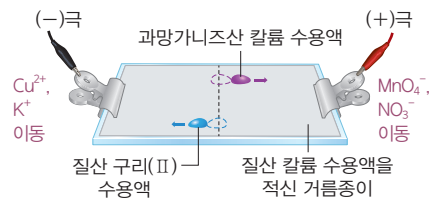
⑤ 전류를 잘 흘려주기 위해 질산 칼륨( $KNO_3$ )을 넣는데, 여기에서 나온 질산 이온( $NO_3^-$ )은 색을 띠지 않아 이동하는 것을 눈으로 관찰할 수 없다.

**02** 과망가니즈산 이온( $MnO_4^-$ )은 보라색, 구리 이온( $Cu^{2+}$ )은 파란색을 띠고 있다.

오답 체크

- ① 질산 이온( $NO_3^-$ )은 무색이다.
- ② 칼륨 이온( $K^+$ )은 정전기적 인력에 의해 자신과 반대 전하인 (-)극 쪽으로 이동한다.
- ③ 구리 이온( $Cu^{2+}$ )은 자신과 반대 전하인 (-)극 쪽으로 이동한다.
- ⑤ 전극의 위치를 바꾸면 이온의 이동 방향이 이전과 반대가 된다.

자료 다시 보기    전기력을 이용한 이온의 이동 관찰



- 보라색을 띠는 과망가니즈산 이온( $MnO_4^-$ )은 자신과 반대 전하인 (+)극 쪽으로 이동한다.
- 파란색을 띠는 구리 이온( $Cu^{2+}$ )은 자신과 반대 전하인 (-)극 쪽으로 이동한다.
- 전류를 흘려주었을 때 이온이 이동하는 것을 보고 이온이 전하를 띠고 있음을 알 수 있다.

**03** 이온은 전하를 띠고 있어 전류를 흘려주면 자신과 반대 전하를 띤 전극 쪽으로 이동한다. 양이온은 (-)극으로, 음이온은 (+)극으로 이동한다. 따라서 (+)극 쪽으로는 음전하를 띤 과망가니즈산 이온( $MnO_4^-$ ), 황산 이온( $SO_4^{2-}$ ), 질산 이온( $NO_3^-$ )이 끌려가고 (-)극 쪽으로는 양전하를 띤 칼륨 이온( $K^+$ ), 구리 이온( $Cu^{2+}$ )이 끌려간다.

04 과망가니즈산 칼륨 수용액을 이용해 실험을 진행하면 보라색을 띤 과망가니즈산 이온( $MnO_4^-$ )이 (+)극으로 이동하므로 보라색은 B쪽으로 이동한다. 또한 황산 구리(II) 수용액을 이용해 실험을 진행하면 파란색을 띤 구리 이온( $Cu^{2+}$ )이 (-)극으로 이동하므로 파란색은 A쪽으로 이동한다.

**오답 체크**

③ 질산 칼륨에서 나온 칼륨 이온( $K^+$ )도 정전기적 인력에 의해 자신과 반대 전하를 띤 (-)극 쪽으로 이동한다.

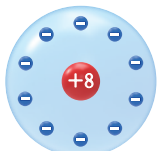
**실력플러스 문제**

84쪽

01 ⑤    02 ③    03 ①    04 ④

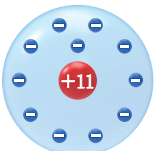
01 (가)는 산소 원자가 전자 2개를 얻고 생성된 산화 이온( $O^{2-}$ )이고 (나)는 나트륨(Na) 원자이다. 황산 이온( $SO_4^{2-}$ )은 (가)와 같이 음전하를 띠고 있다.

**자료 다시 보기** 원자 모형



전자 수: 10  
양성자수: 8  
→ (+)전하량 < (-)전하량  
→  $O^{2-}$  이온

(가)



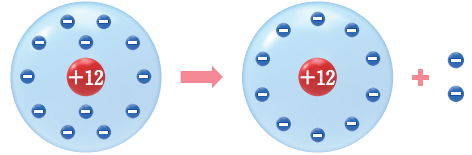
전자 수: 11  
양성자수: 11  
→ (+)전하량 = (-)전하량  
→ Na 원자

(나)

- 원자는 원자핵을 구성하는 양성자수에 따라 종류가 달라진다.
- 한 원자에서 원자핵의 (+)전하량과 전자들의 총 (-)전하량이 같으므로 원자는 전기적으로 중성이다.

02 마그네슘(Mg)은 원자 번호 12번인 원소로, 양성자수가 12이다. 원자핵 주위에는 12개의 전자가 운동하고 있으며 이 중 전자 2개를 잃으면 마그네슘 이온( $Mg^{2+}$ )이 되어 10개의 전자를 갖게 된다. 따라서 원자핵의 양성자수가 12이고 전자 수가 10인 입자는 ③이다.

**자료 다시 보기** 양이온의 생성



- 전기적으로 중성인 원자가 전자를 잃으면 양이온이 되고, 전자를 얻으면 음이온이 된다.
- 양이온은 원자가 전자를 잃어 (+)전하를 띤 입자로, (+)전하량 크기가 (-)전하량 크기보다 크다.
- 음이온은 원자가 전자를 얻어 (-)전하를 띤 입자로, (-)전하량 크기가 (+)전하량 크기보다 크다.

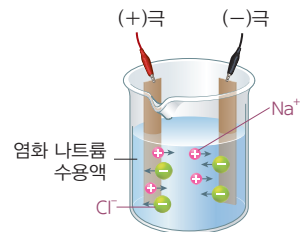
03 원소는 한 종류의 입자로 이루어진 물질로 더는 다른 물질로 분해되지 않으면서 물질을 이루는 기본 성분이다. 원자는 원소를 구성하는 입자이며 분자는 두 개 이상의 원자가 결합하여 만들어진 입자를 말한다.

04 염화 나트륨 수용액에는 양전하를 띤 나트륨 이온( $Na^+$ )과 음전하를 띤 염화 이온( $Cl^-$ )이 존재한다. 염화 나트륨 수용액에 전원 장치를 연결하면 나트륨 이온은 (-)극으로 염화 이온은 (+)극으로 이동한다. 이때, 염화 나트륨 수용액에서 나트륨 이온과 염화 이온은 자유롭게 이동할 수 있으므로 전류가 흐른다.

**오답 체크**

④ (+)극과 (-)극의 위치를 서로 바꾸면 이온의 이동 방향도 반대로 바뀐다.

**자료 다시 보기** 이온의 전기적 성질



- 염화 나트륨을 물에 녹이면 나트륨 이온( $Na^+$ )과 염화 이온( $Cl^-$ )으로 나누어진다.
- 양전하를 띤 나트륨 이온( $Na^+$ )은 정전기적 인력에 의해 (-)극 쪽으로 이동한다.
- 음전하를 띤 염화 이온( $Cl^-$ )은 정전기적 인력에 의해 (+)극 쪽으로 이동한다.

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

01 (가)는 마그네슘(Mg) 원자가 전자 두 개를 잃고 생성된 마그네슘 이온( $Mg^{2+}$ )이고, (나)는 플루오린(F) 원자가 전자 한 개를 얻고 생성된 플루오린화 이온( $F^-$ )이다. 마그네슘 이온의 전자 수는 10이고, 플루오린화 이온의 전자 수도 10이다.

오답 체크

ㄱ. 과망가니즈산 이온은  $MnO_4^-$ 이다.  
 ㄴ. (나)는 플루오린화 이온이며 철 이온은 산화 상태에 따라  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ 으로 나타낸다.

02 이온은 원자가 전자를 잃거나 얻었을 때 생성된다. 양이온은 원자가 전자를 잃어 (+)전하를 띠는 입자로, 원자핵의 (+) 전하량이 전자들의 총 (-)전하량보다 크다. 음이온은 원자가 전자를 얻어 (-)전하를 띠는 입자로 원자핵의 (+)전하량보다 전자들의 총 (-)전하량이 더 크다.

오답 체크

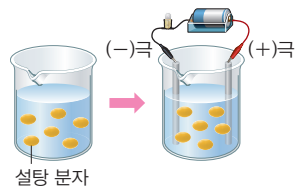
- ① 이온은 전기적으로 중성인 원자가 전자를 잃거나 얻어 전하를 띤 입자이다.
- ② 원자가 이온이 되면 원자핵의 전하량은 변하지 않고, 전자 수가 달라진다.
- ③ 칼슘 이온( $Ca^{2+}$ )은 칼슘 원자가 전자를 2개 잃고 형성된다.
- ④ 이온이 들어 있는 수용액은 전하를 띤 입자인 이온이 자유롭게 움직일 수 있으므로 전기가 통한다.

03 ㉠=3, ㉡=+3, ㉢=2이다. 리튬은 원자 번호 3번으로 양성자수와 전자 수 모두 3이다. 리튬은 전자 1개를 잃고 리튬 이온( $Li^+$ )이 되며 이때 전자 수는 2이다. 이온이 형성될 때 이동하는 것은 전자로, 양성자수가 변하지 않으므로 원자핵의 (+)전하량은 변하지 않는다.

04 수용액에 이온이 녹아 있으면 전기가 통하고, 분자로 이루어진 물질이 녹아 있으면 대체로 전기가 통하지 않는다.

오답 체크

④ 설탕은 물에 녹아도 이온으로 나뉘지 않고 분자 상태로 존재하므로 설탕을 더 녹여도 전기가 통하지 않는다.



설탕 분자

- 설탕은 설탕 분자( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )로 이루어져 있으며, 물에 녹아 분자 상태로 존재한다.
- 수용액에 이온이 녹아 있으면 전기가 통하고, 분자로 이루어진 물질이 녹아 있으면 전기가 통하지 않는다.

05 A, B, C, D의 화학식은 각각 Li, Mg,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ 이다. 양이온은 양성자수가 전자 수보다 많아 양전하를 띤다. A~D 중 양이온은 C, D이다.

자료 다시 보기 원자와 이온

입자	A (=Li)	B (=Mg)	C (= $Mg^{2+}$ )	D (= $K^+$ )
양성자의 개수(개)	3	12	12	19
중성자의 개수(개)	4	13	13	22
전자의 개수(개)	3	12	10	18

- 원소 종류는 양성자수에 의해 결정되며 중성자 수가 달라도 양성자수가 같으면 같은 원소이다.
- 한 원자에서 양성자수는 전자 수와 같으므로 원자는 전기적으로 중성을 띠는데, 이때 원자가 전자를 잃으면 양이온이 되고, 전자를 얻으면 음이온이 된다.

06 황산 구리(II) 수용액에서 나온 파란색  $Cu^{2+}$ 은 양전하를 띠고 있으며 (-)극 쪽으로 이동한다. 따라서 (A)가 (-)극, (B)가 (+)극이다. 이때 전극을 반대로 바꾸면  $Cu^{2+}$ 의 이동 방향도 반대로 바뀌기 때문에 파란색이 이동하는 방향도 이전과 바뀐다. 또한 질산 구리(II) 수용액에도  $Cu^{2+}$ 이 존재하므로 파란색이 A 방향으로 이동하는 것을 관찰할 수 있다.

오답 체크

ㄱ. A는 (-)극이다.

07 (가), (나)는 원자핵의 전하량이 +3이므로 양성자수가 3이고, (다)는 원자핵의 전하량이 +8이므로 양성자수가 8이다. 따라서 (가)와 (나)는 Li 원자, (다)는 O 원자임을 알 수 있다. 이때 (가)는 전자 수가 2이므로 리튬 원자가 전자 1개를 잃어 양이온이 된 것으로,  $Li^+$ 로 나타낼 수 있다. 반면 (다)는 전자 수가 10이므로 산소 원자가 전자 2개를 얻어 음이온이 된 것으로,  $O^{2-}$ 로 나타낼 수 있다.

구분	(가)	(나)	(다)
모형			
양성자수	3	3	8
전자수	2	3	10
(+)전하량과 (-)전하량의 비교	(+)전하량 > (-)전하량	(+)전하량 = (-)전하량	(+)전하량 < (-)전하량

- 양이온은 원자가 전자를 잃어 (+)전하를 띠는 입자로, 원자핵의 (+)전하량이 전자들의 총 (-)전하량보다 크다.
- 음이온은 원자가 전자를 얻어 (-)전하를 띠는 입자로, 원자핵의 (+)전하량이 전자들의 총 (-)전하량보다 작다.

08

구분	(가) 2NH <sub>3</sub>	(나) 3CO <sub>2</sub>	(다) CH <sub>3</sub> OH
구성 원소	N, H	C, O	C, H, O
분자 1개를 구성하는 원자 개수	4	3	6
전체 분자 수	2	3	1
전체 원자 수	8	9	6

오답 체크

ㄱ. (가), (나)는 두 종류, (다)는 세 종류의 원소로 구성되어 있다.  
 ㄴ. 전체 원자 수가 가장 많은 것은 (나)이다.

09

물질은 원자로 이루어진 물질과 분자로 이루어진 물질로 나눌 수 있다. 이산화 탄소는 탄소 원자 한 개와 산소 원자 두 개가 결합하여 만들어진 분자이다.

오답 체크

- ① 일부 물질은 단일 원자로 이루어져 있거나, 한 종류 원자들이 결합해 이루어진 물질도 존재한다.
- ② 철(Fe)은 많은 철 원자들이 규칙적으로 배열되어 있는 원자로 이루어진 물질이다.
- ③ 분자는 두 개 이상의 원자가 결합하여 만들어진 물질이다.
- ⑤ 물과 과산화 수소는 각각의 분자가 같은 종류의 원자로 이루어져 있으나 입자의 구성 비율이 다르므로 물질의 성질이 다르다.

◆ 서술형 문제

- 01 원자로 이루어진 물질: ㄱ, ㄴ, ㄷ, 분자로 이루어진 물질: ㄴ, ㄷ, ㄹ
- 02 해설 참조
- 03 (1) ㉠: 3, ㉡: +3, ㉢: 2 (2) 해설 참조
- 04 (1) (가) (2) 해설 참조
- 05 (1) 이동하는 색: 보라색, 이동하는 이온:  $MnO_4^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  (2) 이동하는 색: 파란색, 이동하는 이온:  $K^+$ ,  $Cu^{2+}$

01

**모범 답안** 원자로 이루어진 물질은 원자가 그 물질의 성질을 나타낸다. 또한 분자로 이루어진 물질은 두 개 이상의 원자가 결합한 분자로 이루어지며 분자가 그 물질의 성질을 나타낸다. 문제에서 원자로 이루어진 물질은 ㄱ, ㄴ, ㄷ이며 분자로 이루어진 물질은 ㄴ, ㄷ, ㄹ이다.

채점 기준	배점
원자로 이루어진 물질과 분자로 이루어진 물질을 옳게 구분하여 쓴 경우	100%

02

**모범 답안** 철을 이루는 입자는 한 종류의 원자이고, 암모니아를 이루는 입자는 두 종류 이상의 원자로 이루어진 분자이다.

채점 기준	배점
철을 이루는 입자와 암모니아를 이루는 입자의 차이점을 옳게 서술한 경우	100%
철을 이루는 입자와 암모니아를 이루는 입자의 차이점을 부분적으로 옳게 서술한 경우	50%

03

**모범 답안** (1) 리튬 원자는 원자핵의 전하량이 +3이고 양성자수와 전자 수가 각각 3이다. 리튬 원자가 전자 1개를 잃어 리튬 이온이 되면, 원자핵의 전하량은 여전히 +3으로 같지만 전자 수는 2가 되어 원자핵의 (+)전하량이 전자들의 총 (-)전하량보다 크므로 양이온이 된다.  
 (2) 양이온이다. 원자가 이온이 될 때 전자 1개를 잃어 원자핵의 (+)전하량이 전자들의 총 (-)전하량보다 크기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	㉠, ㉡, ㉢에 들어갈 숫자를 모두 옳게 쓴 경우	40%
	㉠, ㉡, ㉢에 들어갈 숫자를 2개만 옳게 쓴 경우	20%
(2)	이온 A가 어떤 이온인지와 그렇게 생각한 까닭을 옳게 서술한 경우	60%
	이온 A가 어떤 이온이지만 옳게 서술한 경우	30%

04

**모범 답안** (1) 수용액에 이온이 녹아 있으면 전기가 통하고, 분자로 이루어진 물질이 녹아 있으면 전기가 통하지 않는다. 염화 나트륨 수용액에는  $Na^+$ 과  $Cl^-$ 이 존재하므로 수용액에 전기가 통하고, 설탕이 녹은 수용액에는 이온이 존재하지 않으므로 전기가 통하지 않는다.  
 (2) 분자로 이루어진 물질은 수용액 상태에서 전기가 통하

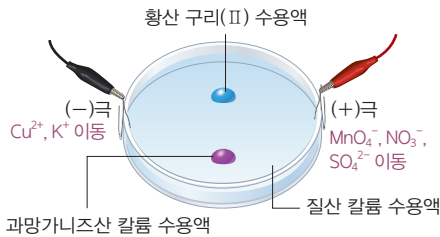
지 않지만, 이온으로 이루어진 물질은 수용액 상태에서 전기가 통한다.

채점 기준		배점
(1)	전기가 통하는 수용액을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	수용액의 전기 전도성을 이온과 분자의 차이를 들어 옳게 서술한 경우	70 %

**05** **모범 답안** (1), (2) 수용액에 전류를 흐르게 하면 음이온은 (+)극 쪽으로, 양이온은 (-)극 쪽으로 이동한다. 황산 구리(II) 수용액에는  $\text{Cu}^{2+}$  이 있어 (-)극 쪽으로 이동하는데, 이 이온이 파란색을 띠므로 파란색이 (-)극 쪽으로 이동하는 모습을 관찰할 수 있다. 반면 과망가니즈산 칼륨 수용액에는  $\text{MnO}_4^-$  이 있어 (+)극 쪽으로 이동하며, 이 이온이 보라색을 띠므로 보라색이 (+)극 쪽으로 이동하는 모습을 관찰할 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	(+)극 쪽으로 이동하는 색과 이온을 모두 옳게 쓴 경우	50 %
	(+)극 쪽으로 이동하는 색과 이온 중 하나만 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	(-)극 쪽으로 이동하는 색과 이온을 모두 옳게 쓴 경우	50 %
	(-)극 쪽으로 이동하는 색과 이온 중 하나만 옳게 쓴 경우	20 %

**자료 다시 보기** 이온의 이동



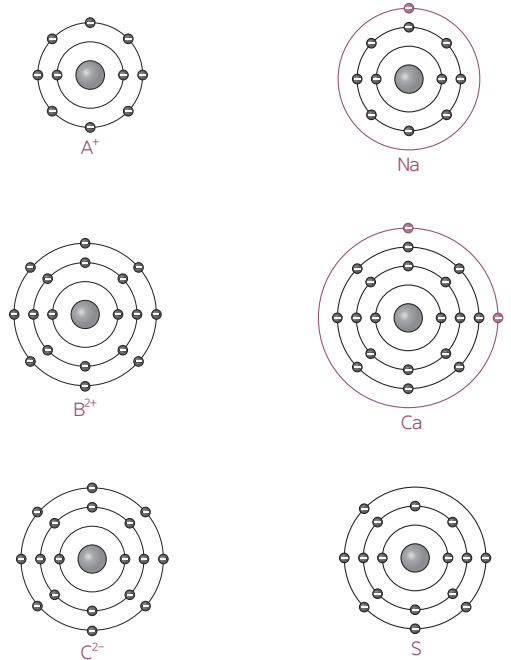
- 파란색은 (-)극으로, 보라색은 (+)극으로 이동한다.
- 질산 칼륨에서 나온  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  도 각각 (-)극, (+)극으로 이동한다.

**수능 맛보기**

88~89쪽

- 1-1 ①    1-2 ③    2-1 ①    2-2 ③

**1-1** 자료 분석

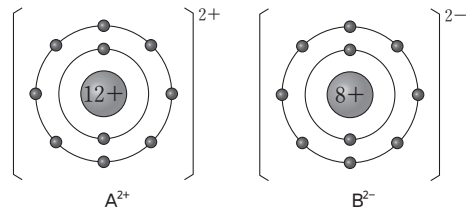


- A는 전자 한 개를 잃고  $\text{A}^+$  이 되었다. 원래 전자 수는 11이며 A는 Na이다.
- B는 전자 두 개를 잃고  $\text{B}^{2+}$  이 되었다. 원래 전자 수는 20이며 B는 Ca이다.
- C는 전자 두 개를 얻고  $\text{C}^{2-}$  이 되었다. 원래 전자 수는 16이며 C는 S이다.

**보기 분석**

- ㄱ. (○) 화합물  $\text{A}_2\text{C}$ 는  $\text{A}^+$ 과  $\text{C}^{2-}$ 이 2:1의 개수비로 결합한 이온 결합 물질이다.
- ㄴ. (×) B는 4주기, C는 3주기 원소로 서로 다른 주기 원소이다.
- ㄷ. (×) B와 C가 이온 결합하여 만들어진 이온 결합 물질은 고체 상태에서 이온들이 자유롭게 움직일 수 없으므로 전기 전도성이 없다.

**1-2** 자료 분석

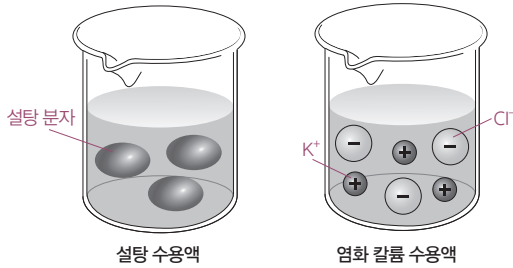


- 화합물 AB는  $\text{A}^{2+}$ 과  $\text{B}^{2-}$ 이 1:1의 개수비로 이온 결합하여 만들어진 이온 결합 물질이다.
- A는 양성자수가 12인 마그네슘(Mg)이다.
- B는 양성자수가 8인 산소(O)이다.
- 이온 결합 물질은 녹는점, 끓는점이 비교적 높아 실온에서 대부분 고체 상태이며 물에 잘 녹는 특성이 있다.

보기 분석

- ㄱ. (○) 화합물 AB는 이온 결합 물질이다.  
 ㄴ. (×) A는 마그네슘으로 주기율표상의 2족 원소이고, B는 산소로 16족 원소이다.  
 ㄷ. (○) 화합물 AB는 이온 결합 물질로 물에 잘 녹는다.

2-1 자료 분석

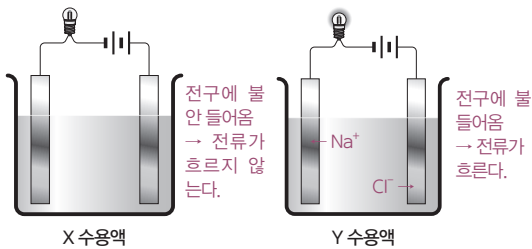


- 공유 결합 물질인 설탕은 물에 녹아도 분자 상태로 존재하므로 수용액 상태에서 전기 전도성이 없다.
- 이온 결합 물질인 염화 칼륨은 물에 녹으면 이온으로 나뉘고, 이 이온들이 자유롭게 움직일 수 있으므로 수용액 상태에서 전기 전도성이 있다.

보기 분석

- ㄱ. (×) 설탕은 공유 결합 물질이다.  
 ㄴ. (○) 염화 칼륨은 금속 원소인 칼륨이 전자를 잃고, 비금속 원소인 염소가 전자를 얻어 형성된 이온 결합 물질이다.  
 ㄷ. (×) 염화 칼륨 수용액은 수용액에서  $K^+$ 과  $Cl^-$ 이 자유롭게 움직일 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

2-2 자료 분석



- 공유 결합 물질인 설탕은 물에 녹아 분자 상태로 존재하므로 전기 전도성이 없다.
- 이온 결합 물질인 염화 나트륨은 물에 녹아 이온으로 나누어지므로 전기 전도성이 있다.

보기 분석

- ㄱ. (○) X는 전기 전도성이 없는 설탕 수용액이다.  
 ㄴ. (○) Y 수용액은 전기 전도성이 있으므로 염화 나트륨 수용액임을 알 수 있다. 염화 나트륨에서 나온  $Na^+$ 은 (-)극 쪽으로 이동한다.  
 ㄷ. (×) Y는 이온 결합 물질로 고체 상태에서는 이온들이 자유롭게 움직일 수 없으므로 전기 전도성이 없다.

# 08 물리 변화와 화학 변화

탐구 확인하기

96~97쪽

- 01 ①    02 ⑤    03 ③    04 ④    05 ⑤    06 ⑤

01 마그네슘 리본을 작게 자르는 것은 물질의 성질이 변하지 않으므로 물리 변화에 해당하고, 마그네슘 리본을 태우면 산화 마그네슘이 생성되면서 원래와 다른 새로운 물질의 성질이 나타나므로 화학 변화에 해당한다.

오답 체크

- ② 전기 전도계를 대었을 때 전류가 흐르는 것은 (가)와 (나)이다.  
 ③ 묽은 염산을 떨어뜨리면 (가)와 (나)에서 기체가 발생한다.  
 ④ (나)와 같이 마그네슘 리본을 작게 자르면 물리 변화가 일어난다.  
 ⑤ (나)의 마그네슘 리본을 이루는 입자는 (가)의 마그네슘 리본을 이루는 입자와 같다.

02 (나)는 물리 변화, (다)는 화학 변화에 해당한다. 마그네슘은 전기 전도성이 있으며 묽은 염산과 반응시키면 기체가 발생한다.

④ 마그네슘을 작게 자르면 물리 변화가 일어나는데, 이때 분자의 배열이 달라진다.

오답 체크

- ⑤ (나)는 물리 변화에 해당하므로 물질의 성질이 변하지 않는다. 따라서 묽은 염산을 떨어뜨리면 마그네슘이 묽은 염산과 반응해 기체가 발생한다.

자료 다시 보기 마그네슘의 변화 후 성질 비교하기

구분	화학 변화 → 성질 변화○		
	A	B	C
전기 전도성 측정	있음	있음	없음
식초와의 반응	거품 생성	거품 생성	반응 안 함

물리 변화 → 성질 변화X

- 마그네슘은 전기 전도성이 있으며 식초와 반응할 때 기체가 발생하므로 식초를 떨어뜨리면 거품이 생긴다.
- 마그네슘을 작게 자르는 것(A→B)은 물리 변화이므로 마그네슘의 성질이 변하지 않는다.
- 마그네슘을 연소시키는 것(A→C)은 화학 변화이므로 마그네슘의 성질이 변한다.

03 A → B는 물리 변화, A → C는 화학 변화에 해당한다.

오답 체크

- ① C에서는 전류가 흐르지 않는다.
- ② C는 식초와 반응하지 않는다.
- ④ 마그네슘 리본을 구부리는 것은 물리 변화에 해당하므로 A, B와 성질이 같다.
- ⑤ A와 C는 서로 다른 물질이므로 (가), (나)에서 서로 다른 결과를 보인다. (가)에서 A는 전기 전도성이 있지만 C는 전기 전도성이 없고, (나)에서 A는 식초와 반응해 거품이 발생하지만 C는 식초와 반응하지 않는다.

04 (나)는 물리 변화, (다)는 화학 변화에 해당한다. 따라서 (나)의 작게 자른 마그네슘 리본은 (가)의 마그네슘 리본과 성질이 같다. 또한 (다)의 재는 산화 마그네슘으로 (가)와 다른 물질이다. 마그네슘은 산과 반응해 기체를 발생시키므로 (가)와 (나)에 묶은 염산을 떨어뜨리면 기체가 발생한다.

오답 체크

- ④ (다)의 재는 산화 마그네슘으로 (가)의 마그네슘과 성질이 같지 않다.

05 (나)와 같이 물질의 모양이 변하는 것은 물리 변화에 해당한다. 물리 변화는 물질의 고유한 성질은 변하지 않으면서 모양이나 크기, 상태 등의 겉모습이 바뀌는 변화를 말한다. 물리 변화가 일어나면 분자의 배열이 변하지만 물질을 이루는 원자의 종류는 변하지 않으므로 물질의 고유한 성질은 변하지 않는다. 물리 변화의 예로는 모양 변화, 상태 변화, 확산, 용해 등이 있다.

오답 체크

- ⑤ '철이 녹스는 현상'은 화학 변화에 해당한다.

06 (다)는 화학 변화에 해당한다. 화학 변화는 물질이 전혀 다른 성질의 새로운 물질로 바뀌는 변화를 말한다. 화학 변화가 일어나면 물질을 이루는 원자의 배열이 달라져 물질의 성질이 변한다. 화학 변화의 예로는 색깔, 냄새, 맛 등의 변화, 빛과 열의 발생, 기체 발생, 앙금 생성 반응 등이 있다.

오답 체크

- ⑤ 화학 변화가 일어나면 물질의 고유한 성질이 변한다.

◆ 실력 플러스 문제

98쪽

- 01 ②      02 ⑤      03 ④      04 ②      05 ③

01 (가)는 물리 변화, (나)는 화학 변화에 해당한다. 화학 변화가 일어나면서 원자의 배열이 달라진다.

오답 체크

- ① (가)에서는 분자의 종류가 변하지 않는다.
- ③ (가)는 물리 변화, (나)는 화학 변화이다.

- ④ (가), (나)에서 반응 전후의 원자 개수는 변하지 않는다.
- ⑤ (가)에서 반응 전후의 분자 배열이 변한다.

02 물리 변화는 ㉠, ㉡, ㉢이고, 화학 변화는 ㉣, ㉤이다. 화학 변화가 일어나면 원자의 배열이 바뀌면서 새로운 물질이 생성된다.

오답 체크

- ① 화학 변화가 일어나도 원자의 수는 변하지 않는다.
- ② 물리 변화는 ㉠, ㉡, ㉢이다.
- ③ 화학 변화는 ㉣, ㉤이다.
- ④ 화학 변화가 일어나도 원자의 종류는 변하지 않는다.

03 그림의 화학 반응은 과산화 수소의 분해 반응으로 과산화 수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 분자 2개가 물(H<sub>2</sub>O) 분자 2개와 산소(O<sub>2</sub>) 분자 1개로 분해된다. 이것을 화학 반응식으로 나타내면 2H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → 2H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub>이다.

04 화학 반응식을 쓸 때에는 반응 전후의 원자 종류와 개수가 같아지도록 계수를 맞추며, 이때 계수비는 가장 간단한 정수비여야 하고, 계수가 1인 경우에는 생략한다.

오답 체크

- ① N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> → 2NH<sub>3</sub>
- ③ 2Cu + O<sub>2</sub> → 2CuO
- ④ Mg + 2HCl → MgCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>
- ⑤ CH<sub>4</sub> + 2O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O

05 메테인 연소 반응의 생성물은 이산화 탄소와 물로, 이를 화학 반응식으로 나타내면 CH<sub>4</sub> + 2O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O이다. 따라서 ㉠과 ㉡에 들어갈 알맞은 숫자는 각각 2이다. 메테인과 이산화 탄소의 반응식 계수비가 1:1이므로 메테인 분자 10개가 반응하면 이산화 탄소 분자도 10개 생성된다.

오답 체크

- ㉠. ㉠+㉡=4이다.
- ㉡. 메테인 연소 반응은 화학 변화에 해당한다.

◆ 최상위 도전 문제

99~100쪽

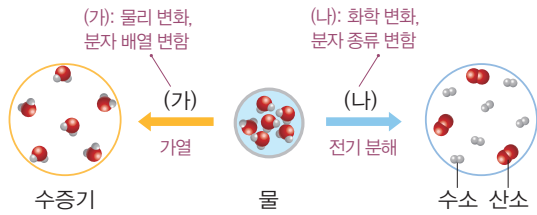
- 01 ③      02 ①      03 ④      04 ②      05 ①  
06 ③      07 ④      08 ②

01 (가)는 물리 변화, (나)는 화학 변화에 해당한다. 물리 변화가 일어나면 분자의 배열은 변하지만 분자의 종류, 분자의 개수, 물질의 성질, 원자의 종류, 원자의 개수, 물질의 질량은 변하지 않는다.

**오답 체크**

③ 물의 상태 변화는 물리 변화에 해당하므로 물질의 성질이 변하지 않는다.

**자료 다시 보기** 물의 물리 변화와 화학 변화



- (가)에서는 물리 변화가 일어났다. 물리 변화가 일어나면 분자 자체는 변하지 않고 분자의 배열만 달라지므로 물질의 성질이 변하지 않는다.
- (나)에서는 화학 변화가 일어났다. 화학 변화가 일어나면 분자를 이루는 원자의 배열이 달라지므로 분자의 종류가 달라져 물질의 성질이 변한다.

02 (가), (나)는 화학 변화에 해당하고 (나)는 물리 변화에 해당한다.

ㄴ. (나)에서 물리 변화가 일어나면서 분자의 배열이 변하였다.

**오답 체크**

ㄱ. (가)와 (나)에서 원자의 배열이 바뀌면서 새로운 분자가 생성되었다. 화학 변화가 일어나도 원자의 종류는 바뀌지 않는다.

ㄷ. (나)에서 암모니아는 질소, 수소와 다른 새로운 물질이므로 질소, 수소의 성질을 반씩 가지고 있는 것이 아니라 암모니아 고유의 성질을 가지고 있다.

03 (가)에서는 설탕을 가열할 때 상태 변화가 일어나 분자의 배열이 변하는 물리 변화가 일어난다. 반면 (나)에서는 설탕을 오래 가열하면 검게 타면서 색깔과 냄새가 변하는 화학 변화가 일어나며, 이 과정에서 원자의 배열이 변하게 된다.

**오답 체크**

④ 물리 변화나 화학 변화가 일어났을 때 원자의 종류는 변하지 않는다.

04 시험관 A는 철과 황의 혼합물이 들어 있고, 시험관 B는 철과 황이 화학 반응을 일으킨 화합물이 들어 있다. 따라서 시험관 B 속 물질의 성질은 기존의 철과 황의 성질과 다르다. (시험관 B에서 일어나는 반응의 화학 반응식:  $Fe + S \rightarrow FeS$ )

**오답 체크**

② 시험관 B에서는 화학 변화가 일어나 황화 철이라는 새로운 물질이 생겼으므로 철의 자석에 끌리는 성질이 사라져 자석에 붙지 않는다.

05 •  $C_6H_{12}O_6 + \textcircled{1} 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$   
 •  $C_3H_8 + \textcircled{2} 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + \textcircled{3} 4H_2O$   
 •  $2CH_3OH + 3O_2 \rightarrow \textcircled{4} 2CO_2 + \textcircled{5} 4H_2O$   
 ①부터 ⑤까지의 합은 21이다.

06 (가)에서 사포로 문지른 구리판을 알코올램프의 겉불꽃에 넣고 가열하면 구리와 산소가 반응하면서 산화 구리(II)가 생성되는 화학 반응이 일어난다. (화학 반응식:  $2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$ )

(나)에서 구리판의 가열된 부분을 다시 알코올램프의 속불꽃에 넣고 가열하면 (가)에서 생성된 산화 구리(II)가 속불꽃의 일산화 탄소와 반응하면서 구리와 이산화 탄소가 생성되는 화학 반응이 일어난다. (화학 반응식:  $CuO + CO \rightarrow Cu + CO_2$ )

ㄱ. ①과 ②에는 각각 2가 들어간다. 반응 전후의 산소(O) 원자 수가 같아야 하므로, 반응 물질 쪽의 O 원자 2개와 개수를 맞추기 위해 ②에는 2가 들어간다. ②에 2가 들어가면 생성 물질 쪽에서 구리(Cu) 원자가 2개가 되므로, 반응 물질 쪽 구리(Cu)의 계수에도 2를 넣어야 한다.

ㄴ. 화학 반응식에서 화살표(→)의 왼쪽에는 반응 물질, 오른쪽에는 생성 물질을 나타낸다. 구리(Cu)는 (가)에서 화살표의 왼쪽에 있으므로 반응 물질, (나)에서 화살표의 오른쪽에 있으므로 생성 물질임을 알 수 있다.

**오답 체크**

ㄷ. (가), (나)에서 모두 화학 변화가 일어났다.

**자료 다시 보기** 구리의 가열



- 구리(Cu)는 겉불꽃에서는 반응 물질이고, 속불꽃에서는 생성 물질이다.
- (가), (나) 모두 원자의 배열이 달라졌으므로 화학 변화가 일어났다.

07 화학 반응식을 쓸 때는 반응 물질을 왼쪽에, 생성 물질을 오른쪽에 쓰고 그 사이에 화살표(→)를 넣는다. 반응 물질이나 생성 물질이 여러 개일 때는 '+' 기호로 연결하고 반응 전후에 원자의 종류와 개수가 같도록 계수를 맞춘다. 이때 계수비는 가장 간단한 정수비로 나타낸다. 마그네슘 연소 반응에서 반응 물질은 마그네슘(Mg)과 산소(O<sub>2</sub>)이고, 생성물은 산화 마그네슘(MgO)이다. 이를 화학식으로 나

타내면  $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$ 이다.

**08** 화학 반응식에서 화살표(→)를 기준으로 왼쪽은 반응 물질, 오른쪽은 생성 물질이다. 따라서 반응 물질은  $\text{A}_2$ ,  $\text{B}_2$ 이며 생성물은 A 원자 1개와 B 원자 3개로 이루어진  $\text{AB}_3$ 이다. 이때  $\text{A}_2$  분자와  $\text{B}_2$  분자의 반응식 계수비가 1:3이므로 2개의  $\text{A}_2$  분자를 반응시키려면 6개의  $\text{B}_2$  분자가 필요하다.

④ A가 질소(N), B가 수소(H)인 경우  $\text{AB}_3$ 는 암모니아이다. (화학 반응식:  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ )

**오답 체크**

② 반응이 일어나면서 전체 분자의 개수는 4개에서 2개로 감소한다.

◆ 서술형문제

101쪽

- 01 (1) (가): 물리 변화, (나): 화학 변화 (2) 해설 참조
- 02 (1) 해설 참조 (2) (나): 물리 변화, (다): 화학 변화 (3) 해설 참조
- 03 (1) 반응 물질:  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , 생성 물질:  $\text{NH}_3$  (2)  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$
- 04 (1)  $2\text{A} + \text{B}_2 \rightarrow 2\text{AB}$  (2) 해설 참조
- 05 (1) ㉠: 3, ㉡: 4 (2) 해설 참조

**01** **모범 답안** (1) (가)는 물리 변화, (나)는 화학 변화이다. (가)에서는 분자의 배열만 변하고 분자를 이루는 원자의 배열은 그대로이므로 물리 변화에 해당한다. 반면에 (나)는 물질을 이루는 원자의 배열이 달라졌으므로 화학 변화에 해당한다.

(2) (가)는 원자의 배열이 변하지 않았고, (나)는 원자의 배열이 변해 새로운 물질이 생성되었기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나)를 물리 변화와 화학 변화로 옳게 구분한 경우	40%
(2)	원자의 배열이 변하지 않는 것을 물리 변화, 원자의 배열이 변한 것을 화학 변화로 서술한 경우	60%

**02** **모범 답안** (1) (가), (나)에서는 기체가 발생하면서 거품이 생기고, (다)에서는 변화가 없다.

(2) (나)는 물리 변화, (다)는 화학 변화이다.

(3) 식초와 반응하여 거품이 생성된다. 마그네슘 리본을 구부리는 것은 물리 변화가 일어난 것으로, 물리 변화가 일어나면 물질의 성질은 변하지 않으므로 마그네슘의 성질이 그대로 유지되기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	(가)~(다)에서 일어난 변화를 모두 옳게 서술한 경우	30%
(2)	(나), (다)를 물리 변화와 화학 변화로 옳게 구분한 경우	30%
(3)	구부린 마그네슘 리본에 식초를 떨어뜨렸을 때의 변화와 그 까닭을 옳게 서술한 경우	40%
	구부린 마그네슘 리본에 식초를 떨어뜨렸을 때의 변화와 그 까닭 중 하나만 옳게 서술한 경우	20%

**03** **모범 답안** (1) 반응 물질:  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , 생성 물질:  $\text{NH}_3$



채점 기준		배점
(1)	반응 물질과 생성 물질을 옳게 쓴 경우	50%
(2)	화학 반응식을 옳게 쓴 경우	50%

**04** **모범 답안** (1)  $2\text{A} + \text{B}_2 \rightarrow 2\text{AB}$

(2) 화학 변화이다. 원자의 배열이 변하여 새로운 물질을 생성하였기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	모형을 화학 반응식으로 옳게 쓴 경우	50%
(2)	화학 변화를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50%
	화학 변화만 옳게 쓴 경우	20%

**05** **모범 답안** (1) ㉠: 3, ㉡: 4

(2) 메탄올과 산소가 반응할 때 분자의 개수는 반응 전 5개에서 반응 후 6개로 증가한다. 그러나 전체 원자의 수와 종류는 변하지 않는다.

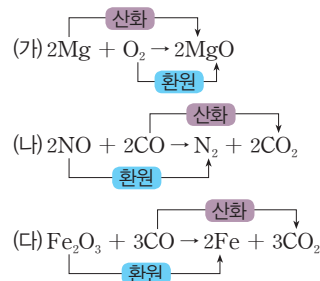
채점 기준		배점
(1)	반응 계수 ㉠, ㉡에 들어갈 수를 옳게 쓴 경우	40%
(2)	메탄올의 연소 반응 전후에 분자의 수와 원자의 수, 종류의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	60%
	메탄올의 연소 반응 전후에 분자의 수와 원자의 수, 종류의 변화 중 일부만 옳게 서술한 경우	30%

◆ 수능 맞보기

102~103쪽

- 1-1 ③    1-2 ①    2-1 ①    2-2 ①

1-1 자료 분석

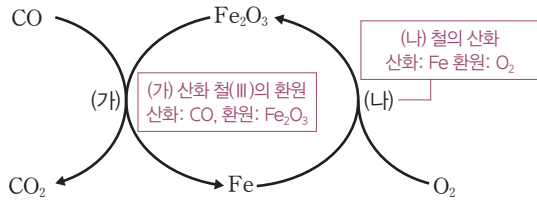


- 산소를 얻는 물질은 산화되고, 산소를 잃는 물질은 환원된다.
- (가)에서 마그네슘(Mg)은 산소를 얻어 산화 마그네슘( $\text{MgO}$ )으로 산화된다.
- (나)에서 일산화 질소(NO)는 산소를 잃고 질소( $\text{N}_2$ )로 환원되고, 일산화 탄소(CO)는 산소를 얻고 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )로 산화된다.
- (다)에서 산화 철(III)( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )은 산소를 잃고 철(Fe)로 환원되고, 일산화 탄소(CO)는 산소를 얻고 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )로 산화된다.

**보기 분석**

- (가). 마그네슘(Mg)은 산소를 얻어 산화 마그네슘(MgO)으로 산화된다.
- (나). 일산화 질소(NO)는 산소를 잃고 질소(N<sub>2</sub>)로 환원되고, 일산화 탄소(CO)는 산소를 얻고 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)로 산화된다.
- (다). 산화 철(III)(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)은 산소를 잃고 철(Fe)로 환원되고, 일산화 탄소(CO)는 산소를 얻고 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)로 산화된다.

**1-2 자료 분석**

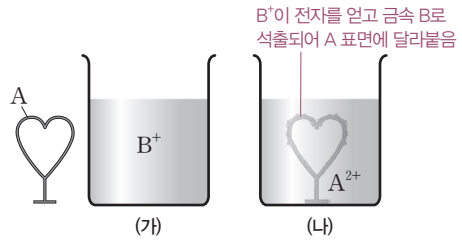


- 화학 반응에서 어떤 물질이 산소를 얻으면 다른 물질은 산소를 잃으므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.
- 철의 제련 과정을 통해 산화 철(III)에서 순수한 철을 얻을 수 있다. 코크스를 불완전 연소시켜 만든 일산화 탄소와 산화 철(III)을 반응시키면 산화 철(III)이 산소를 잃고 철로 환원되고 일산화 탄소는 산소를 얻어 이산화 탄소가 산화된다.
- 철은 공기 중에 오래 노출되며 녹이 슬어 붉은색으로 변한다. 이는 철이 공기 중에 산소와 만나 산화되어 붉은 색의 산화 철(III)이 되기 때문이다.

**보기 분석**

- (가). (가) 과정은 철의 제련 과정 중 산화 철(III)을 환원시키는 과정이다. 이를 화학 반응식으로 나타내면  $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ 이고, 산화되는 물질은 CO, 환원되는 물질은 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이다.
- (나). (나) 과정은 철이 산화되어 산화 철(III)이 되는 과정이다. 이를 화학 반응식으로 나타내면  $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$ 이고, 산화되는 물질은 Fe, 환원되는 물질은 O<sub>2</sub>이다.

**2-1 자료 분석**

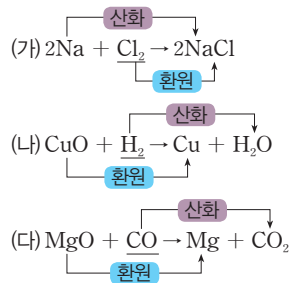


- A에서 나온 전자가 B<sup>+</sup>으로 전달된다. 따라서 금속 A는 전자를 잃고 산화되고, B<sup>+</sup>은 전자를 얻고 환원된다.
- 전자를 잃은 금속 A는 수용액에 A<sup>2+</sup>으로 녹아들고, 전자를 얻은 B<sup>+</sup>은 A 주변에 금속 B로 석출되어 달라붙는다.
- 전자를 'e<sup>-</sup>'로 표현하여 산화·환원 반응식을 나타내면 다음과 같다.  
산화:  $A \rightarrow A^{2+} + 2e^-$   
환원:  $B^+ + e^- \rightarrow B$   
알짜 이온 반응식:  $A + 2B^+ \rightarrow A^{2+} + 2B$

**보기 분석**

- ㄱ. (○) 전자는 A에서 B<sup>+</sup>으로 이동한다.
- ㄴ. (×) 이 반응에서 B<sup>+</sup>은 전자를 얻고 환원된다.
- ㄷ. (×) 산화·환원 반응은 항상 동시에 일어나므로 산화되는 물질이 잃은 전자 수와 환원되는 물질이 얻은 전자 수는 같다.

**2-2 자료 분석**



- (가)에서 나트륨(Na)은 전자를 잃어 산화되고, 염소(Cl<sub>2</sub>) 분자는 전자를 얻어 환원된다.
- (나)에서 산화 구리(II)(CuO)는 산소를 잃어 환원되고, 수소(H<sub>2</sub>) 분자는 산소를 얻어 산화된다.
- (다)에서 산화 마그네슘(MgO)은 산소를 잃어 환원되고, 일산화 탄소(CO)는 산소를 얻어 산화된다.

**보기 분석**

- (가). 산화: Na, 환원: Cl<sub>2</sub>
- (나). 산화: H<sub>2</sub>, 환원: CuO
- (다). 산화: CO, 환원: MgO

# 09 화학반응의 법칙

## ◆ 탐구 확인하기

108~109쪽

01 ④    02 ③

**01** 화학 반응이 일어날 때 원자들의 배열만 달라질 뿐 원자가 새로 생기거나 사라지지 않으므로 반응 전후 질량은 같다. 기체가 발생하는 경우, 밀폐된 용기에서는 기체가 빠져나가지 않기 때문에 반응 전후 질량이 같지만, 열린 용기에서는 발생한 기체가 빠져나가 질량이 줄어든다. 따라서 (가)와 (나)는 질량이 같고 (다)는 기체가 빠져나가므로 (가)와 (나)보다 질량이 작다. (가)~(다)의 질량을 부등호로 비교하면 (가)=(나)>(다)이다.

**02** 화합물을 이루는 원소들은 항상 일정한 질량비로 결합한다. 산화 구리(II)가 생성될 때에도 반응하는 구리와 산소의 질량비는 일정하다. 그래프에서 구리와 산소의 질량비가 4:1임을 알 수 있고, 생성된 산화 구리(II)의 질량은 반응한 구리와 산소의 질량의 합과 같으므로, 반응 전후 구리:산소:산화 구리의 질량비는 4:1:5이다. 이때, 반응하는 구리의 질량이 증가할수록 생성되는 산화 구리의 질량도 일정한 비율로 증가한다.

**오답 체크**

ㄴ. 구리와 산화 구리(II)의 질량비는 4:5이다.

## ◆ 실력 플러스 문제

110~111쪽

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

**01** 질량 보존 법칙은 화학 반응이 일어날 때 반응 전 물질의 총질량과 반응 후 생성 물질의 총질량이 같다는 법칙으로 물리 변화와 화학 변화에서 모두 성립한다.

**오답 체크**

- ① 물리 변화에서도 질량 보존 법칙이 성립한다.
- ③ 질량 보존 법칙이 성립하는 까닭은 물리 변화나 화학 변화가 일어날 때 물질을 구성하는 원자들의 종류와 개수는 달라지지 않고 배열만 변하기 때문이다.
- ④ 철과 산소를 반응시킬 때에도 질량 보존 법칙이 성립하므로 반응 물질의 총질량과 생성 물질의 총질량이 같다.
- ⑤ 기체가 발생하는 반응에서도 질량 보존 법칙이 성립한다.

**02** (가)에서 생성 물질의 질량이 50 g이고 B의 질량이 10 g이므로 A의 질량은 20 g이다. (가)에서 질량 보존 법칙이 성립하므로 생성 물질의 총질량이 50 g이면 반응 물질의 총 질량도 50 g이다.

**오답 체크**

ㄷ. 질량 보존 법칙은 모든 화학 반응에서 성립하므로 (나)에서도 성립한다.

**03** 일정 성분비 법칙은 화합물을 구성하는 성분 원소 사이에는 일정한 질량비가 성립한다는 법칙으로 혼합물에서는 성립하지 않는다. <보기>에서 ㄱ, ㄴ은 화합물이고 ㄷ, ㄹ은 혼합물이다.

**04** 금속 A는 산소와 반응해 금속 산화물 B를 생성한다. 금속 A:금속 산화물 B의 질량비는 5:7이므로 반응하는 금속 A와 산소의 질량비는 5:2(=7-5)이다. 따라서 반응한 산소의 질량이 16 g일 때 반응한 금속 A의 질량은 40 g이고 생성된 금속 산화물 B의 질량은 56(=16+40) g이다.

### 자료 다시 보기    금속 산화물과 일정 성분비 법칙

금속 A (g)	2.5	5	10	20	40
산소 (g)	1	2	4	8	16
금속 산화물 B (g)	3.5	7	14	28	56
질량비	금속 A : 산소 : 금속 산화물 B = 5 : 2 : 7				

• 금속 산화물 B를 구성하는 성분 A와 산소 사이에는 일정한 질량비가 성립한다.

**05** 아이오딘화 칼륨 수용액과 질산 납 수용액을 반응시키면 노란색 아이오딘화 납이 생성된다. 이때 같은 농도의 질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액은 일정한 부피비로 반응하므로, 반응할 아이오딘화 칼륨 수용액이 없으면 반응이 더 이상 일어나지 않는다. D부터 아이오딘화 칼륨 수용액 6 mL가 모두 반응하므로 더 이상 반응할 아이오딘화 칼륨 수용액이 없어서 앙금 생성 반응이 일어나지 않는다.

**06** 염화 나트륨 수용액과 질산 은 수용액을 반응시키면 흰색 앙금인 염화 은이 생성되고, 이때 반응 전후 질량이 보존된다.

**오답 체크**

- ① 앙금 생성 반응은 분자의 종류가 변하는 화학 변화이며 반응 전과 후에 질량이 보존된다.
- ② 앙금이 생성될 때 원자의 종류와 개수가 변하지 않으므로 반응 전후 질량이 보존된다.
- ③ 반응에서 생성되는 흰색 앙금은 질산 나트륨이 아닌 염화 은이다.
- ④ 밀폐된 공간에서 실험해도 반응 전후 질량은 보존된다.

07 반응한 구리와 생성된 산화 구리(II) 사이의 질량비는 4:5이다. 따라서 산소의 질량은 산화 구리(II)의 질량에서 구리의 질량을 뺀 값이므로, 반응 전후 구리:산소:산화 구리(II)의 질량비는 4:1:5가 된다. 따라서 산화 구리 15 g을 얻기 위해 필요한 산소의 최소 질량은 3 g이다.

08 표에서 수소:산소:물의 질량비는 1:8:9임을 알 수 있다. 따라서 물 18 g을 생성하기 위해서 산소는 16 g이 필요하다.

**오답 체크**

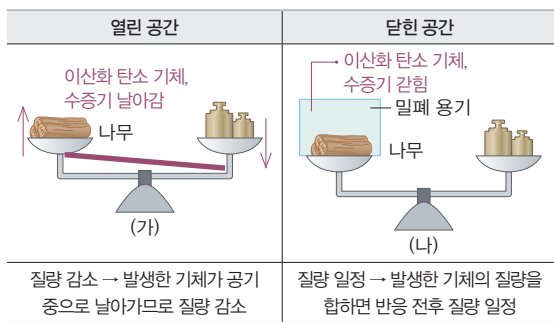
- ①  $\text{㉠} = 10$ ,  $\text{㉡} = 40$ 이므로  $\text{㉠} + \text{㉡} = 50$ 이다.
- ② 반응하는 수소와 산소의 질량비는 1:8이다.
- ④ 반응하는 수소와 산소의 질량비가 1:8이며, 반응하는 수소와 산소의 분자 수비는 2:1이다.
- ⑤ 실험 1, 2, 3에서 생성되는 물의 질량은 각각 18 g, 45 g, 270 g이다.

09 나무는 연소하면서 이산화 탄소, 수증기, 재를 생성한다. 닫힌 공간에서 연소시키면 생성된 기체가 빠져나가지 못해 반응 전후의 질량이 일정하게 유지된다. 반면 열린 공간에서 연소시키면 생성된 기체가 공기 중으로 날아가므로 질량이 반응 전보다 감소한다. 따라서 (가)는 생성된 기체가 공기 중으로 빠져나가 질량이 줄어드는 경우이고, (나)는 밀폐된 공간에서 기체가 빠져나가지 않아 질량이 일정하게 유지되는 경우이다.

**오답 체크**

- ⑤ (가)와 (나)에서 모두 질량 보존 법칙이 성립하는 것은 맞지만, (가)에서는 발생한 기체가 공기 중으로 날아가므로 질량이 반응 전보다 감소해 저울이 오른쪽으로 기울다.

**자료 다시 보기** 연소 반응과 질량 보존 법칙



- 나무를 연소시키면 재와 함께 이산화 탄소 기체, 수증기가 발생한다.
- 닫힌 공간에서 나무를 연소시키면 외부와 물질을 주고받을 수 없으므로 생성된 기체가 빠져나가지 않아 전체 질량이 일정하게 유지된다.
- 열린 공간에서 나무를 연소시키면 외부와 물질을 주고받을 수 있어 생성된 기체가 공기 중으로 빠져나가면서 질량이 줄어드는 것처럼 보인다. 그러나 빠져나간 기체의 질량까지 모두 고려하면 반응 전후의 질량은 일정하다. → 질량 보존 법칙 성립

**최상위 도전 문제** 112~113쪽

01 ⑤      02 ③      03 ④      04 ①      05 ⑤  
 06 ④      07 ①      08 ⑤

01 물과 과산화 수소를 이루는 수소와 산소 사이에는 일정한 질량비가 성립한다. 물에서는 수소와 산소의 질량비는 1:8이며, 과산화 수소에서는 1:16이다. 수소 16 g과 산소 16 g이 반응하여 물이 생성될 때, 수소 16 g 중 2 g이 산소와 반응하고 나머지 14 g은 반응하지 않고 남는다.

**오답 체크**

- ⑤ 수소 16 g과 산소 16 g이 반응하여 과산화 수소가 생성될 때 과산화 수소 17 g이 생성된다.

02 철을 연소시키면 철이 산소와 반응하여 산화 철을 생성한다. 이때 열린 용기에서 철을 산소와 반응시켜 산화 철을 생성하는 경우 질량을 측정하면 철에 결합한 산소 때문에 반응 전보다 질량이 증가한다.

**오답 체크**

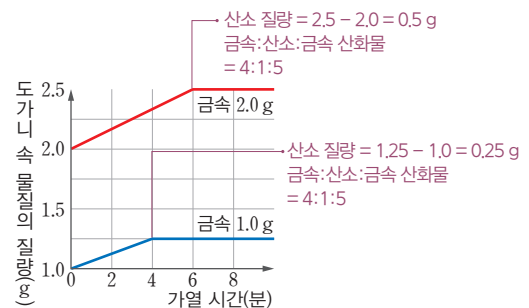
- 나. 연소 반응이 일어나도 원자의 종류와 수는 일정하다.

03 금속을 가열하면 공기 중의 산소와 결합하여 금속 산화물이 생성된다. 이때 결합하는 금속과 산소의 질량비는 항상 일정하다. 즉, 반응하는 금속의 양이 달라져도 산소와 결합하는 질량비는 변하지 않는다. 따라서 1.0 g의 금속이 산소와 결합하여 1.25 g의 금속 산화물을 만들었다면 반응 전후 금속:산소:금속 산화물의 질량비는 1:0.25:1.25 = 4:1:5로 일정하다.

**오답 체크**

- ① 금속을 가열하는 경우에도 질량 보존 법칙이 성립한다.
- ② 금속 산화물을 구성하는 금속과 산소의 질량비는 4:1이다.
- ③ 질량 보존 법칙에 따라 금속을 가열하면 생성 물질의 총 질량이 반응 물질의 총 질량과 같다.
- ⑤ 금속 15.0 g을 반응시킬 때 필요한 산소의 질량이 금속 20.0 g을 반응시킬 때보다 작다.

**자료 다시 보기** 화합물을 구성하는 성분 원소 사이의 질량 관계



- 반응시키는 금속과 산소의 질량이 달라져도 금속:산소:금속 산화물의 질량비는 4:1:5로 항상 일정하다. → 일정 성분비 법칙 성립

04 양금의 높이는 질산 납 수용액의 부피를 늘릴수록 일정한 지점까지 증가하다가, 그 이후에는 더 이상 증가하지 않고 일정하게 유지된다. 이때 평탄한 구간이 시작되는 지점에서는 아이오딘화 칼륨이 모두 소모되어 더 이상 아이오딘화 납이 생성되지 않고, 질산 납이 과잉으로 남게 된다. 따라서 과잉으로 남은 납 이온을 모두 반응시키기 위해서는 아이오딘화 이온을 공급하는 아이오딘화 칼륨 수용액을 더 넣어주어야 한다. 시험관 F에는 아이오딘화 칼륨 수용액 6 mL와 질산 납 수용액 10 mL가 반응하였다. 두 용액은 1:1의 부피비로 반응하므로, 남은 질산 납을 완전히 반응시키기 위해서는 아이오딘화 칼륨 수용액 4 mL를 더 넣어주어야 한다.

05 (가), (나)에서 각각 화합물  $BN_2$ ,  $BN$ 을 구성하는 볼트와 너트의 질량비가 일정하다.

**오답 체크**

ㄱ. (가)에서 화합물은 두 종류의 원소로 이루어져 있다.  
 ㄴ. 볼트 5개와 너트 8개를 이용하여 최대로 만들 수 있는 화합물( $BN_2$ )은 4개로, 총질량은 36 g이다.

06 원자 1개당 A와 B의 질량비가 1:16이라고 제시되어 있다. 물질 X의 경우 분자 1개에 A가 2 g, B가 16 g 들어 있으므로 X 분자에서 A와 B의 질량비는 1:8이며 화학식은  $A_2B$ 로 나타낼 수 있다. 물질 Y의 경우 분자 4개에 A가 4 g, B가 64 g 들어 있으므로 Y 분자에서 A와 B의 질량비는 1:16이며 화학식은  $AB$ 로 나타낼 수 있다. 물질 X 36 g에는 A 4 g, B 32 g이 들어있다.

**오답 체크**

- ① 물질 X의 화학식은  $A_2B$ 이다.
- ② 물질 Y의 화학식은  $AB$ 이다.
- ③ 물질 X와 Y는 서로 다른 물질이므로 끓는점과 녹는점이 다르다.
- ⑤ 물질 Y의 성분 원소 A와 B의 질량비는 1:16이다.

07 묽은 염산은 탄산 칼슘과 반응해 염화 칼슘과 물, 이산화탄소를 생성한다. 이때 열린 용기에서 반응시키면 생성된 이산화탄소는 기체가 공기 중으로 날아간다. 기체가 생성되는 화학 반응에서도 질량 보존 법칙이 성립하므로  $173(=73+100) = 111+18+x, x=44$  g이다.

**오답 체크**

ㄴ. (다)에서는 발생한 이산화탄소 기체가 공기 중으로 날아가므로 (다)의 질량은 (가), (나)보다 작다.  
 ㄷ. 질량 보존 법칙은 물리 변화와 화학 변화 모두에서 성립한다.

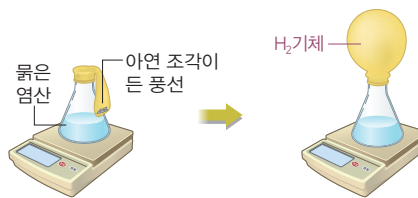
08 묽은 염산과 아연 조각이 반응하면 수소 기체가 생성된다. 이때 고무풍선을 씌워 반응 용기를 밀폐된 상태로 유지하

면, 기체가 밖으로 빠져나가지 않기 때문에 화학 변화에서도 질량 보존 법칙이 성립함을 확인할 수 있다. 고무풍선 속 수소 기체는 전체 생성 물질 중 일부이므로 반응 물질의 총질량보다 작다.

**오답 체크**

- ① 고무풍선으로 입구가 막혀 있어 기체가 밖으로 나가지 않으므로 닫힌 공간에서의 반응이다.
- ② 화학 반응에서는 원자의 종류나 개수는 변하지 않고 배열만 달라진다.
- ③ 아연과 염산이 반응해 기체가 생기지만, 기체가 고무풍선에 모여 있기 때문에 질량은 여전히 보존된다.
- ④ 분자의 종류가 변하므로 화학 변화이고, 물리 변화와 화학 변화 모두에서 질량은 보존된다.

**자료 다시 보기**    **염산과 아연의 반응**



- 묽은 염산은 아연과 반응해 수소 기체를 발생시킨다. (화학 반응식:  $2HCl + Zn \rightarrow H_2 \uparrow + ZnCl_2$ )
- 발생한 수소 기체는 고무풍선에 갇혀 빠져나가지 못하므로 질량이 일정하게 유지된다.
- 열린 공간에서 반응이 일어나면 발생한 수소 기체가 공기 중으로 빠져나가므로 질량이 감소한 것처럼 보인다.

**◆ 서술형 문제**

114쪽

- 01 (1) ㉠: 탄산 칼슘( $CaCO_3$ ), ㉡: 59.4    (2) 해설 참조
- 02 해설 참조
- 03 (1) 최대로 만들 수 있는 화합물의 수: 7개, 남은 부품의 종류와 개수: 볼트 3개, 너트 1개    (2) 5:2
- 04 (1) 구리( $Cu$ ):산소( $O$ )=4:1    (2) 해설 참조

01 **모범 답안** (1) 탄산 나트륨과 염화 칼슘이 반응하면 흰색 앙금인 탄산 칼슘이 생성된다. ( $Na_2CO_3 + CaCl_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$ ) 질량 보존 법칙에 따라 화학 반응 전과 후 물질의 총질량은 항상 같으므로 실험 과정 (가)에서 측정된 질량이 59.4 g이었고, 반응 후에도 전체 질량은 변하지 않으므로 (다)에서 질량도 59.4 g이다.  
 (2) 반응 전과 후에 질량이 일정하다. 앙금 생성 반응이 일어나면 원자의 배열은 달라지지만, 원자의 종류와 개수는 변하지 않으므로 질량이 보존된다.

채점 기준		배점
(1)	생성되는 양금의 종류와 반응 후 질량을 옳게 쓴 경우	40 %
(2)	반응 전후 질량 변화 양상과 양금 생성 반응에서 질량이 보존되는 까닭을 원자의 배열과 관련하여 옳게 서술한 경우	60 %
	반응 전후 질량 변화 양상만 옳게 서술한 경우	30 %

02 **모범 답안** 강철솥 B는 가열하면 공기 중 산소와 반응해 산화 철이 되고, 이때 반응한 산소의 무게가 더해지면서 반응 전보다 무거워진다. 이로 인해 막대저울은 강철솥 B 쪽으로 기울어진다.

채점 기준		배점
막대저울의 움직임과 그렇게 생각한 까닭을 산소의 무게와 관련지어 옳게 서술한 경우		100 %
막대저울의 움직임만 옳게 서술한 경우		20 %

03 **모범 답안** (1) 화합물  $BN_2$ 는 볼트 1개와 너트 2개가 결합하여 만들어지므로, 볼트 10개와 너트 15개를 이용하여 최대 로 만들 수 있는 화합물의 수는 7개이며, 볼트 3개, 너트 1개가 남게 된다.  
 (2) 볼트 1개의 질량이 10 g, 너트 1개의 질량이 2 g이므로 화합물  $BN_2$ 를 이루는 볼트와 너트의 질량비를 구하면  $10 : 4 (=2 \times 2) = 5 : 2$ 이다.

채점 기준		배점
(1)	최대로 만들 수 있는 화합물의 수와 남은 부품의 종류와 개수를 모두 옳게 쓴 경우	70 %
	최대로 만들 수 있는 화합물의 수와 남은 부품의 종류와 개수 중 하나만 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	화합물 $BN_2$ 를 구성하는 볼트와 너트의 질량비를 옳게 쓴 경우	30 %

04 **모범 답안** (1) 화학 반응이 일어날 때 반응 전 물질의 총질량과 반응 후 생성 물질의 총질량이 같으므로 (반응한 구리의 질량) + (반응한 산소의 질량) = (생성된 산화 구리(II)의 질량)이다. 이때 도가니 속 생성 물질의 질량이 2.5 g이므로 반응한 산소의 질량은 0.5 g이다. 따라서 산화 구리(II)가 생성될 때 반응하는 구리와 산소의 질량비는 구리:산소 =  $2:0.5 = 4:1$ 이다.  
 (2) 구리와 산소는 일정한 질량비로 반응하므로 구리가 모두 반응하면 더 이상 산소와 반응할 구리가 없으므로 질량이 증가하지 않는다.

채점 기준		배점
(1)	산화 구리(II)가 생성될 때 반응하는 구리와 산소의 질량비를 옳게 쓴 경우	40 %
(2)	질량이 증가하지 않는 까닭을 반응물이 일정한 질량비로 반응하는 것과 관련지어 옳게 서술한 경우	60 %

## ◆ 수능 맛보기

115쪽

1-1 ② 1-2 ④

### 1-1 자료 분석



(가)



(나)

- $CO_2$ 의 분자량 = (탄소의 원자량  $\times 1$ ) + (산소의 원자량  $\times 2$ ) =  $(12 \times 1) + (16 \times 2) = 44$
- $H_2O$ 의 분자량 = (수소의 원자량  $\times 2$ ) + (산소의 원자량  $\times 1$ ) =  $(1 \times 2) + (16 \times 1) = 18$

#### 보기 분석

$H_2O$ 의 분자량은 18이고, 이 중 산소가 차지하는 비율은  $\frac{16}{18} = \frac{8}{9}$ 이다. 따라서  $H_2O$ 이 18 g 있을 때 (나)에서 산소는 16 g 존재한다.  $CO_2$ 의 분자량은 44이고, 이 중 산소가 차지하는 비율은  $\frac{32}{44} = \frac{8}{11}$ 이다. 이때 산소가 16 g 존재하면  $CO_2$ 는 총 22 g 존재한다.

### 1-2 자료 분석

기체	(가)	(나)
분자식	AB	$A_2C_4$
분자량	$12 \overline{) 28} = (A \text{ 원자량} \times 1) + (B \text{ 원자량} \times 1) 16$	$12 \overline{) 28} = (A \text{ 원자량} \times 2) + (C \text{ 원자량} \times 4) 1$
질량(g)	56	28

- AB의 분자량이 28이므로 B의 원자량은 16이다.
- $A_2C_4$ 의 분자량이 28이므로 C의 원자량은 1이다.

#### 보기 분석

ㄱ. (○) C의 원자량은 1이다.  
 ㄴ. (×) (가)에서 A가 차지하는 비율은  $\frac{12}{28} = \frac{3}{7}$ 이고, (나)에서 A가 차지하는 비율은  $\frac{24}{28} = \frac{6}{7}$ 이다. 따라서 (가)에서 A의 질량은  $56 \times \frac{3}{7} = 24$  g이고, (나)에서 A의 질량은  $28 \times \frac{6}{7} = 24$  g으로 같다.  
 ㄷ. (○) 화합물  $A_2C_4$ 에 C가 차지하는 비율이  $\frac{1}{7}$ 이므로 화합물 84 g에 들어 있는 C의 질량은 12 g이다.

# 10 기체 반응 법칙과 화학 반응에서의 에너지 출입

## 탐구 확인하기 120~121쪽

01 ③ 02 ③

01 같은 온도와 압력에서 기체가 반응하여 새로운 기체를 생성할 때 각 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다. 수소와 산소가 반응해 수증기를 생성할 때는 수소:산소:수증기=2:1:2의 부피비를 만족한다.

### 자료 다시 보기 기체 반응 법칙

실험	반응 전 기체의 부피(mL)		남은 기체의 종류와 부피(mL)	생성된 수증기의 부피(mL)
	수소	산소		
1	5	2	(가)=수소, 1	4
2	16	8	없음	16
3	20	20	(나)=산소, 10	(다)=20

수소 : 산소 : 수증기 = 2 : 1 : 2  
임을 알 수 있다.

02 비닐 팩 안에 들어 있던 질산 암모늄이 물에 용해될 때 주변으로부터 열을 흡수하여 주변 온도가 낮아지면서 비닐 팩이 차가워진다. 물이 기화되는 현상도 열에너지를 흡수하는 반응으로 질산 암모늄의 용해 반응과 열의 출입 방향이 같다.

### 오답 체크

③ 물질에 따라 용해 반응의 열에너지 출입 방향이 다르다. 수산화 나트륨이 용해되는 반응은 열에너지 방출 반응이다.

## 실력 플러스 문제 122쪽

01 ④ 02 ③ 03 ⑤ 04 ③

01 기체 반응 법칙은 같은 온도와 압력에서 기체가 반응하여 새로운 기체를 생성할 때 각 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다는 법칙이다. 따라서 ㉠~㉣에는 각각 '온도와 압력', '부피', '정수비'가 들어간다.

02 수소와 산소가 반응하여 수증기가 생성되는 반응에서는 기체 반응 법칙이 성립한다. 기체 반응 법칙이란, 같은 온도와 압력에서 기체가 반응할 때 반응하는 기체와 생성되는 기체의 부피 사이에 간단한 정수비가 성립한다는 법칙이다. 그림에서처럼 반응 전후 수소:산소:수증기의 부피

비가 2:1:2이다. 이는 수소 2부피가 산소 1부피와 반응하여 수증기 2부피를 생성함을 의미한다. 따라서 수소 100 mL와 산소 50 mL가 반응하여 수증기 100 mL를 생성한다.

03 연료의 연소 반응은 열에너지를 방출하는 반응이다. 이러한 반응이 일어나면 주변으로 열이 전달되어 주변 온도가 높아지게 된다. 예를 들어 나무, 석유, 천연가스 와 같은 연료가 산소와 반응하여 연소할 때 많은 열이 발생하며, 이때 나온 열에너지를 난방이나 취사, 발전 등 다양한 용도로 활용할 수 있다. 또한 철이 산소와 만나 녹스는 반응도 열에너지 방출 반응으로 연료의 연소 반응과 열의 출입 방향이 같다.

04 질산 암모늄의 용해 반응은 열에너지를 흡수하는 반응이다. 질산 암모늄은 물에 녹으면서 주변으로부터 열을 빼앗아 흡수하므로, 결과적으로 용액과 주변의 온도가 낮아진다. 이 때문에 질산 암모늄이 든 비닐 주머니에 물이 들어 있는 지퍼 백을 눌러 물이 나오게 하면 용액이 든 비닐을 손으로 만졌을 때 차가운 느낌이 드는 것을 관찰할 수 있다.

### 오답 체크

ㄷ. 불 없이 음식을 조리하려면, 음식이 익을 만큼 주변의 온도가 높아져야 하므로 열에너지를 방출하는 반응을 이용해야 한다. 예를 들어 연료의 연소 반응이나 탄산 칼슘과 물의 반응처럼 주변 온도를 높이는 반응이 이에 해당한다. 따라서 열에너지를 흡수하는 질산 암모늄의 용해 반응은 사용할 수 없다.

## 최상위 도전 문제 123~124쪽

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

01 아보가드로 법칙에 따르면, 같은 온도와 압력에서 부피가 같은 기체는 종류와 관계없이 기체 분자 수가 같다. 즉, 부피가 같으면 그 안에 들어 있는 기체 분자 수는 같다. 따라서 (가)~(다)에 들어 있는  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$ 의 분자 수가 모두 같다.

### 오답 체크

ㄱ. 질량은 (가)~(다)가 서로 다르다. (가)~(다)에 들어 있는 기체 분자 수는 같지만 각 기체 분자 하나가 가지는 질량이 다르기 때문에 전체 질량은 다르게 나타난다.

ㄴ.  $H_2$  분자 하나에는 수소 원자 2개,  $N_2$  분자 하나에는 질소 원자 2개,  $NH_3$  분자 하나에는 질소 1개와 수소 3개, 총 4개의 원자가 들어 있다. 따라서 분자 수는 같더라도 각 분자를 이루는 원자 수가 다르므로, 전체 원자 수는 (가)~(다)에서 서로 다르다.

02 기체 반응 법칙에 따르면 같은 온도와 압력에서 기체가 반응할 때 반응하는 기체와 생성되는 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다. 따라서 실험에서 얻은 부피 값을 일정한 비로 나타내면 반응에 참여한 기체들의 관계를 알 수 있다. 실험 1에서 기체 A 10 mL와 기체 B 2 mL가 반응하여 기체 C 6 mL가 생성되었다. 반응 전후 기체의 부피를 가장 간단한 정수비로 나타내기 위해 10 mL : 2 mL : 6 mL를 각각 2로 나누면 반응 전후 기체 A:B:C의 부피비는 5 : 1 : 3이다.

**자료 다시 보기** 기체 반응 법칙

실험	반응 전 기체의 부피(mL)		남은 기체의 종류와 부피(mL)	생성된 기체 C의 부피(mL)
	A	B		
1	10	10	B, 8	6
2	60	10	(가) = A, 10	30
3	130	(나) = 20	A, 30	(다) = 60

03 기체 A 40 mL와 기체 B 40 mL를 반응시켰을 때 기체 X 40 mL가 생성되고, 기체 A가 20 mL 남았다. 따라서 반응 전후 기체 A : B : X의 부피비가 1 : 2 : 2라는 것을 알 수 있다. 기체 반응 법칙에서 '부피비 = 분자 수비 = 화학 반응식의 계수비'이므로 이 반응의 화학 반응식은  $A_2 + 2B_2 \rightarrow 2X$ 이다. 이 화학 반응식을 만족하는 X의 화학식은  $AB_2$ 이다.

04 제시된 그래프에서 생성 물질의 에너지 합이 반응 물질의 에너지 합보다 크므로 열에너지 흡수 반응이다. 냉각 팩과 전기 분해는 에너지 흡수 반응으로 탄산수소 나트륨의 열분해 반응과 에너지 출입 방향이 같다.

**오답 체크**

④ 탄산수소 나트륨의 열분해 반응은 열에너지 흡수 반응으로 반응이 일어나면서 주변 온도가 낮아진다.

**자료 다시 보기** 열에너지 흡수 반응



- 열에너지 흡수 반응에서 반응 물질의 에너지 합은 생성 물질의 에너지 합보다 작다. 따라서 반응 물질과 생성 물질의 에너지 차이만큼 주변에서 열을 흡수한다.
- 탄산수소 나트륨이 탄산 나트륨, 이산화 탄소, 물로 분해되려면 주변으로부터 열에너지를 흡수해야 한다. 이렇게 반응이 진행되는 동안 열에너지를 흡수하는 반응을 열에너지 흡수 반응이라고 한다. 이 반응이 일어나면 주변 온도가 낮아진다.

05 기체 A 50 mL와 기체 B 20 mL를 반응시켰을 때 기체 C 40 mL가 생성되고, 기체 A가 10 mL 남았으므로 반응 전후 기체 A : B : C의 부피비가 2 : 1 : 2라는 것을 알 수 있다. 따라서 기체 A 80 mL와 기체 B 30 mL를 반응시키면 기체 C 60 mL가 생성되고 기체 A가 20 mL 남게 된다. 또한 기체 A 40 mL와 기체 B 40 mL를 반응시키면 기체 C 40 mL가 생성되고 기체 B가 20 mL 남게 된다. 이 반응에서 새로운 원자가 생기거나 사라지지 않으므로 질량 보존 법칙이 성립한다.

**오답 체크**

ㄱ.  $\ominus = 20$ ,  $\oplus = 40$ 이므로  $\ominus + \oplus = 60$ 이다.

06 질산 암모늄의 용해, 물의 기화는 열에너지 흡수 반응이고 세포호흡, 금속과 산의 반응은 열에너지 방출 반응이다. 열에너지 흡수 반응이 일어나면 주변 온도가 낮아지고 열에너지 방출 반응이 일어나면 주변 온도가 높아진다.

**오답 체크**

ㄱ. 질산 암모늄의 용해, 물의 기화는 에너지를 흡수하는 반응이다.

ㄷ. 철의 산화 반응은 열에너지 방출 반응으로 질산 암모늄의 용해, 물의 기화와 열에너지 출입 방향이 반대이다.

**자료 다시 보기** 열에너지 방출 반응과 열에너지 흡수 반응

	예	아니요
	질산 암모늄의 용해, 물의 기화	세포호흡, 금속과 산의 반응
	↓	↓
구분	열에너지 흡수 반응	열에너지 방출 반응
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주변 온도 낮아짐</li> <li>• 반응 물질 에너지 합 &lt; 생성 물질 에너지합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주변 온도 올라감</li> <li>• 반응 물질 에너지 합 &gt; 생성 물질 에너지합</li> </ul>
예시	탄산수소 나트륨의 열분해 반응, 수산화 바륨과 염화 암모늄의 반응	철의 산화 반응, 화석 연료의 연소 반응

07 수산화 바륨과 질산 암모늄의 반응은 열에너지를 흡수하는 반응이다. 반응이 진행되면서 주변의 열을 빼앗아 주변 온도가 낮아진다. 실험에서 얇은 나무판과 삼각 플라스크 사이에 소량의 물을 뿌려두면, 수산화 바륨과 질산 암모늄의 반응으로 주변 온도가 내려가면서 나무판에 뿌려둔 물이 얼게 되고, 그 결과 나무판과 삼각 플라스크가 달라붙게 된다.

**오답 체크**

ㄷ. 제설제로 사용되는 염화 칼슘은 물에 용해되면 열을 방출하고 주변 온도가 높아지면서 도로의 눈을 녹인다.

08 반응이 일어나면서 주변 온도가 올라가는 반응은 열에너지 방출 반응이다. 산화 칼슘은 물에 녹으면서 열을 방출하는 열에너지 방출 반응이다.

**오답 체크**

- ㄴ. 탄산수소 나트륨의 열분해 반응은 열에너지 흡수 반응이다.
- ㄷ. 질산 암모늄이 물에 용해되는 반응은 열에너지 흡수 반응이다.

**◆ 서술형 문제 125쪽**

- 01 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
- 02 (1)  $A_2 + 3B_2 \rightarrow 2C_2$  (2) 생성되는 기체  $C_2$ 의 부피: 20 mL, 남은 기체의 종류 및 부피:  $A_2$ , 20 mL (3) 해설 참조
- 03 (1)(가): 방출, (나): 흡수 (2) 해설 참조
- 04 (1) 흡수 (2) 해설 참조

- 01 **모범 답안** (1)  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ , 기체의 반응에서 부피비는 화학 반응식의 계수비와 같기 때문이다.  
 (2) 생성되는 암모니아 기체의 부피는 4 L이다. 반응한 질소, 수소와 생성된 암모니아의 부피비가 1 : 3 : 2이므로 암모니아는 4 L 생성된다.

채점 기준		배점
(1)	화학 반응식과 그렇게 생각한 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	화학 반응식만 옳게 쓴 경우	20 %
(2)	생성되는 암모니아 기체의 부피와 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
	생성되는 암모니아 기체의 부피만 옳게 쓴 경우	20 %

- 02 **모범 답안** (1) 기체  $A_2$  60 mL와 기체  $B_2$  60 mL를 반응시키면 기체  $C_2$  40 mL가 생성되고 기체  $A_2$  40 mL가 남는다. 따라서 반응 전후 기체 부피비는  $A_2 : B_2 : C_2 = 20 : 60 : 40 = 1 : 3 : 2$ 이다. 기체 반응 법칙에 따라 부피비 = 화학 반응식의 계수비이므로 화학 반응식은  $A_2 + 3B_2 \rightarrow 2C_2$ 이다.  
 (2) 기체  $A_2$  30 mL와 기체  $B_2$  30 mL를 반응시키면 기체  $C_2$  20 mL가 생성되고 기체  $A_2$  20 mL가 남는다.  
 (3) 온도와 압력이 같을 때 모든 기체는 같은 부피 속에 들어 있는 기체 분자의 개수가 같기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	화학 반응식을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	기체 $C_2$ 의 생성 부피와 남은 기체의 종류와 부피를 옳게 쓴 경우	30 %
(3)	기체 반응 법칙이 성립하는 까닭을 주어진 단어를 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	40 %
	기체 반응 법칙이 성립하는 까닭을 주어진 단어를 일부만 포함하여 옳게 서술한 경우	20 %

- 03 **모범 답안** (1) (가)에서 용액의 온도가 25 °C에서 30 °C로 상승하였으므로 염화 칼슘 용해 반응은 열에너지 방출 반응임을 알 수 있다. 또한 (나)에서는 용액의 온도가 25 °C

에서 22 °C로 낮아졌으므로 질산 암모늄의 용해 반응은 열에너지 흡수 반응임을 알 수 있다.

- (2) (가): 손난로 속 철가루가 공기 중 산소와 만나 산화되면서 열을 방출해 손을 따뜻하게 한다. (나): 냉각 팩 속 질산 암모늄이 물에 용해되면 열을 흡수해 주변 온도를 낮추어 차갑게 만든다.

채점 기준		배점
(1)	(가), (나)의 열에너지 출입 방향을 모두 옳게 쓴 경우	30 %
	(가), (나)의 열에너지 출입 방향을 하나만 옳게 쓴 경우	10 %
(2)	(가), (나)와 열에너지 출입 방향이 같은 예시를 각각 옳게 서술한 경우	70 %
	(가), (나)와 열에너지 출입 방향이 같은 예시를 하나만 옳게 서술한 경우	30 %

**자료 다시 보기 열에너지 출입 반응의 이용 사례**

① 열에너지 방출 반응

- 휴대용 손난로: 손난로 속 철(Fe) 가루가 산화될 때 열을 방출하여 주변이 따뜻해진다.
- 조리용 발열 팩: 조리용 발열 팩 속의 산화 칼슘(CaO)이 물과 반응할 때 방출되는 열을 이용해 음식을 데운다.
- 화석 연료 연소: 메테인( $CH_4$ )과 같은 연료를 연소시킬 때 방출되는 열로 음식을 조리하거나 난방에 사용한다.
- 제설제: 염화 칼슘( $CaCl_2$ )이 물에 용해될 때 열을 방출해 주변의 온도가 높아지면서 도로의 눈을 녹인다.
- 과수원 냉해 예방: 개화 시기에 식물에 물을 뿌리면 물이 응고될 때 발생하는 열로 냉해를 예방할 수 있다.
- 커피 머신 증기: 커피 머신에서 나오는 수증기가 액화될 때 방출하는 열에너지로 음료를 따뜻하게 데울 수 있다.

② 열에너지 흡수 반응

- 음료수 속 얼음: 음료에 얼음을 넣으면 얼음이 용해하면서 열에너지를 흡수해 음료가 차갑게 유지된다.
- 냉장고나 에어컨 속 냉매: 냉장고나 에어컨에 들어 있는 냉매가 기화할 때 열을 흡수해 주변 온도를 낮춘다.
- 드라이아이스 포장: 드라이아이스가 기체로 승화할 때 주변 열을 흡수해 차가운 온도를 유지해 준다.
- 베이킹 소다: 반죽에 베이킹 소다를 넣어서 구우면 탄산수소 나트륨( $NaHCO_3$ )이 열을 흡수해 분해되고, 이산화 탄소 기체가 발생하면서 반죽이 부풀다.
- 소화기: 소화기 속 탄산수소 나트륨( $NaHCO_3$ ) 분말이 불과 만나면 열에너지를 흡수해 분해되면서 불을 꺼뜨린다.
- 냉각 팩: 냉각 팩 속 질산 암모늄( $NH_4NO_3$ )이 물에 용해되면 주변의 열을 흡수하여 주변 온도가 낮아진다.

- 04 **모범 답안** (1) 수산화 바륨과 염화 암모늄의 반응은 열에너지를 흡수하는 반응으로 반응이 일어나는 동안 주변의 열을 흡수해 나무판과 삼각 플라스크 사이에 뿌려 둔 물이 얼고 그 결과 나무판과 삼각 플라스크가 달라붙게 된다.  
 (2) 수산화 바륨과 질산 암모늄이 반응하면서 열에너지를 흡수하므로 주변 온도가 낮아져 나무판과 삼각 플라스크 사이의 물이 얼기 때문에 나무판이 삼각 플라스크에 달라붙는다.

채점 기준		배점
(1)	수산화 바륨과 염화 암모늄 반응의 열에너지 출입 방향을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	실험 결과를 반응이 일어날 때 열에너지 출입과 관련지어 옳게 서술한 경우	70 %

### ◆ 수능 맛보기

126~127쪽

1-1 ③    1-2 ②    2-1 ②    2-2 ④

#### 1-1 자료 분석

혼합 용액	수용액 부피(mL)		이온의 종류	최고 온도(°C)
	HCl	NaOH		
(가)	10	5	$H^+, Na^+, Cl^-$	$t_1$
(나)	10	10	$Na^+, Cl^-$	$t_2$
(다)	10	20	$OH^-, Na^+, Cl^-$	$t_3$

- 묽은 염산에서 나온 수소 이온과 수산화 나트륨 수용액에서 나온 수산화 이온은 중화 반응이 일어나면서 소모된다.
- 중화 반응이 일어나면서 중화열이 발생하고, 중화열은 중화 반응에서 생성되는 물의 양과 비례한다.

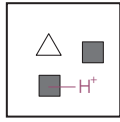
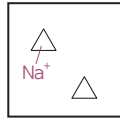
#### 보기 분석

ㄱ. (○) (나)에서 반응한 수소 이온과 수산화 이온의 양이 (가)보다 많으므로  $t_2$ 가  $t_1$ 보다 크다.

ㄴ. (○) (가)에는 수소 이온이 존재하므로 산성이다. 따라서 (가)는 금속 마그네슘과 반응하여 수소 기체를 발생시킨다.

ㄷ. (×) (다)에는 수산화 이온이 존재하므로 염기성이다.

#### 1-2 자료 분석

실험	(가)	(나)
혼합 전 수용액의 부피(mL)	HCl	30
	NaOH	10
혼합 용액에 존재하는 양이온 모형		

- (가) → (나)에서 NaOH 수용액의 부피가 2배가 되었으므로 중화 반응에 참여하지 않는  $Na^+$ 의 양도 2배가 된다. 따라서 △는  $Na^+$ , ■는  $H^+$ 이다.

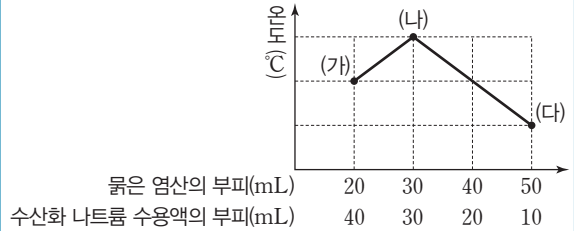
#### 보기 분석

ㄱ. (×) ■는  $H^+$ 이다.

ㄴ. (○) (가)에 수소 이온(■)이 존재하므로 (가) 혼합 용액은 산성이다.

ㄷ. (×) 생성된 물 분자 수는 반응한 HCl과 NaOH 부피에 비례한다. (가)에서는 각각 10 mL, (나)에서는 각각 20 mL씩 반응했으므로 생성된 물 분자 수는 (나)가 (가)보다 크다.

#### 2-1 자료 분석



- 중화열의 크기는 반응에 참여하는 수소 이온과 수산화 이온의 양에 비례한다. 따라서 묽은 염산과 수산화 나트륨이 많이 반응할수록 더 많은 중화열이 발생하여 용액의 온도가 상승한다.
- 중화열은 중화 반응에서 생성되는 물의 양과 비례한다.

#### 보기 분석

혼합 용액의 온도는 발생한 중화열의 양이 많을수록 높아진다. 따라서 혼합 용액의 온도는 (나) > (가) > (다)이고 이에 따라 생성된 물의 양도 (나) > (가) > (다)이다.

#### 2-2 자료 분석

혼합 용액	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
염산 부피(mL)	2	4	6	8	10
수산화 나트륨 수용액 부피(mL)	10	8	6	4	2
혼합 용액 최고 온도(°C)	27	29	31	29	27
혼합 용액의 액성	염기성	염기성	중성	산성	산성

- (다)에서 혼합 용액의 온도가 가장 높다. → 반응한 염산과 수산화 나트륨 수용액의 양이 가장 많다.
- 농도가 같은 두 수용액을 혼합하면 과량으로 넣어 준 용액의 액성과 혼합 용액의 액성이 같다.
- 생성된 물 분자 수는 발생한 중화열에 비례한다. 따라서 혼합 용액의 온도가 가장 높은 (다)에서 가장 많은 물이 생성되었다.

#### 보기 분석

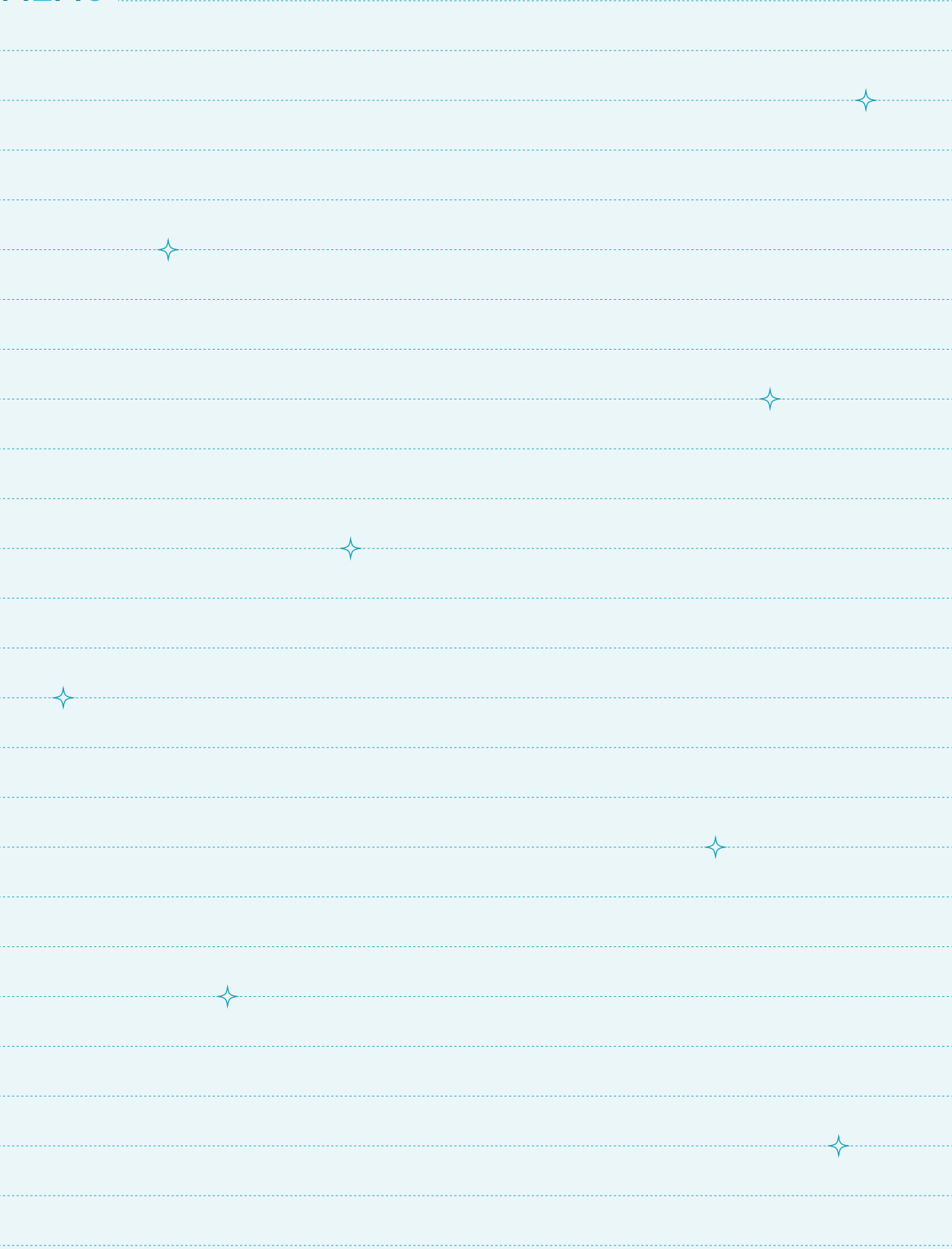
ㄱ. (○) (가)에서는 수산화 나트륨 수용액을 과량으로 넣어 주었으므로 혼합 용액의 액성이 염기성이다.

ㄴ. (×) (나)의 혼합 용액의 액성은 염기성으로 금속 아연과 반응하지 않는다.

ㄷ. (○) (다)에서는 염산과 수산화 나트륨이 각각 6 mL씩 반응했고 (마)에서는 2 mL씩 반응했다. 따라서 생성된 물 분자 수는 (다)에서 (마)에서보다 많다.

# MEMO

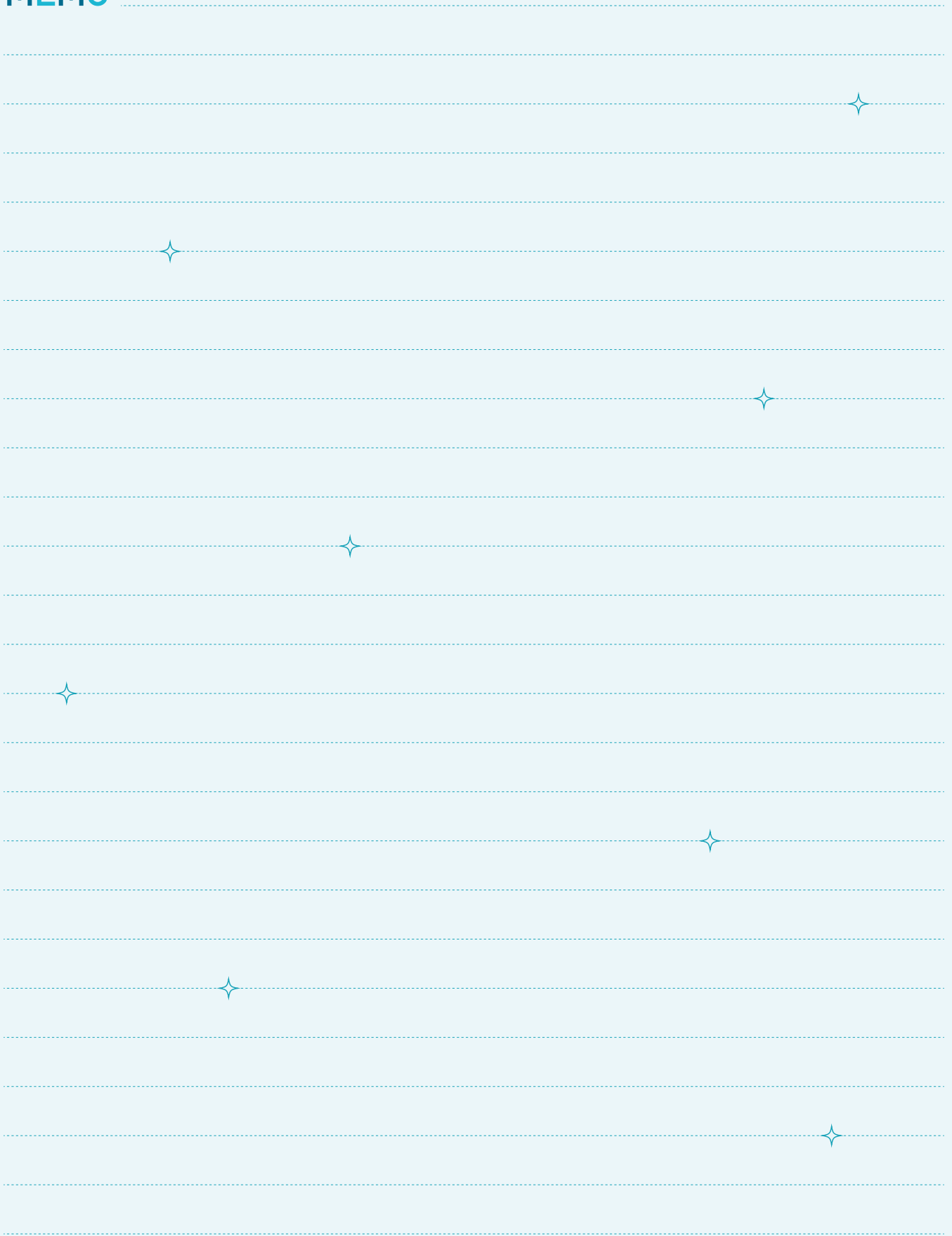
A series of horizontal dashed lines for writing, with decorative starburst symbols placed at various intervals.



The page contains 20 horizontal dashed lines. There are 10 decorative starburst symbols (four-pointed stars) scattered across the page. The symbols are located at approximately the following vertical positions: 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%, 75%, 85%, 95%, and 98% of the page height.

# MEMO

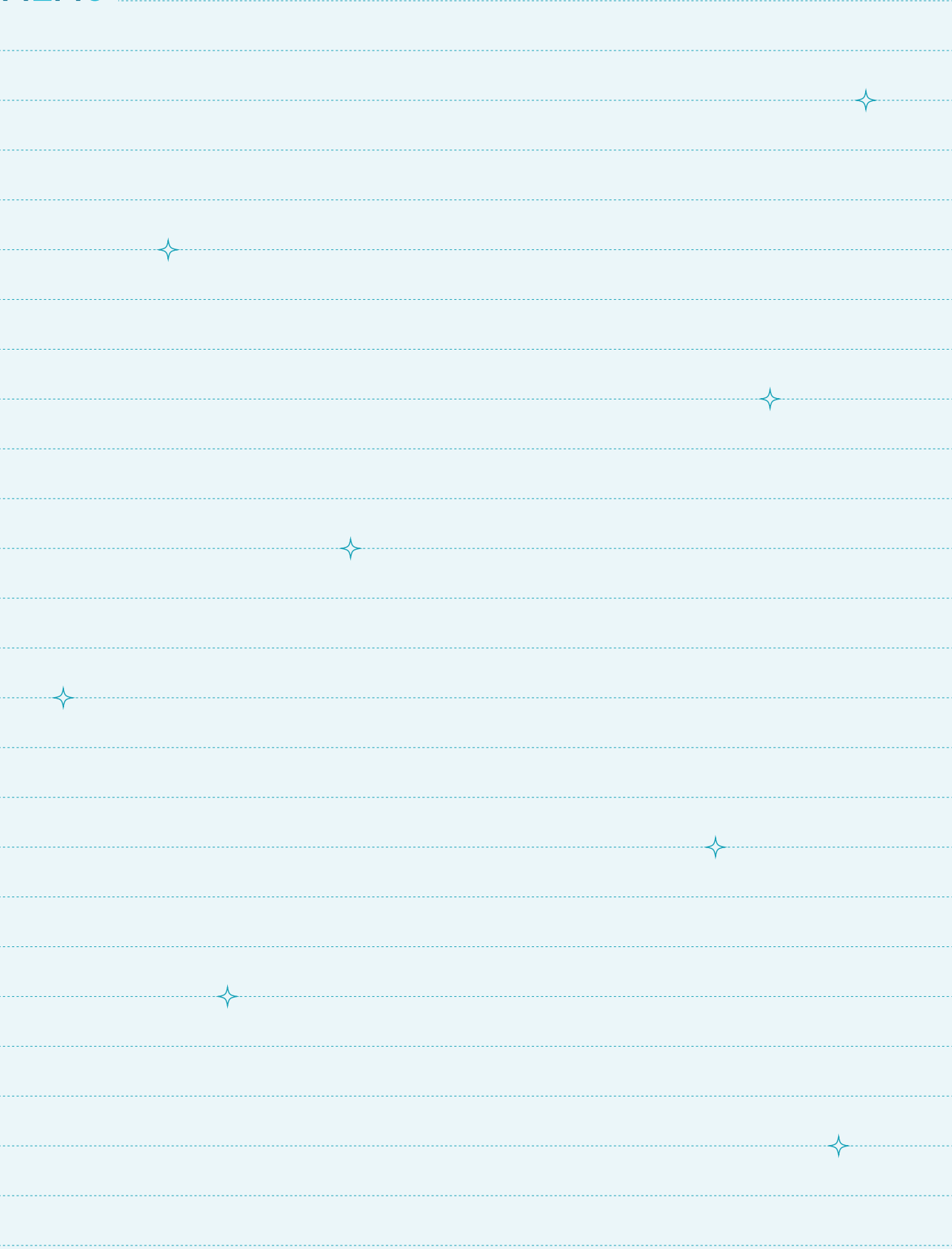
A series of horizontal dashed lines for writing, with decorative starburst symbols placed at various points along the lines.



The page features a series of horizontal dashed lines for writing. There are 10 starburst symbols scattered across the page, each placed on a different line. The starbursts are light blue and have a four-pointed, spark-like shape. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.

# MEMO

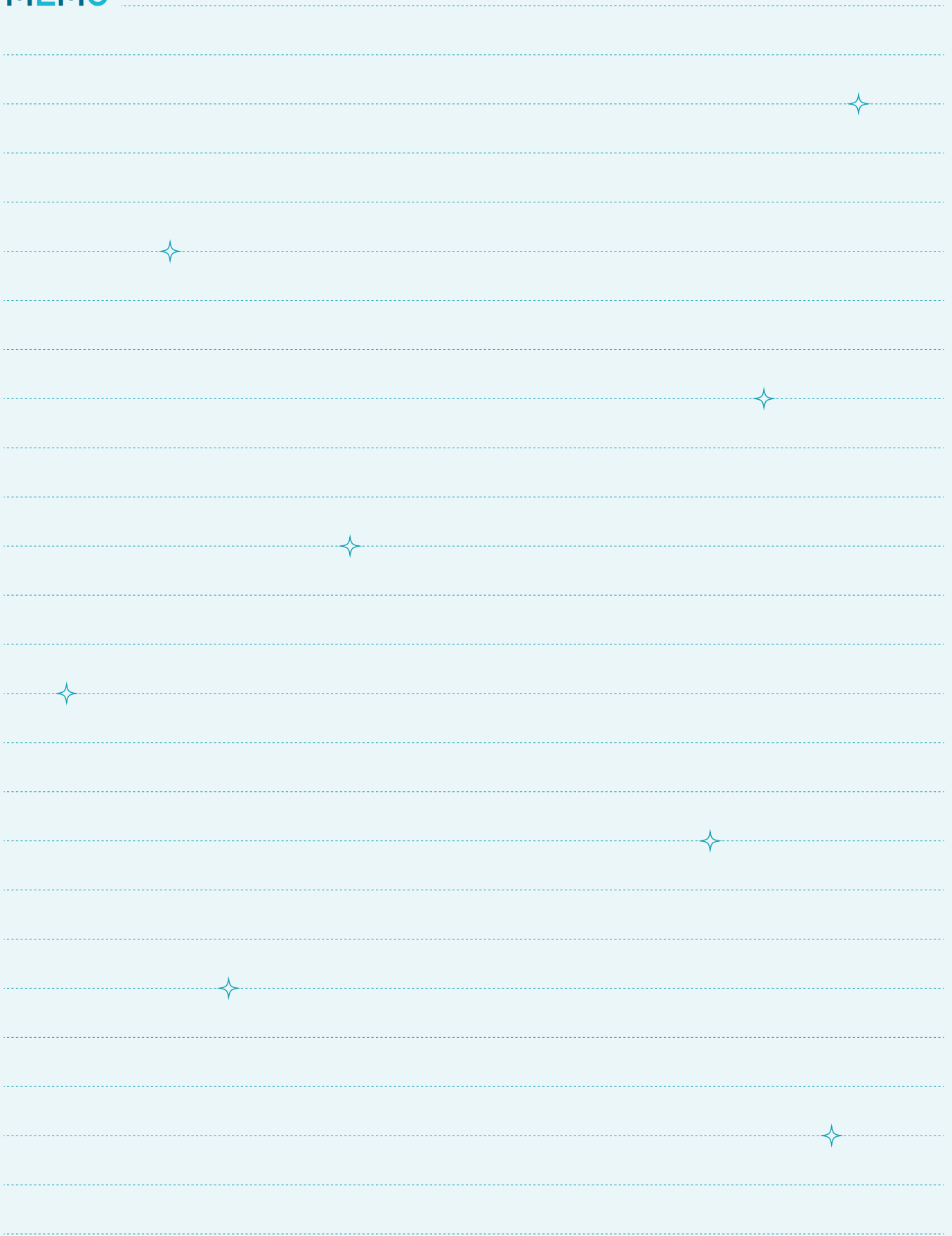
A series of horizontal dashed lines for writing, with decorative starburst symbols placed at various intervals.



The page contains 20 horizontal dashed lines. There are 10 decorative starburst symbols (four-pointed stars) scattered across the page. The symbols are located at approximately the following vertical positions: 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%, 75%, 85%, 95%, and 98% of the page height.

# MEMO

A series of horizontal dashed lines for writing, with decorative starburst symbols placed at various points along the lines.



The page features a series of horizontal dashed lines for writing. There are 10 starburst symbols scattered across the page, each placed on a different line. The starbursts are light blue and have a four-pointed, spark-like shape. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.