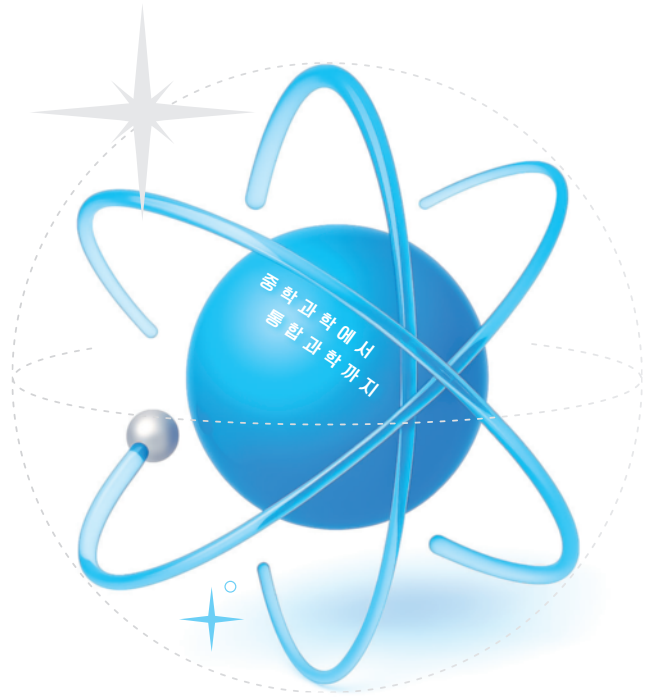


체크체크
시냅스 Synapse

물리학



정답과 풀이

01 힘

▶ 탐구 확인하기

12~13쪽

01 ② 02 ②

01 용수철이 늘어나는 길이는 용수철에 걸린 힘에 비례한다. 즉, 추의 개수와 늘어난 길이는 비례 관계이다. 그래프에서 추 1개를 걸었을 때 늘어난 길이는 1 cm임을 알 수 있다. 따라서 추 8개를 매달면 $1\text{ cm} \times 8 = 8\text{ cm}$ 만큼 늘어난다.

02 물체를 움직일 때는 바닥과의 마찰을 이겨야 한다. 나무 도막이 많을수록 무게가 커지고, 따라서 마찰도 커진다. (가)는 두 개, (나)는 하나, (다)는 세 개가 쌓여 있으므로 (나) < (가) < (다)가 된다.

▶ 실력 플러스 문제

14쪽

01 ① 02 ①, ④ 03 ②, ⑤ 04 ②

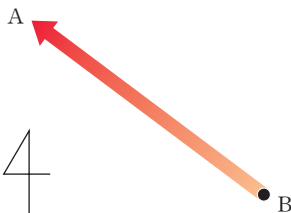
01 힘은 방향, 크기, 작용점의 세 요소로 나타낸다. 그림에서는 화살표의 길이가 크기를, 화살표가 향하는 쪽이 방향을, 화살표의 시작점이 작용점을 나타낸다.

오답 체크

ㄷ. 힘의 크기는 화살표의 길이로 나타내며 두께와는 관계가 없다.

ㄹ. 힘의 작용점은 화살표의 시작점 하나(B)이며, A는 단순히 끝점일 뿐이다.

자료 다시 보기 힘의 3요소



- 힘의 작용점: 힘이 작용하는 지점
- 힘의 크기: 화살표가 길수록 큰 힘을 나타낸다.
- 힘의 방향: 화살표가 가리키는 방향으로 힘이 작용한다.

02 윗접시저울은 두 물체의 질량을 비교하여 수평을 이루도록 하는 도구이다. 지구와 달 모두에서 수평이 이루어진 것은, 두 물체의 무게의 비가 같음을 뜻한다. 측정 장소에 따라 물체의 무게는 다를 수 있지만, 물체의 질량은 달라지지 않고 일정하다.

오답 체크

② 중력의 크기는 높이에 따라 달라지지만, 그림에서는 알 수 없다.

③ 달의 중력은 지구의 약 $\frac{1}{6}$ 이다.

⑤ 지구와 달의 중력 크기가 다르므로 같은 물체라도 무게는 다르다.

03 용수철에 물체를 매달아 정지해 있을 때, 아래로는 중력, 위로는 용수철의 탄성력이 작용하며 두 힘의 크기는 같다. 이때 용수철이 늘어나는 길이는 용수철에 작용하는 힘(= 물체의 무게)에 비례한다. 그림에서는 1 N일 때 2 cm 늘어난다.

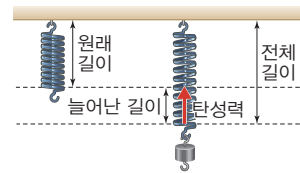
오답 체크

① 용수철의 탄성력은 1 N이다.

③ 비례하는 것은 '전체 길이'가 아니라 '늘어난 길이'이다.

④ 늘어난 길이는 힘에 비례한다.

자료 다시 보기 탄성체의 변형과 탄성력



- 용수철에 매단 추의 무게는 용수철의 전체 길이에 비례하는 것이 아니고, 용수철이 늘어난 길이, 즉 용수철이 변형된 길이에 비례한다.

04 마찰력의 크기는 물체의 무게에 비례한다. 접촉 면적의 크기는 영향을 주지 않는다. (가)와 (나)는 모두 무게가 1 kg으로 같으므로 마찰력도 같다. (다)는 무게가 2 kg이므로 마찰력이 더 크다. 따라서 (가) = (나) < (다)가 된다.

▶ 최상위 도전 문제

15~16쪽

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

01 질량은 물체의 고유한 양으로, 지구와 달 어디서나 일정하다. 반면 무게는 중력에 의해 달라지며, 달에서의 무게는 지구에서의 무게의 약 $\frac{1}{6}$ 이 된다. 따라서 질량이 커질수록 무게도 커지지만, 같은 질량이라도 지구에서의 무게가 달에서보다 훨씬 크다. 그래프에서 이 관계를 나타내면, 두 직선이 모두 원점을 지나며, 기울기는 지구 쪽이 달보다 크다.

자료 다시 보기 무게와 질량의 비교

구분	무게	질량
정의	물체에 작용하는 중력의 크기	물체가 가지고 있는 고유한 양
단위	N(뉴턴)	kg(킬로그램), g(그램)
측정 도구	용수철저울, 가정용 저울	윗접시저울, 양팔 저울
특징	측정 장소에 따라 달라진다.	측정 장소에 관계없이 일정하다.
관계	무게는 질량에 비례한다.	

02 용수철에 매단 추의 무게가 커질수록 늘어난 길이도 커진다. 그래프의 기울기는 $15 \text{ N} \div 6 \text{ cm} = 2.5 \text{ N/cm}$ 이므로, 추의 무게 2.5 N마다 1 cm가 늘어난다.

오답 체크

ㄱ. 이 실험은 용수철의 굵기를 바꾸지 않았으므로, 굵기에 따른 관계는 알 수 없다.

03 용수철이 늘어나는 길이는 걸린 힘의 크기에 비례한다. 달의 중력은 지구의 약 $\frac{1}{6}$ 이므로, 같은 추라도 달에서는 무게가 $\frac{1}{6}$ 이 된다.

지구에서 추 1개의 무게가 F 라면, 달에서는 추 1개의 무게가 $\frac{F}{6}$ 이므로, 2개를 매달면 전체 무게는 $2 \times \frac{F}{6} = \frac{F}{3}$ 이다. 따라서 늘어나는 길이는

$$18 \text{ cm} \times \frac{1}{3} = 6 \text{ cm} \text{가 된다.}$$

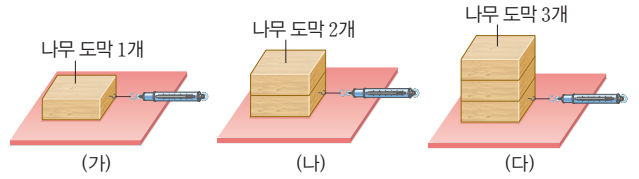
04 마찰력은 물체의 무게에 비례하며, 접촉면의 재질에 따라 크기가 달라진다. 나무 도막을 두 개를 쌓으면 나무 도막의 무게가 2배가 되므로 마찰력의 크기도 2배가 된다.

오답 체크

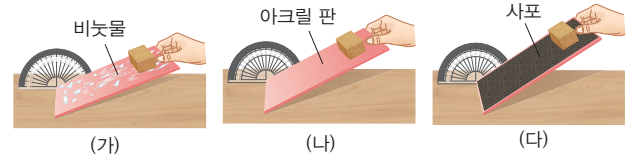
- ① (나)에서도 마찰력이 작용한다.
- ② 매끄러운 책상보다 거친 사포 위에서 더 큰 마찰력이 작용한다.
- ③ (가)와 (나)는 같은 물체이므로, 무게와의 관계를 알 수 있는 실험이 아니다.
- ④ 접촉 면적은 마찰력의 크기에 영향을 주지 않는다.

05 마찰력은 물체의 무게에 비례하고, 접촉 면적과는 무관하다. 하지만 접촉하는 면의 재질에 따라 달라진다. 나무 도막을 하나 더 쌓으면 무게가 커져 마찰력이 커지고, 나무 도막을 세워도 마찰력은 같다. 또한 거친 표면에서는 마찰력이 크고, 매끄러운 표면에서는 작다.

자료 다시 보기 마찰력의 크기



- ① 물체의 무게가 무거울수록 마찰력의 크기가 크다.
- 용수철저울의 눈금: (가) < (나) < (다)
- 마찰력의 크기: (가) < (나) < (다)

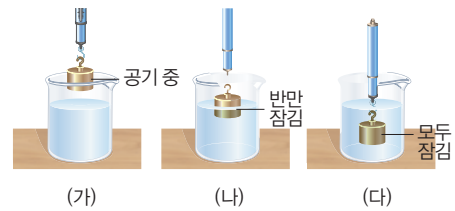


- ② 접촉면이 거칠수록 마찰력의 크기가 크다.
- 나무 도막이 미끄러지는 빗면의 기울기: (가) < (나) < (다)
- 마찰력의 크기: (가) < (나) < (다)

06 부력은 물체가 밀어낸 물의 무게와 같다. 물에 잠긴 부피가 클수록 부력이 크고, 추의 실제 무게와의 차이만큼 용수철 저울의 눈금이 줄어든다.

(가)에서는 추의 일부만 잠겨 있어 부력이 가장 작다. (나)에서는 절반 정도 잠겨 부력이 더 크다. (다)에서는 전부 잠겨 부력이 가장 크다. 따라서 용수철저울의 눈금은 (가) > (나) > (다)가 된다.

자료 다시 보기 부력의 크기



- 물에 잠긴 물체의 부피가 클수록 부력의 크기가 크다.
- 용수철저울의 눈금: (가) > (나) > (다)
- 부력의 크기: (가) < (나) < (다)

07 물체가 받은 부력만큼 물속에서 물체의 무게가 줄어든다. 즉, 공기 중에서의 물체 무게와 물속에서 물체의 무게의 차이가 부력을 나타내므로, A에 작용하는 부력은 $(3-1)=2 \text{ N}$, B는 $(5-4)=1 \text{ N}$, C는 $(8-7)=1 \text{ N}$ 이다.

오답 체크

- ㄴ. B에 작용하는 부력의 크기와 C에 작용하는 부력의 크기는 같다.
- ㄷ. 부력의 크기는 공기 중에서의 물체의 무게와 물속에서 물체의 무게의 차이 만큼이다.
- ㄹ. 부력은 물체의 질량이 아니라 물체가 밀어낸 물의 무게에 따라 정해진다.

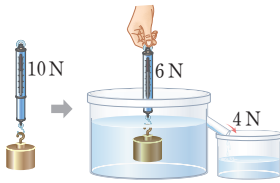
08 액체에 잠긴 물체에는 그 물체가 밀어낸 액체의 무게만큼 부력이 작용한다. 따라서 넘친 액체의 무게가 곧 부력의 크기이다.

A에서 넘친 무게는 2 N, B에서 넘친 무게는 3 N이므로, 물체에 작용하는 부력은 A에서 2 N, B에서 3 N이다. 각 액체 속에서 4 N인 물체의 무게를 잰다면 부력만큼 무게가 줄기 때문에 A에서 2 N, B에서 1 N이 측정된다.

오답 체크

ㄴ. B에서 작용하는 부력이 A에서보다 크다.

자료 다시 보기 물체가 밀어낸 물의 무게



- 공기 중에서 물체의 무게(10 N) = 물속에서 물체의 무게(6 N) + 물체가 밀어낸 물의 무게(4 N)
- 부력의 크기는 물체가 밀어낸 부피에 해당하는 물의 무게, 즉 넘친 물의 무게와 같다.

서술형 문제

17쪽

- 01 (1) A, B, C, D (2) 중력 (3) 해설 참조
- 02 (1) (다) > (가) > (나) (2) 해설 참조
- 03 (1) 21 N (2) 해설 참조
- 04 (1) (나) > (가) (2) 해설 참조

01 (1) A, B, C, D

- (2) 중력
- (3) **모범 답안** 중력은 연직 방향으로 작용한다.

채점 기준	배점
(1) 물이 쏟아지지 않는 컵을 모두 고른 경우	25%
(2) 힘의 명칭을 옳게 쓴 경우	25%
(3) 중력이 작용하는 방향이 지구 중심을 향하고 있음을 옳게 서술한 경우	50%
중력이 작용함을 근거로 서술한 경우	25%

02 (1) (다) > (가) > (나)

- (2) **모범 답안** 마찰력은 접촉면의 거칠기가 거칠수록 크다.

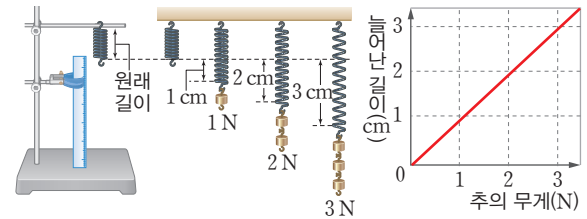
채점 기준	배점
(1) (가)~(다)를 각도가 큰 순서대로 옳게 비교한 경우	50%
(2) 접촉면의 거칠기와 마찰력의 관계를 옳게 서술한 경우	50%
접촉면의 거칠기와 마찰력의 관계를 서술하지 못한 경우	0%

03 (1) 21 N, 추 1개는 3 N이고 3 N마다 용수철이 5 cm씩 늘어난다. $35 \div 5 = 7$ 개 = 21 N

- (2) **모범 답안** 용수철이 늘어난 길이는 추의 무게에 비례한다.

채점 기준	배점
(1) 단위를 포함하여 정확한 수치를 옳게 쓴 경우	50%
(2) 용수철이 늘어난 길이와 추의 무게의 비례 관계를 옳게 서술한 경우	50%
용수철이 늘어난 길이와 추의 무게의 비례 관계를 서술하지 못한 경우	0%

자료 다시 보기 추의 무게에 따른 용수철의 길이 변화



04 (1) (나) > (가)

- (2) **모범 답안** 배에 작용하는 중력과 부력이 평형을 이루고 있으므로, 무게가 더 무거운 (나)의 배가 받는 부력이 더 크다.

채점 기준	배점
(1) (가)와 (나)의 크기를 옳게 비교한 경우	30%
(2) 배에 작용하는 중력만큼 부력이 작용함을 근거로 까닭을 옳게 서술한 경우	70%
배에 작용하는 중력의 크기가 다름을 근거로 까닭을 옳게 서술한 경우	30%

수능 맞보기

18~19쪽

- 1-1 ⑤ 1-2 ① 2-1 ② 2-2 ②

1-1 중력은 질량을 가진 물체들 사이에 항상 작용하는 끌어당기는 힘이다. 물체가 떨어지거나 빗방울이 아래로 움직이는 것은 중력 때문이며, 물체가 정지해 보어도 중력은 계속 작용하고 있다. 달이나 인공위성이 지구를 중심으로 원운동을 할 수 있는 것도 중력이 작용하기 때문이다. (가), (나), (다) 모두 중력의 영향을 받고 있다.

보기 분석

(가) 달은 원래 직선으로 움직이려 하지만, 지구가 달을 끌어당기는 중력이 계속 작용한다. 이 힘이 달의 운동 방향을 지구 중심 쪽으로 꺾어 주기 때문에, 달은 지구 주위를 원운동 한다.

(나) 빗방울은 지구 중심 방향으로 끌려 내려온다. 이는 지구가 빗방울에 작용하는 중력 때문이다.

(다) 식물은 중력을 감지하여 그 방향으로 뿌리를 내린다. 식물 내부에 '옥신'이라는 물질이 중력에 의해 한쪽 방향에 몰리면 그 부분만 식물의 성장 속도가 느려지고 결과적으로 뿌리가 성장하는 방향이 꺾여서 중력이 작용하는 방향으로 자라게 된다.

1-2 스카이다이버가 낙하하는 것과 인공위성이 지구 주위를 도는 것은 모두 중력에 의한 현상이다.

자료 분석 중력에 의해 지구 주위를 도는 인공위성

- ① 인공위성은 연직 방향에 대해 직각 방향으로 운동한다.
- ② 인공위성은 지구 중력에 의해 지구 중심 방향으로 힘을 받아 비스듬히 떨어지려 한다.
- ③ 그런데 지구는 둥글기 때문에 인공위성이 떨어지는 만큼 땅의 높이도 낮아지므로 인공위성과 지구의 거리는 일정하게 유지된다.

2-1 물체에는 아래쪽으로 중력과 손으로 당기는 힘이 작용하고, 위쪽으로는 실의 장력(당기는 힘)이 작용한다. 양쪽의 힘의 크기는 같고 방향은 반대여서 물체가 움직이지 않고 정지한다.

보기 분석

- ㄱ. (×) 물체에는 중력이 작용한다.
- ㄴ. (×) p에는 물체의 중력과 물체를 손으로 당기는 힘이 모두 작용하고 있다. q에는 물체를 손으로 당기는 힘만 작용하고 있다.
- ㄷ. (○) 물체가 q를 당기는 힘과 q가 물체를 당기는 힘은 서로 작용·반작용 관계이다.

자료 분석 물체에 작용하는 힘 1

- ① 물체에는 중력이 작용한다.
- ② p는 천장에 매여 있으므로 물체를 위쪽으로 당기는 장력을 준다.
- ③ q는 사람이 아래쪽에서 잡아당기고 있으므로 역시 아래쪽으로 힘을 준다.
- ④ 물체에는 중력(↓)과 p의 장력(↑), q의 장력(↓)이 함께 작용하여 평형을 이루어, 물체가 정지해 있다.

2-2 줄에 매달려 정지해 있다는 것은 장난감 집 B의 무게와 장난감 자동차 A가 줄을 당기는 힘의 크기가 같다는 뜻이다. 수평면은 A와 B의 무게를 모두 떠받치고 있다.

보기 분석

- ㄱ. (×) A가 줄을 당기는 힘의 크기는 B의 무게와 같다.
- ㄴ. (○) 수평면이 A를 위로 미는 힘의 크기는 A의 무게와 B의 무게를 더한 것과 같다.
- ㄷ. (×) 줄이 B를 당기는 힘과 B에 작용하는 중력은 평형 관계이며, 작용 반작용 관계는 아니다. 줄이 B를 당기는 힘의 반작용은 B가 줄을 당기는 힘이고, B에 작용하는 중력에 대한 반작용은 B가 지구를 당기는 힘이다.

자료 분석 물체에 작용하는 힘 2

- ① B에는 중력과 줄의 장력이 작용하며, B는 정지해 있으므로, 이 두 힘의 크기는 같다.
- ② A에는 중력과 줄을 통해 전달된 B의 무게가 함께 작용한다.
- ③ 수평면이 A에 작용하는 힘은 A, B의 무게와 평형을 이루어 A가 정지해 있다.

02 운동

▶ 탐구 확인하기

25쪽

- 01 ③, ⑤, ⑥ 02 ④ 03 ③, ⑤ 04 ④ 05 ④
06 ②

- 01 ③ 그네의 운동 — 그네가 오르내리면서 속력이 달라지고, 운동 방향도 바뀐다.
⑤ 시계추의 운동 — 진자 운동은 왕복하며 속력이 달라지고, 방향도 바뀐다.
⑥ 비스듬히 던진 물체의 운동 — 포물선 운동으로 속력이 달라지고, 진행 방향도 계속 변한다.

오답 체크

- ① 자유 낙하 운동은 속력만 변하고 방향은 일정하다.
② 인공위성의 원운동은 속력은 일정하고 방향만 변한다.
④ 선풍기 날개의 회전 운동은 속력은 일정하고 방향만 변한다.

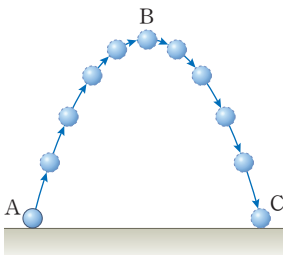
- 02 힘이 작용하면 물체의 모양이나 운동 상태(속력·방향)가 변할 수 있다. 즉, 힘은 물체를 변형시키거나, 움직이게 하거나, 운동 방향을 바꾸는 작용을 한다. 구르는 공이 멈추는 데는 마찰력 등의 운동을 방해하는 힘이 필요하다. 힘이 작용하지 않으면 공은 움직이는 상태를 그대로 유지한다.

- 03 포물선 운동은 속력과 방향이 모두 변하는 대표적인 운동이다. 수평 방향에서는 속도가 변하지 않고 일정하지만, 수직 방향에서는 중력 때문에 속력이 계속 변한다. 따라서 전체 운동은 속력도 달라지고 진행 방향도 달라진다.

오답 체크

- ③ 수직 방향의 속력은 위로 갈 때 줄어들고, 최고점에서 0이 되었다가 다시 커진다.
⑤ 최고점 B에서도 수평 속력은 남아 있으므로 전체 속력이 0이 아니다.

자료 다시 보기 포물선 운동



- 수직 방향 속력은 감소하다가 다시 증가한다.
- B점에서 속력은 수평 속력이 있으므로 0이 아니다.

- 04 쇠구슬이 자석에 의해 더 크게 끌리려면, 구슬에 작용하는

자기력이 커져야 한다. 자기력은 자석의 세기와 자석과의 거리에 따라 달라진다. 자석이 더 강하면 같은 거리에서도 더 큰 힘이 작용하여 쇠구슬의 운동 방향이 크게 변한다.

오답 체크

- ① 쇠구슬이 빗면을 내려오는 속력이 빨라지면 자석의 힘이 작용하는 시간이 줄어들어 방향 변화가 작아진다.
② 쇠구슬의 질량이 커지면 같은 힘에 대한 효과가 줄어 운동 방향 변화가 오히려 작아진다.
③ 빗면의 높이를 높게 하면 쇠구슬이 더 빠르게 떨어지고 운동 방향이 덜 변한다.
⑤ 거리를 멀리 하면 자기력이 약해져 방향 변화가 줄어든다.

- 05 힘이 작용하면 물체의 운동 상태가 변한다. 즉, 속력이 빨라지거나 느려지거나, 방향이 바뀌는 경우 모두 힘이 작용하고 있다는 뜻이다. 반대로 물체가 일정한 빠르기와 방향으로 움직인다면, 그때는 힘이 서로 평형을 이루고 있어서 알짜힘이 0인 상태이다. 사과가 점점 빠르게 떨어지는 것은 중력에 의해 속력이 커지고 있으므로 힘이 작용한다. 실에 매달린 지우개는 원운동을 하며 방향이 계속 바뀌므로 실이 잡아당기는 힘이 작용한다.

오답 체크

- ㄷ. 일정한 빠르기로 미끄러지는 썰매는 운동 상태가 변하지 않으므로 알짜힘이 작용하지 않는다.

- 06 연직 위로 던져 올린 공은 처음 던진 속력이 점점 줄어들다가 최고점에서 0이 된 후 다시 아래쪽으로 내려오면서 속력이 빨라진다.

오답 체크

- ① 자유 낙하는 속력이 계속 커지는 직선 그래프다.
③ 연직 아래로 던진 경우, 속력이 커지기만 하므로 V자 모양이 나오지 않는다.
④ 지표면을 굴러가는 공의 운동은 마찰이 없다면 일정한 속력을 유지하고, 마찰이 있다면 속력이 점차 줄어든다.
⑤ 수평 방향으로 던진 운동은 속력이 중력에 의해 계속 증가한다.

▶ 실력 플러스 문제

26쪽

- 01 ③ 02 ③ 03 ⑤ 04 ③ 05 ④

- 01 속력을 비교하려면 각각의 거리를 시간으로 나누어 계산해야 한다.

(가) 차타: $60 \text{ m} \div 5 \text{ s} = 12 \text{ m/s}$

(나) 버스: $72 \text{ km} \div 30 \text{ min}$

$= 72,000 \text{ m} \div 1,800 \text{ s} = 40 \text{ m/s}$

(다) 자동차: $180 \text{ km} \div 2 \text{ h}$
 $= 180,000 \text{ m} \div 7,200 \text{ s} = 25 \text{ m/s}$

(라) 자전거: $660 \text{ m} \div 60 \text{ s} = 11 \text{ m/s}$
 따라서 빠른 순서대로 나열하면, (나) $40 \text{ m/s} >$ (다) $25 \text{ m/s} >$ (가) $12 \text{ m/s} >$ (라) 11 m/s

02 (가)와 (나) 모두 연속 사진에서 물체 간격이 일정하다. 이는 같은 시간 간격마다 같은 거리를 이동한다는 뜻으로, 곧 등속 운동이다.

오답 체크

- ① (가)는 등속 운동이므로 속력이 줄어들지 않는다.
- ② (나)도 등속 운동이므로 속력이 늘어나지 않는다.
- ④ 같은 시간 동안 (나)의 공이 (가)보다 많이 이동하므로 (나)의 속력이 (가)의 속력보다 빠르다.
- ⑤ 같은 시간 동안 이동 거리는 (나)가 더 크다.

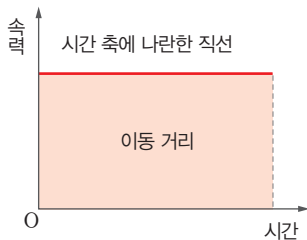
03 두 물체 A, B는 모두 속력 변화가 없는 등속 운동을 한다. 이동 거리는 그래프 아래 넓이로 구한다.

거리 = 속력 × 시간이므로,
 A: $5 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 100 \text{ m}$
 B: $3 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 60 \text{ m}$

오답 체크

- ① 그래프가 수평이므로 속력은 일정하다.
- ② A는 20 s 동안 100 m 이동한다.
- ③ B는 10 s 동안 30 m 이동한다.
- ④ 0~10 s 동안 A는 50 m, B는 30 m를 이동한다. 차이는 20 m이다.

자료 다시 보기 등속 직선 운동의 그래프



- 그래프 아래부분의 넓이는 이동 거리와 같다.
- 속력(축의 값)이 일정하다.

04 등속 직선 운동은 물체가 한 방향으로 일정한 속력으로 움직이는 운동을 말한다. 이때 물체의 속력이나 운동 방향이 변하지 않으므로, 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. 즉, 등속 직선 운동은 힘이 작용하지 않거나, 여러 힘이 서로 평형을 이룰 때 일어난다. ③에서 운동하는 물체에 힘이 작용하면 물체의 속력이나 방향이 변하므로, 등속 직선 운동이 될 수 없다.

05 자유 낙하 운동에서는 모든 물체가 같은 가속도로 낙하한

다. 이 가속도는 9.8 m/s^2 로 일정하며, 질량과 관계없이 속력이 매초 일정하게 증가한다.

오답 체크

ㄴ. 속도의 증가 정도는 질량과 관계가 없다.

최상위 도전 문제

27~28쪽

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

01 이동 거리 - 시간 그래프에서 기울기는 속력을 의미한다. 0~2초 동안은 이동 거리가 4 m 늘었으므로 속력은 2 m/s 이다. 2~6초 동안 이동 거리가 변하지 않으므로 속력은 0 m/s 이다. 6~8초 동안 이동 거리가 8 m 늘었으므로 속력은 4 m/s 이다.

오답 체크

- ① 0~2초 구간에서 속력은 2 m/s 로 일정하다.
- ② 2~6초 구간에서는 이동 거리가 변하지 않는다.
- ③ 6~8초 동안의 이동 거리는 8 m이다.
- ④ 0~8초 동안 총 이동 거리는 12 m이므로 평균 속력은 $12 \text{ m} \div 8 \text{ s} = 1.5 \text{ m/s}$ 이다.

02 표를 보면 A는 1초마다 3 m씩, B는 1초마다 6 m씩 이동한다. 즉 A는 3 m/s , B는 6 m/s 의 속력으로 등속 운동을 한다. 따라서 두 물체의 운동을 나타낸 그래프는 시간에 따라 각각 3, 6으로 일정하게 유지되는 수평선 그래프가 되어야 한다.

03 거리 - 시간 그래프에서 기울기는 속력을 나타낸다. 원점을 지나는 직선이면 등속 운동이며, 기울기가 클수록 더 빠르다. 그래프에서 A의 속력은 2 m/s , B는 1 m/s 이다. 10 s 후 이동 거리는 A가 20 m, B는 10 m이므로 차이는 10 m이다.

04 물체는 4 m/s 의 일정한 속력으로 10초 동안 운동하고 있다. 따라서 이동 거리는 $4 \text{ m/s} \times 10 \text{ s} = 40 \text{ m}$ 가 된다. 그래프의 아래 넓이가 이동 거리를 나타낸다.

오답 체크

- ㄴ. 속력이 일정하므로 '일정하게 증가한다.'는 잘못된 설명이다.
- ㄷ. 이동 거리는 그래프 아래 넓이로 구한다.

05 속력 - 시간 그래프가 수평이므로 두 물체는 등속 운동이다. A, B 각각 20초 동안의 이동 거리를 구하면:

A: $5 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 100 \text{ m}$

B: $3 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 60 \text{ m}$

따라서 두 물체 사이의 거리는 $100 \text{ m} - 60 \text{ m} = 40 \text{ m}$ 이다.

06 등속 직선 운동은 속력이 일정하게 유지되는 운동이고, 등가속도 운동은 속도가 일정한 크기로 점점 커지거나 작아지는 운동이다. 즉, 등속 운동에서는 가속도가 0, 등가속도 운동에서는 가속도가 일정하지만 0이 아니다. 또한 등속 운동의 속도-시간 그래프는 기울기가 0인 수평선, 등가속도 운동의 속도-시간 그래프는 기울기가 있는 직선이다.

07 자유 낙하 운동은 공기가 없다고 가정했을 때 물체가 오직 중력만 받아 낙하하는 운동이다. 속력은 매초 9.8 m/s씩 일정하게 증가하고, 운동 방향은 계속 아래쪽으로 유지된다. 다중 선택 사진에서 공 사이의 간격이 점점 넓어지는 것은 속력이 증가하고 있음을 보여 준다.

오답 체크

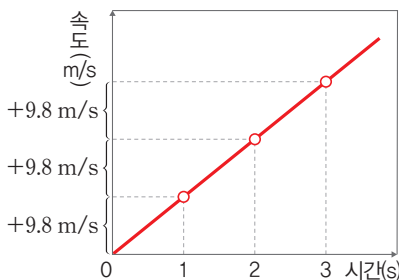
- ① 낙하하는 공에는 중력이 작용한다.
- ② 운동 방향은 일정하게 아래쪽이다.
- ③ 공과 공 사이 간격은 점점 넓어지므로 일정하지 않다.
- ⑤ 중력이 일정하게 작용하므로 힘의 크기는 일정하다.

08 자유 낙하 하는 공에는 항상 중력이 작용하여 속력이 점점 커진다. 따라서 다중 선택 사진에서 공 사이 간격이 넓어진다.

오답 체크

- ㄷ. 시간에 따라 점점 속력이 빨라진다. 낙하 거리는 시간의 제곱에 비례한다.
- ㄹ. 달에서는 중력이 지구보다 약하므로 속력이 더 천천히 증가한다. 같은 시간 간격이라도 공 사이의 간격은 좁아진다.

자료 다시 보기 자유 낙하 운동의 그래프



자유 낙하 하는 물체의 이동 거리는 그래프의 아래 넓이와 같다. 그래프의 기울기는 중력 가속도 $g(9.8 \text{ m/s}^2)$ 이므로, t 초일 때의 이동 거리 $S = \frac{1}{2}gt^2$ 이다. → 즉, 자유 낙하 운동에서 이동 거리는 시간의 제곱에 비례함을 알 수 있다.

09 쇠구슬과 깃털을 동시에 떨어뜨리면, (가)와 (나)에서 모두 중력이 작용하여 속력이 빨라지는 운동을 한다. (가)와 같이 공기 중에서는 공기 저항 때문에 가벼운 깃털이 늦게 도착하고, 쇠구슬이 먼저 땅에 닿는다. (나)처럼 진공에서는 공기 저항이 사라져 두 물체가 똑같이 자유 낙하 한다. 따라서 동시에 지면에 도착한다.

서술형 문제

29쪽

- 01 (1) 철수: 1 m/s, 영희: 4 m/s (2) 해설 참조
- 02 (1) 해설 참조 (2) 등속 운동을 하고 있다. (3) 4 m/s
- 03 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
- 04 해설 참조

01 (1) 철수: 평균 속도 = $\frac{7.2 \text{ km}}{2 \text{ h}} = \frac{7200 \text{ m}}{7200 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$

영희: 평균 속도 = $\frac{100 \text{ m}}{25 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}$

(3) **모범 답안** 걸리는 시간 = $\frac{\text{거리}}{\text{속력}} = \frac{100 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 100 \text{ s}$

채점 기준		배점
(1)	철수와 영희의 평균 속력을 모두 옳게 구한 경우	50%
(2)	풀이 과정을 포함하여 답을 옳게 서술한 경우	50%
	답을 옳게 서술했지만 풀이 과정이 미흡한 경우	25%

02 (1) **모범 답안** A 구간 이동 거리는 그래프의 아래 면적 넓이와 같으므로, 이동한 거리 = $6 \times 10 \div 2 = 30 \text{ m}$

(2) 등속 운동을 하고 있다.

(3) 평균 속도 = $\frac{\text{전체 이동 거리}}{\text{전체 걸린 시간}} = \frac{30 + 60 + 30}{30} = 4 \text{ m/s}$

채점 기준		배점
(1)	풀이 과정을 포함하여 답을 옳게 서술한 경우	40%
	답을 옳게 서술했지만 풀이 과정이 미흡한 경우	20%
(2)	등속 운동, 또는 속력이 일정함을 옳게 서술한 경우	30%
(3)	정확한 답을 옳게 쓴 경우	30%

03 (1) **모범 답안** 같은 시간 동안 이동한 거리는 일정하게 늘어난다.

(2) **모범 답안** 달의 중력은 지구의 중력보다 약하므로, 중력 가속도의 크기도 작기 때문에 공이 더 천천히 떨어진다. 따라서 공과 공 사이의 간격은 줄어든다.

채점 기준		배점
(1)	같은 시간 동안 이동 거리가 일정하게 늘어남을 옳게 서술한 경우	30%
(2)	달의 중력과 관련 지어 공의 속도가 느려짐을 근거로 공과 공 사이의 간격이 줄어들음을 옳게 서술한 경우	70%
	공과 공 사이의 간격이 줄어들음을 서술했지만 그 근거가 미흡한 경우	30%

04 **모범 답안** 자유 낙하 하는 물체는 물체의 질량에 관계없이 동일한 중력 가속도로 빨라지므로 깃털과 쇠구슬이 동시에 지면에 도달한다.

채점 기준		배점
자유 낙하 하는 물체의 속도가 질량과 관계없음을 옳게 서술한 경우		100%
자유 낙하 하는 물체가 중력에 의해서 낙하함을 서술한 경우		30%

1-1 ① 1-2 ④ 2-1 ⑤ 2-2 ⑤

1-1 자유 낙하 운동은 물체가 공기 저항 없이 지구의 중력만 받아 떨어지는 운동이다. 등가속도 운동으로, 속력은 매초 9.8 m/s씩 일정하게 증가한다. 낙하 거리는 시간의 제곱에 비례한다. 질량과는 무관하게 모든 물체가 같은 가속도로 떨어진다. 물체를 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면(공기 저항 무시) 두 물체는 같은 가속도 g 로 낙하한다. 무게(중력의 크기)는 질량에 비례하여 $F=mg$ 이다.

보기 분석

- ㄱ. (○) A(5 kg)가 B(1 kg)보다 무겁기 때문에 중력의 크기가 더 크다.
- ㄴ. (×) 같은 높이에서 떨어지면 두 물체가 도달하는 시간은 같다.
- ㄷ. (×) 자유 낙하의 가속도(단위 시간당 속도 변화량)는 g 로 같다.

1-2 공기 저항이 없으면 모든 물체는 같은 가속도 g 로 떨어진다. 속력은 시간이 지날수록 일정한 비율로(등가속도) 커진다. 공기 중에서는 가벼운 물체가 저항을 더 받아 느리게 내려온다.

보기 분석

- ㄱ. (×) (나)에서 쇠구슬의 속력 → 자유 낙하이므로 시간에 따라 계속 커진다(등가속도).
- ㄴ. (○) 깃털에 작용하는 중력의 크기는 (가)와 (나)에서 같다.
- ㄷ. (○) 공기 저항이 없고 같은 높이에서 동시에 떨어뜨리면 질량과 상관없이 두 물체는 동시에 바닥에 도달한다.

2-1 수평으로 던진 물체의 운동에서 수평 방향은 등속 운동, 수직 방향은 자유 낙하 운동이다. 두 운동이 합쳐져 포물선 운동이 된다. 따라서 수평 속력은 일정하고, 수직 속력은 점점 커진다. 같은 높이에서 수평으로 던진 물체와 그냥 떨어뜨린 물체는 동시에 땅에 도착한다. 수평으로 던져진 B의 운동은 수평 성분과 수직 성분을 독립적으로 생각하여 분석할 수 있다. B의 수평 성분은 등속 운동, 수직 성분은 자유 낙하 운동을 하므로, 같은 높이에서 시작한 A와 B는 수직 방향 운동이 완전히 동일하다.

보기 분석

- ㄱ. (○) A는 중력에 의해 자유 낙하 하므로, 속력이 계속 커진다.
- ㄴ. (○) B가 땅에 닿는 순간의 수평 방향 운동은 등속 운동이므로, 속력은 처음과 같은 v 이다.
- ㄷ. (○) B의 수직 방향 운동과 A의 운동은 완전히 동일하

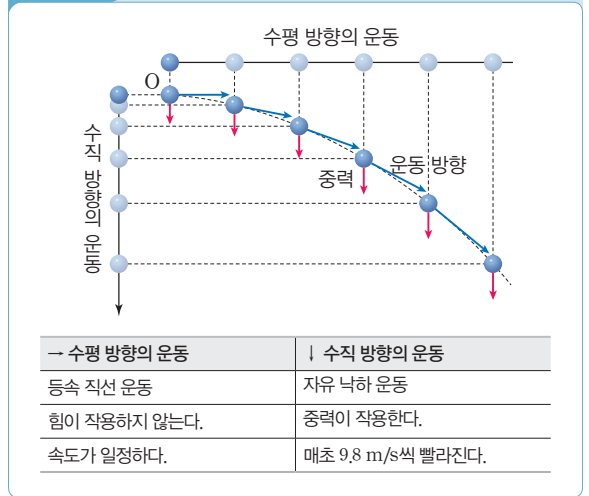
게 운동하므로, B가 p (높이 h)를 지날 때 A도 높이 h 에 있다.

2-2 수평으로 던진 A의 수평 방향 운동은 등속 운동, 수직 방향 운동은 자유 낙하 운동이다. B는 처음 속도 0인 자유 낙하 운동이다. 두 물체의 수직 방향 운동은 동일하므로 항상 같은 시간에 같은 높이에 위치한다.

보기 분석

- ㄱ. (○) A의 2 s 동안 수평 이동 거리가 20 m이므로, $v=20 \div 2=10$ m/s이다.
- ㄴ. (○) 초기 A와 B의 수평 간격이 20 m이므로, 1 s 뒤 A가 수평으로 10 m 이동하여 A와 B 사이 간격은 10 m가 된다.
- ㄷ. (○) 두 물체에 작용하는 중력의 방향은 항상 아래쪽으로 같다.

자료 분석 수평으로 던진 물체의 운동



03 역학적 에너지

탐구 확인하기

37쪽

01 ④ 02 ③ 03 ② 04 ④

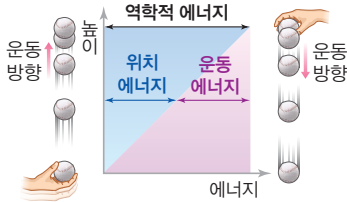
01 자유 낙하에서는 공기 저항을 무시하면 힘은 중력만 작용하고, 아래 방향으로 등가속도 운동을 한다. 낙하할수록 속력은 커지며, (낙하한 높이만큼 중력이 한 일)=(운동 에너지 증가량)이다. O에서 A 지점까지 중력이 추에 한 일은 $W = mgh = (1 \times 9.8) \text{ N} \times 0.5 \text{ m} = 4.9 \text{ J}$ 이다.

02 공을 던져 올리면 위로 갈수록 위치 에너지가 커지고(운동 에너지는 줄고), 내려올수록 위치 에너지는 줄며(운동 에너지는 늘어남), 같은 높이에서는 위치 에너지가 같다.

오답 체크

ㄴ. B → C로 내려오면서 위치 에너지가 줄고 그만큼 운동 에너지가 증가한다.

자료 다시 보기 역학적 에너지 보존 법칙



- 물체가 올라갈 때:
증가한 위치 에너지 = 감소한 운동 에너지
- 물체가 내려갈 때:
감소한 위치 에너지 = 증가한 운동 에너지
→ 역학적 에너지는 항상 일정하다.

03 중력이 한 일 $W = mgh = 5 \times 9.8 \times 0.5 = 24.5 \text{ J}$ 이다. 자유 낙하에서 중력이 한 일이 운동 에너지로 전환되므로, 운동 에너지 $E_k = 24.5 \text{ J}$ 이다.

04 감소한 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되므로, 운동 에너지 $E_k =$ 감소한 위치 에너지 $= mgh$ 에서 $2 \times 9.8 \times 4.9 = 96.04 \text{ J}$ 이다. 또한 운동 에너지는

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \text{ 이므로,}$$

$$96.04 \text{ J} = \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times v^2 \text{ 이고,}$$

속력은 $v = 9.8 \text{ m/s}$ 이다.

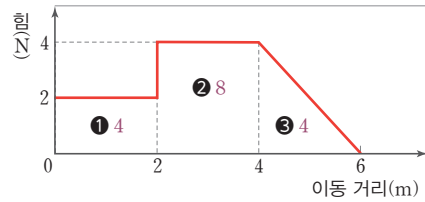
실력 플러스 문제

38쪽

01 ① 02 ④ 03 ④ 04 ④

01 한 일의 양은 그래프 아래부분 넓이와 같다.

자료 다시 보기 힘 - 이동 거리 그래프에서 한 일의 양



- ① 사각형 넓이: $(2 \times 2) = 4$
 - ② 사각형 넓이: $(2 \times 4) = 8$
 - ③ 삼각형 넓이: $(2 \times 4 \div 2) = 4$
- 그래프 아래부분의 넓이 = ① + ② + ③ = 16 (J)

02 공이 가진 운동 에너지가 모두 위치 에너지로 전환되었을 때 공이 최고 높이에 도달한다. 초기의 운동 에너지는

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 14^2 = 196 \text{ 이다.}$$

이것이 모두 위치 에너지 E_p 로 전환되면,

$$196 = mgh = 2 \times 9.8 \times h \text{ 에서}$$

$h = 10$ 이다.

03 속도 - 시간 그래프에서 이동 거리는 그래프의 아래 면적이다.

$$\text{• 그래프의 면적: } \frac{1}{2} \times 5 \times 10 + \frac{1}{2} \times 5 \times 10 = 50 \text{ m}$$

이동 거리(높이) h 만큼 물체가 이동했을 때 중력에 의한 위치 에너지는 $E_p = mgh$ 이므로,

$$\text{• 위치 에너지} = mgh = 10 \times 9.8 \times 50 = 4900 \text{ J}$$

04 말뚝이 박히는 깊이는 추의 위치 에너지($= mgh$)에 비례한다. 따라서, (추의 질량) \times (떨어진 높이) 값이 클수록 더 깊이 박힌다. 여기서는 g 가 일정하므로 간단히 mh 값을 비교하면 된다.

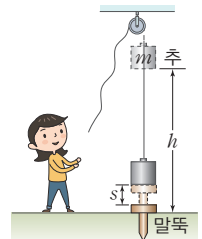
- A: $1 \times 50 = 50$
- B: $2 \times 100 = 200$
- C: $3 \times 50 = 150$
- D: $3 \times 100 = 300$
- E: $4 \times 60 = 240$

따라서 D가 가장 깊이 박힌다.

자료 다시 보기 위치 에너지 → 일

- 추의 위치 에너지가 말뚝을 박는 일을 한다.
- 추의 위치 에너지 감소량 = 마찰력 \times 말뚝이 박힌 거리

$$mgh = Fs$$



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

01 일(W)은 물체에 작용한 힘과 힘의 방향으로 이동한 거리의 곱이다. 따라서, 힘이 이동 방향과 수직일 경우에는 일의 양이 0이 된다.

(가) 5 kg 물체를 2 m 위로 올렸을 때:

$$W = mgh = 5 \times 9.8 \times 2 = 98 \text{ J}$$

(나) 인공위성에 힘이 작용하는 방향과 인공위성이 운동하는 방향이 서로 수직이므로, 일의 양은 0 J이다.

(다) 5 N의 힘으로 2 m 옆으로 이동했을 때:

$$W = Fs = 5 \times 2 = 10 \text{ J}$$

(라) 10 N의 힘으로 책을 2 m 올렸을 때:

$$W = Fs = 10 \times 2 = 20 \text{ J}$$

따라서 일을 많이 한 것부터 순서대로 나열하면 (가) - (라) - (다) - (나)이다.

02 (사람이 한 일) = (물체에 작용한 힘) × (이동한 거리)이고, 제시된 상황은 세 가지 과정으로 나눌 수 있다.

- 물체를 1 m 들어 올리는 과정
 $\rightarrow W = mgh = 2 \times 9.8 \times 1 = 19.6 \text{ J}$
- 책을 들고 3 m 이동 \rightarrow 책을 드는 힘은 중력의 반대 방향이고, 이동 방향은 중력에 수직인 방향이다. 힘의 방향과 이동 방향이 서로 수직이므로 한 일의 양은 0이다.
- 책상 위에서 1 m 이동 \rightarrow 책상의 마찰력에 대하여 일을 한다. $W = Fs = 3 \times 1 = 3 \text{ J}$

따라서, 총 일의 양 = $19.6 + 0 + 3 = 22.6 \text{ J}$ 이다.

자료 다시 보기 과학에서 일이 아닌 경우



- ① 힘을 작용했지만 이동 거리가 0일 때
- ② 이동은 하지만 작용한 힘이 0일 때
- ③ 힘이 작용하고 이동도 했지만 그 방향이 서로 직각일 때

03 공기 저항이 없으면 역학적 에너지 (= 위치 에너지 + 운동 에너지)는 보존된다. 따라서 맨 처음의 에너지와 지면에 닿는 순간의 역학적 에너지는 서로 같다. 지면을 기준으로 맨 처음의 에너지는

$$E_0 = mgh + \frac{1}{2}mv^2 = 2 \times 9.8 \times 5 + \frac{1}{2} \times 2 \times 36 = 134 \text{ J}$$

이므로, 지면에 닿는 순간 $h=0$ 이므로,

$$E_0 = E_k = 134 \text{ J}$$

04 공기 저항이 없을 때 역학적 에너지(위치 에너지 + 운동 에너지)는 일정하게 보존된다. 물체를 연직 위로 던지면 속력은 중력 가속도에 의해 일정하게 감소하여 t 초에 0이 되면서 최고점에 도달한다. 이후 다시 일정하게 속력이 커진다. 역학적 에너지는 전 과정에서 일정하므로 시간에 상관없이 $E = \frac{1}{2}mv^2$ 으로, 처음의 운동 에너지와 같다.

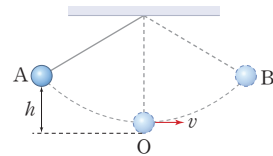
오답 체크

- ① 0~ t 초 동안 속력이 0까지 감소하므로 운동 에너지는 감소한다.
- ② t 초에 물체는 최고점에 도달한다.
- ④ 2 t 초엔 초기 속력을 되찾으며 기준면으로 돌아온 상태이다.
- ⑤ $t \sim 2t$ 초 동안 중력에 의한 위치 에너지가 감소한다.

05 공기 저항이 없으므로 역학적 에너지는 보존된다. 진자의 운동에서 진자가 A(또는 D) 위치일 때는 잠시 속력이 0이 되어 운동 에너지가 0이 된다. 진자가 C까지 움직이면서 높이 차이만큼 위치 에너지가 줄어들고, 그만큼 운동 에너지로 전환된다.

A, D의 높이: 5 m, C의 높이: 2 m \rightarrow 높이 차 = 3 m 이므로, 위치 에너지 감소량 = $mgh = 2 \times 9.8 \times 3 = 58.8 \text{ J}$ 이다. 따라서 C점에서의 운동 에너지 = 58.8 J이다.

자료 다시 보기 진자 운동



- A, B점에서 운동 에너지는 0이고, 위치 에너지는 최대이다.
- O점의 운동 에너지는 최대이고, A점의 위치 에너지와 같다.

06 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ 에서 $v = \sqrt{2gh}$ 이므로, v 는 낙하한 거리의 제곱근에 비례한다.

- 9 m 높이: 낙하 거리 1 m, $v_1 = \sqrt{2g \times 1} = \sqrt{2g}$
- 1 m 높이: 낙하 거리 9 m, $v_2 = \sqrt{2g \times 9} = \sqrt{18g}$

따라서 $v_1 : v_2 = \sqrt{2} : \sqrt{18} = 1 : 3$ 이다.

07 레일에 마찰이 없으므로 수레가 A에서 C까지 이동할 때, 역학적 에너지가 보존된다. C에서 수레가 나무 도막을 밀고 간 후 멈췄으므로, 수레가 나무 도막에 한 일은 수레가 C에서 가지고 있던 운동 에너지와 같다. C에서 수레의 운동 에너지는 A와 C의 높이 차(5 m - 4 m)에 해당하는 위치 에너지이다.

오답 체크

ㄷ. B와 C에서 수레의 운동 에너지 차이는 C에서의 수레의 위치 에너지와 같다.

- 08** 마찰과 공기의 저항이 없으므로 롤러코스터의 역학적 에너지는 보존된다. A점에서 정지 상태일 때 위치 에너지가 최대이고, 운동 에너지는 0이다. B점에서 위치 에너지가 최소이고 운동 에너지가 최대이다. C점에서는 운동 에너지와 B점을 기준으로 한 위치 에너지를 합쳐야 역학적 에너지가 된다.

◆ 서술형문제

41쪽

- 01** (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
02 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
03 해설 참조
04 (1) 30 m (2) 해설 참조

- 01** (1) **모범 답안** 힘이 작용하고 그 방향으로 물체가 이동하는 것
 (2) **모범 답안** (다). 힘이 작용했지만 이동 거리가 0이므로 한 일은 0이다.
 (라). 힘과 이동 방향이 서로 수직이다.

채점 기준		배점
(1)	힘, 이동, 방향 세 가지 요소를 중심으로 일의 정의를 옳게 서술한 경우	50%
	힘, 이동, 방향 중 두 가지 요소를 이용해 일의 정의를 서술한 경우	25%
(2)	답을 옳게 고르고 힘과 운동 방향에 관한 설명을 근거로 하여 까닭을 설명한 경우	50%
	답을 옳게 골랐으나 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	25%

- 02** (1) **모범 답안** $(9.8 \times 2) \text{ N} \times 1 \text{ m} = 19.6 \text{ J}$
 (2) **모범 답안** 19.6 J. 중력이 물체에 한 일이 운동 에너지로 전환된다.

채점 기준		배점
(1)	풀이 과정을 포함하여 답을 옳게 서술한 경우	50%
	답을 옳게 서술했으나 풀이 과정이 미흡한 경우	25%
(2)	운동 에너지를 정확히 구하고, 운동 에너지와 중력이 한 일의 관계를 옳게 서술한 경우	50%
	운동 에너지를 정확히 구했으나 운동 에너지와 중력이 한 일의 관계에 대한 설명이 미흡한 경우	25%

- 03** **모범 답안** $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ 에서 $v = \sqrt{2gh}$ 이므로,

$$v = \sqrt{2 \times 10 \times 20} = 20 \text{ m/s}$$

채점 기준		배점
풀이 과정을 포함하여 답을 옳게 서술한 경우		100%
답을 옳게 서술했으나 풀이 과정이 미흡한 경우		30%

- 04** (1) 30 m. 물체가 낙하할 때 공기의 저항이 없으면 낙하하면서 잃은 위치 에너지가 그대로 운동 에너지로 바뀐다. 즉,

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

속력이 14 m/s가 되는 순간을 생각하면, A점에서 B점까지의 낙하 높이 $(40 - h)$ 에 대해

$$mg(40 - h) = \frac{1}{2}m(14)^2$$

$$9.8(40 - h) = 98$$

$$40 - h = 10$$

따라서, $h = 30 \text{ m}$ 이다.

- (2) **모범 답안** 자유 낙하하는 물체의 속력은 낙하 거리의 제곱근에 비례하므로, 속력이 2배가 되기 위해서는 낙하 거리는 4배가 되어야 한다. 따라서 $4 \times 40 = 160 \text{ m}$ 이다.

채점 기준		배점
(1)	물체의 속력이 14 m/s가 되는 B 지점의 높이를 옳게 쓴 경우	30%
(2)	답을 정확히 구하고, 수학적 접근법으로 그 까닭을 옳게 서술한 경우	70%
	답을 정확히 구했으나 그 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	30%

◆ 수능 맛보기

42~43쪽

- 1-1 ③ 1-2 ③ 2-1 ④ 2-2 ④

- 1-1** 운동량은 운동의 정도를 나타내는 물리량이다. 물체의 질량과 속도의 곱으로 정의되며, 외부 힘이 작용하지 않으면 보존된다. 충격량은 힘과 작용 시간을 곱한 값으로, 운동량의 변화를 결정한다.

그림 (가)의 장난감 자동차는 매끈한 바다 위를 일정한 속력으로 운동하다가 1초부터는 흙바닥 위를 달리며 마찰력을 받기 시작하여 서서히 속력이 줄어든다. 2초 이후에는 벽에 붙어 있는 쿠션과 충돌하여 2.5초에 완전히 정지한다. 운동량은 $p = mv$ 로 계산하며, 질량이 일정할 때에는 운동량의 변화가 곧 속도의 변화로 이어지므로 그래프의 세로축 값을 통해 속도를 바로 알 수 있다. 흙바닥의 마찰력에 의해 받은 충격량 $I = \Delta p$ 로 표현되고, 물체가 받은 평균 힘의 크기는 $I = Ft$ 에서, $F = \frac{I}{t}$, 즉 받은 충격량을 힘을 받은 시간으로 나누어 구할 수 있다.

보기 분석

- ㄱ. (○) 0.5초일 때의 운동량은 $0.3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이고, 장난감 자동차의 질량은 0.5 kg 이다. 운동량 $p = mv$ 에서, 운동량을 질량으로 나누면 속력을 구할 수 있다.

$$0.3 \div 0.5 = 0.6 \text{ m/s}$$

- ㄴ. (○) 일정한 시간 동안 A가 받은 충격량의 크기는 그동안 A의 운동량의 변화량의 크기와 같다. 그림 (나)에서 1~2초 동안 A의 운동량은 $0.3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 에서 $0.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 로 감소했으므로, $I = \Delta p$ 에서 A가 받은 충격량의 크기는 $0.1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.
- ㄷ. (×) 운동량의 변화량은 2~2.5초 사이가 1~2초 동안보다 2배 크고 시간은 반으로 짧다. 따라서 받은 평균 힘의 크기는 네 배 차이가 있다.

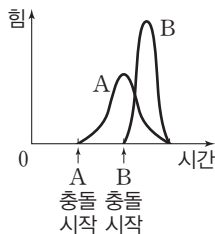
1-2 운동량은 $p = mv$ 로 계산하며, 물체가 벽과 충돌하여 최종 속도가 0이 될 때 변화한 운동량의 크기는 처음 운동량의 크기와 같다. 그림 (나)의 힘-시간 그래프에서 그래프 아랫부분의 면적은 힘과 시간의 곱, 즉 $I = Ft$ 는 물체가 받은 충격량의 크기를 나타낸다. 같은 충격량이라도 힘이 작용한 시간이 짧을수록 물체가 받은 평균 힘의 크기는 커지므로, 그래프의 폭이 좁은 쪽이 평균 힘은 더 크게 받는다.

보기 분석

- ㄱ. (○) 그림 (나)에서 두 그래프의 면적이 같으므로, 두 물체가 충돌할 때까지 받은 충격량의 크기는 서로 같다. 두 물체는 이 충격량만큼 운동량이 변화했으므로 ($I = \Delta p$), 벽과 충돌하기 전의 운동량도 A와 B가 서로 같다.
- ㄴ. (○) A와 B가 기준선을 동시에 통과했지만, 벽과 충돌을 시작한 시간은 서로 다르다. A가 B보다 더 빠르기 때문에 벽과 먼저 충돌했다. 그런데 A와 B의 운동량은 서로 같으므로 $p = mv$ 에서, 속력이 빠른 A는 질량이 B보다 작다.
- ㄷ. (×) 벽과 충돌하는 동안 벽으로부터 받는 평균 힘의 크기는 $I = Ft$ 에서, $F = \frac{I}{t}$, 즉, 받은 충격량을 충돌 시간으로 나누어 구할 수 있다. 두 물체가 받은 충격량의 크기는 같지만, 충돌을 시작한 후 충돌이 끝나는 데까지 걸린 시간은 A가 더 기므로, A가 받은 평균 힘의 크기는 더 작다.

자료 분석 충돌하는 물체가 받은 평균 힘

- 그래프에서 곡선 아래 면적은 물체가 받은 충격량의 크기를 나타내고, 도형의 밑변 너비는 충돌 시간을 나타낸다.
- 같은 충격량을 받더라도, 충돌 시간이 길수록 받은 평균 힘의 크기는 작아진다.



2-1 최고점에서부터 낙하하면서 중력에 의해 스키 점프 선수의 속력은 점점 빨라진다.

보기 분석

- ㄱ. (○) 최고점 이후 점프대에서 낙하할 때, 중력에 의해 가속되어 속력이 점점 커지므로 운동량($=mv$)의 크기는 계속 증가한다.
- ㄴ. (×) 중력이 스키 점프 선수에게 한 일 만큼 운동 에너지가 증가한다.
- ㄷ. (○) 낙하하면서 높이가 낮아지므로 중력에 의한 위치 에너지는 감소한다.

2-2 두 물체는 자유 낙하 후에 바닥과 충돌 직후 속도는 0이 된다. 충격량(=힘 × 시간)=운동량 변화량이다. 물체는 충돌 전 운동량 만큼의 충격량을 받는다.

보기 분석

- ㄱ. (×) 충돌 직전 운동 에너지는 두 물체가 초기에 가지고 있던 위치 에너지와 같다.
(A의 초기 위치 에너지) = $2mgh$
(B의 초기 위치 에너지) = $4mgh$
- ㄴ. (○) 바닥에 충돌하는 동안 공이 받은 충격량의 크기는 물체의 운동량의 변화량과 같다. 운동량의 변화량을 알기 위해 물체의 충돌 직전 속력을 구하면, 위치 에너지가 모두 운동 에너지로 전환되었으므로,
 $2mgh = \frac{1}{2} 2mv_A^2$
 $\rightarrow v_A = \sqrt{2gh}$
 $4mgh = \frac{1}{2} mv_B^2$
 $\rightarrow v_B = 2\sqrt{2gh}$
운동량 $p = mv$ 이므로,
충돌 직전 A의 운동량: $2m\sqrt{2gh}$
충돌 직전 B의 운동량: $2m\sqrt{2gh}$
따라서 충돌 직전 A와 B의 운동량은 같다.
- ㄷ. (○) 물체가 받은 충격량 만큼 운동량이 변한다. 두 물체의 충돌 직전 운동량의 크기가 같고, 충돌 후 두 물체가 완전히 멈추어 운동량 0이 되었으므로, 운동량의 변화량이 같다. 따라서 받은 충격량도 같다.

04 파동

탐구 확인하기

49쪽

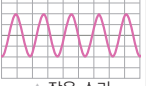
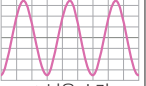
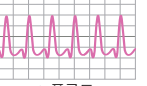
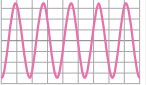
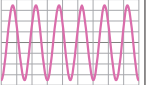
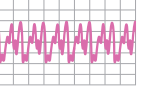
01 ③ 02 ⑤ 03 ③ 04 ③

01 소리의 파형에서 진동수가 클수록 소리의 높낮이가 높다. 파형의 진폭이 클수록 소리의 세기가 크다. (가)와 (다)는 같은 시간 동안 2회 진동하고 있어 진동수가 같으며, 소리의 높낮이가 같다.

오답 체크

- ① 소리의 크기는 (가)가 가장 작다.
- ② 소리의 세기는 (나)가 (가)보다 크다.
- ④ 소리의 높낮이는 (나)가 (다)보다 높다.
- ⑤ (다)는 (나)와 같은 세기의 소리이다.

자료 다시 보기 소리의 3요소

구분	소리의 세기	소리의 높낮이	소리의 맵시
요인	진폭	진동수	파형
특징	진폭이 클수록 큰 소리가 난다.	진동수가 클수록 높은 소리가 난다.	파형에 따라 다양한 소리가 난다.
파형			
	▲ 작은 소리	▲ 낮은 소리	▲ 플루트
			
	▲ 큰 소리	▲ 높은 소리	▲ 바이올린

02 (가)와 (나)는 진동수가 같으므로 소리의 높낮이가 같다. (나)와 (다)는 진폭이 같으므로 소리의 세기가 같다. 진동수가 클수록 높은 소리를 낸다.

오답 체크

ㄱ. (가)는 가장 작은 소리이다.

03 진폭은 소리의 세기, 파형은 소리의 맵시, 진동수는 소리의 높낮이와 관련이 있다. (가)는 진폭과 소리의 세기와 관련 있는 현상이다. (나)는 파형과 소리의 맵시와 관련이 있다. (다)는 진동수와 소리의 높낮이와 관련 있는 현상이다.

04 같은 시간 동안 (가)는 5번, (나)는 4번 진동하므로 진동수는 (가)가 더 높다. 진폭은 (가)가 (나)보다 작으므로 작은 소리를 내고, (나)의 파형은 복잡한 형태를 띠고 있어서 (가)의 소리와 구분되는 맵시를 가지고 있다.

오답 체크

ㄷ. (가)는 (나)보다 진동수가 크고 높은 소리를 낸다.

실력 플러스 문제

50쪽

01 ① 02 ① 03 ① 04 ③ 05 ②

01 파동은 진동이 퍼져나가며 에너지를 전달하는 현상이다. 파동에는 매질이 필요한 파동(소리·물결)도 있지만, 빛(전자기파)처럼 매질 없이 전달되는 파동도 있다.

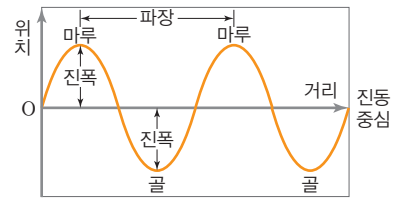
02 파동이 오른쪽으로 진행하지만 매질 자체가 이동하지는 않고 높낮이만 바뀌므로 공은 점선 위에서 오르내리는 것을 반복한다.

03 A, B: 마루, C, D: 골, E, G: 파장, F: 진폭이다.

오답 체크

- ② E와 G는 파장이다.
- ③ F는 진폭이다.
- ④ 줄을 빠르게 흔들면 파장(E, G)이 짧아진다.
- ⑤ 줄을 더 크게 흔들면 진폭(F)이 커진다.

자료 다시 보기 파동의 표시



▲ 거리에 따른 파동의 모양

마루	파동에서 가장 높은 부분
골	파동에서 가장 낮은 부분
파장	마루에서 다음 마루, 또는 골에서 다음 골까지의 거리
진폭	진동 중심에서 마루, 또는 골까지의 거리
주기	매질이 1회 진동하는데 걸리는 시간[단위: 초(s)]
진동수	매질이 1초 동안 진동하는 횟수[단위: 헤르츠(Hz)]

04 진동수는 1초 동안 일어나는 진동의 횟수를 뜻하며, 단위는 Hz(헤르츠)이다. 10초 동안 100번 진동했다면 진동수 = 100번 ÷ 10초 = 10 Hz이다.

05 소리는 매질의 진동이 전달되는 현상이다. 고체·액체·기체 모두에서 전달되지만, 진공(우주 공간)에서는 전달되지 않는다. 소리는 종파이므로, 전파 방향과 매질의 진동 방향이 나란하다.

오답 체크

- ① 소리는 물질의 상태에 관계없이 진동에 의해 전달된다.
- ③ 소리는 우주 공간에서는 전달되지 않는다.
- ④ 소리는 진행 방향과 진동 방향이 서로 나란한 종파이다.
- ⑤ 소리는 물체의 진동 → 공기의 진동 → 고막의 진동 → 소리의 인식 과정을 통해 전달된다.

최상위 도전 문제

51~52쪽

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

01 배가 4초 간격으로 다시 제자리로 돌아오므로 주기 $T=4$ 초이다. 그림의 한 마루에서 다음 마루까지의 거리가 파장 이므로 $\lambda=3$ m이다. 진동수는 주기의 역수 (진동수 = $\frac{1}{\text{주기}}$) 이므로 진동수 = $\frac{1}{4}$ 초 = 0.25 초이다.

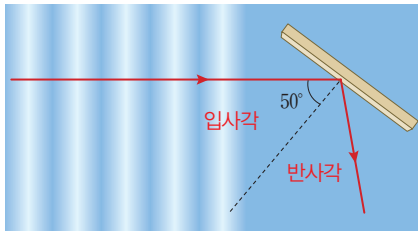
02 (가)는 진동 방향이 파동의 진행 방향과 서로 수직인 횡파이고, (나)는 진동 방향이 파동의 진행 방향과 나란한 종파이다. (나)에 묶인 리본은 좌우로 진동할 뿐 이동하지는 않는다.

오답 체크

- ① (가)는 횡파, (나)는 종파이다.
- ② (가)는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 서로 수직이다.
- ③ (나)에 묶여 있는 리본은 파동의 진행과 관계없이 제자리에서 진동한다.
- ④ 종파에서는 뺄뺄한 부분을 '밀'하다, 들성한 부분을 '소'하더라고 말한다.

03 파동의 반사에서 입사각과 반사각의 크기는 항상 같으므로, 그림의 파동에서 입사각과 반사각은 모두 50° 이다. 파동이 반사되기 전과 후에 속력은 변하지 않는다. 메아리는 파동(소리)의 반사로 인해 일어나는 현상이다.

자료 다시 보기 파동의 반사



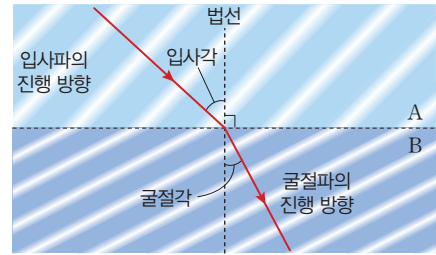
- 반사 법칙: 입사각과 반사각의 크기는 항상 같다.
- 파동이 반사될 때 파장, 주기, 진동수, 속력은 변하지 않는다.

04 파동이 굴절할 때 진동수는 변하지 않는다. 매질이 바뀌어 속력이 변하면, $v=f\lambda$ 에서 파장이 그에 맞게 변한다. 파동의 속력이 더 느려지는 매질로 진행하게 되면 입사각보다 굴절각이 더 작아진다.

오답 체크

- ② A와 B에서 물결파의 진동수는 같다.

자료 다시 보기 파동의 굴절



• 파동이 굴절될 때 파동의 속력과 파장은 변하지만 진동수는 변하지 않는다.

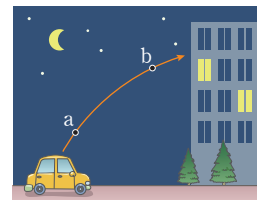
- 05 소리는 물체의 진동에서 시작하여 공기를 통해 귀의 고막을 진동시켜 사람이 인식할 수 있게 된다.
- 06 밤에는 땅과 가까운 곳의 공기 온도가 낮고, 높은 곳의 공기 온도가 상대적으로 높다. 소리는 더운 공기에서 빠르게, 찬 공기에서 느리게 전달된다. 결과적으로 소리는 찬 공기 쪽으로 굴절하며 전달되어 수평 방향으로 더 멀리까지 퍼진다.
- 07 소리는 고체, 액체, 기체 모든 상태의 물질의 진동을 통해 전달되지만, 그 속도는 고체 > 액체 > 기체 순으로 빠르다. 공기 중보다 물속에서 소리의 전달 속도가 더 빠르기 때문에 배가 오는 소리는 물속에 잠수한 사람이 더 빨리 듣게 된다.

오답 체크

- ㄴ. 물속에서 소리의 전파 속력이 더 빠르다.
- ㄷ. 소리는 매질의 진동 방향이 파동의 진행 방향과 나란한 종파이다.
- ㄹ. 물속의 잠수부가 배의 모터 소리를 더 빨리 들을 수 있다.

08 (나) 그래프에서 높이가 높아질수록 소리의 속력이 커지는 것을 알 수 있다. 소리는 속력이 작은 쪽(지표면 근처)으로 굴절하여 경로가 휘어 진행한다. 파동의 진동수는 굴절이나 반사 현상과는 상관없이 파원에서 정해지므로 변하지 않는다. 진동수가 같을 때 파동의 속력이 빨라지면 $v=f\lambda$ 이므로 파장(λ)이 길어진다.

자료 다시 보기 소리의 굴절



- 밤: 땅의 온도가 밤이 되면 빠르게 식는다.
 → 상대적으로 높은 곳의 기온이 높아져 소리의 속력이 빨라진다.
 → 소리가 아래로 휘어진다.

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

- 01 (1) **모범 답안** 종파. 파동의 진행 방향과 용수철의 진동 방향은 나란하다.
 (2) **모범 답안** 지진파의 P파, 소리, 초음파 등

채점 기준		배점
(1)	발생한 파동의 종류를 쓰고 파동의 진행 방향과 용수철의 진동 방향의 관계를 옳게 서술한 경우	50%
	파동의 종류만 옳게 쓴 경우	25%
(2)	두 가지 종파의 예시를 옳게 쓴 경우	50%
	한 가지 종파의 예시를 옳게 쓴 경우	25%

- 02 (1) F
 (2) **모범 답안** 주기는 파동이 한 파장 이동하는 데 걸리는 시간이므로 10초이고, 진동수는 $\frac{1}{주기}$ 이므로, 0.1 Hz이다.

채점 기준		배점
(1)	(나)에서 종파의 파장에 해당하는 답을 옳게 쓴 경우	30%
(2)	주기와 진동수를 옳게 쓰고, 그 두 물리량의 관계를 옳게 서술한 경우	70%
	주기와 진동수를 옳게 썼으나 두 물리량의 관계를 쓰지 못한 경우	30%

- 03 (1) **모범 답안** 물결파가 오른쪽에서 왼쪽으로 전달된다. 공은 위아래로 오르고 내리는 것을 반복한다.
 (2) **모범 답안** 파동은 에너지를 전달하지만 매질 자체가 이동하지는 않으므로 공은 제자리에서 위아래로만 움직인다.

채점 기준		배점
(1)	물과 탁구공의 움직임을 옳게 서술한 경우	50%
(2)	매질 자체가 이동하지 않는다는 사실을 근거로 까닭을 옳게 서술한 경우	50%
	까닭을 서술하였으나 매질과 관련지어 서술하지 못한 경우	25%

- 04 (1) **모범 답안** (나). (가)와 (나)의 진폭이 같으므로 소리의 세기가 같다.
 (2) **모범 답안** (라). (가)와 (라)의 진동수가 같으므로 소리의 높낮이가 같다.

채점 기준		배점
(1)	옳은 파형을 고르고 그 까닭을 진폭과 관련지어 옳게 서술한 경우	50%
	옳은 파형을 골랐으나 그 까닭을 진폭과 관련지어 서술하지 못한 경우	25%
(2)	옳은 파형을 고르고 그 까닭을 진동수와 관련지어 옳게 서술한 경우	50%
	옳은 파형을 골랐으나 그 까닭을 진동수와 관련지어 서술하지 못한 경우	25%

- 1-1 ④ 1-2 ④ 2-1 ① 2-2 ①

1-1 중학교에서는 파동의 진폭, 주기, 진동수, 파장 등을 통해 하나의 파동 모양을 읽고 분석하는 데에 초점이 맞추어진 다. 고등 과정으로 가면 파동이 매질을 바꾸며 속력이 달라지고, 그에 따라 파장의 길이나 진행 방향이 변하는 경우가 지 다루게 된다. 이때는 $v=f\lambda$ 와 같은 수학적 관계를 활용해 파동의 변화를 정량적으로 해석하는 것이 중요하다. 그림은 파동의 변위를 '위치'에 따라 나타낸 것이고, 파동이 매질 A에서 B로 진행하므로, 파동은 왼쪽에서 오른쪽으로 진행한다. P점의 변위는 잠시 후 내려가는 방향으로 파동이 움직인다.

보기 분석

ㄱ. (○) 매질 A에서 파장 $\lambda_A = 8 \text{ cm}$ 이고,

속력 $v_A = 4 \text{ cm/s}$ 이므로,

$v=f\lambda$ 에서

$T = \frac{1}{f}$ 이므로,

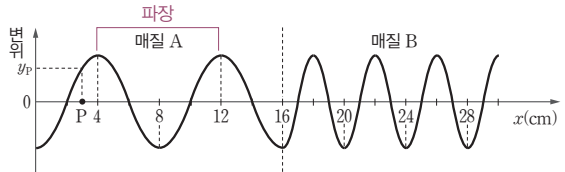
$T = \frac{\lambda_A}{v_A} = \frac{8}{4} = 2$ 초이다. ($f = 0.5 \text{ Hz}$)

ㄴ. (×) 매질 B로 파동이 진행하면서 파장이 줄어들었으므로 속력도 줄어든다. 경계에서 f 는 그대로 0.5 Hz이고 파장은 4 cm이므로,

$v = 0.5 \times 4 = 2 \text{ cm/s}$ 이다.

ㄷ. (○) 파동이 매질 A에서 매질 B로(왼쪽에서 오른쪽으로) 진행하므로 0.1초 후 x 의 변위는 y_p 보다 작아진다.

자료 분석 파동의 분석 1



- 그래프는 위치(x) - 변위 그래프이므로, 한 파장의 길이를 직접 읽어낼 수 있다.
- 파동은 A에서 B로 진행하므로, 파동의 진행 방향은 $+x$ 방향이다.

1-2 (나)를 통해 파동의 주기가 2초임을 알 수 있다. 진동수는 주기의 역수이므로 0.5 Hz이며, 매질 B에서 진동수는 변하지 않고 파장이 짧아지므로 진행 속력이 느려진다.

보기 분석

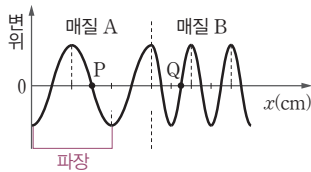
ㄱ. (×) (나)에서 변위가 골에서 골, 마루에서 마루로 바뀌는 데 2초가 걸린다. 따라서 주기는 2초, $T = \frac{1}{f}$ 이므로

로, 진동수는 0.5 Hz이다.

ㄴ. (○) (가)에서 파동이 매질 A에서 매질 B로 진행하므로 왼쪽에서 오른쪽으로 파동이 진행한다. P점은 잠시 후 변위가 올라가고, Q점은 변위가 낮아진다. (나) 그래프는 변위가 낮아진 뒤 올라가는 순서로 변위가 변화하므로 Q점의 변위를 나타낸 그래프이다.

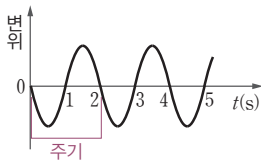
ㄷ. (○) 매질 A와 B에서 파동의 진동수는 같다. $v=f\lambda$ 이므로, 진동수가 같을 때 파동의 진행 속력은 파장에 비례한다. 매질 A에서 마루와 마루 사이는 4 cm, 매질 B에서 마루와 마루 사이의 거리는 2 cm이므로, 파동의 진행 속력은 매질 A에서 B에서의 2배이다.

자료 분석 파동의 분석 2



(가) 변위 - x 그래프

- 파형의 한 주기 길이로부터 파장($\lambda=8$ cm)을 알 수 있다.
- 파동의 진행 방향은 A에서 B이므로, 파동의 진행은 $+x$ 방향이다.



(나) 변위 - t 그래프

- 특정 위치(Q)에서 변위가 시간에 따라 어떻게 변하는지 보여 주므로, 주기 $T=2$ s를 직접 확인할 수 있다.
- 주기의 역수로 진동수 $f=0.5$ Hz임을 알 수 있다.

2-1 간섭 현상은 소리가 서로 만나 더 커지거나(보강 간섭), 작아지는(상쇄 간섭) 현상을 설명할 수 있어 실제로 소음 제거 이어폰이나 음향 장치 설계에 활용된다.

파동이 겹치면 서로 영향을 주어 간섭 현상이 나타난다. 위상이 같을 때는 진폭이 커지는 보강 간섭, 위상이 반대일 때는 진폭이 줄어드는 상쇄 간섭이 생긴다. 파동의 세기가 줄어드는 경우는 상쇄 간섭이 일어난 상황이다.

보기 분석

- A. (○) 소음 제거 이어폰은 마이크로 외부 소음을 받아 반대 위상의 파동을 만들어 귀에 전달하므로, 상쇄 간섭으로 소음을 줄인다.
- B. (×) 돋보기는 파동의 굴절을 이용한다.
- C. (×) 악기의 울림통은 공명과 보강 간섭을 통해 파동의 진폭을 크게 만든다.

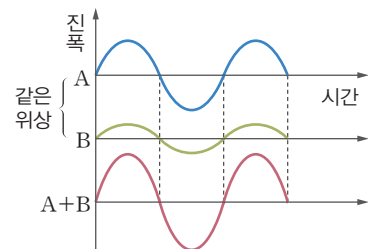
2-2 (가)는 초음파를 이용한 의료 장비로, 강한 초음파를 이용

질에 집중시켜 보강 간섭을 일으키고 진폭을 크게 만들어 이물질에 파괴한다. 반대로 (나)의 소음 제거 이어폰은 외부 소음을 마이크로 받아 위상이 반대인 파동을 발생시켜 귀에 전달하므로 상쇄 간섭이 일어나 진폭이 줄어든다. 즉, 두 경우 모두 파동의 간섭 원리를 이용하지만, (가)는 진폭을 키워서 이용하고 (나)는 진폭을 줄여 이용한다.

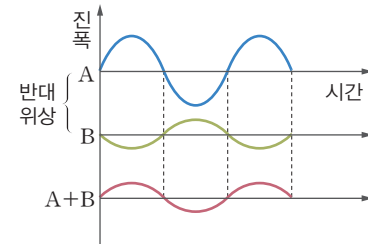
보기 분석

- ㄱ. (×) (가)는 보강 간섭을 이용해 진폭을 크게 만드는 원리를 이용한다.
- ㄴ. (○) 외부 소음과 반대의 위상인 소리를 발생시켜서 외부 소음과 상쇄 간섭을 일으키면 소음의 진폭이 줄어들어 잘 들리지 않게 된다.
- ㄷ. (×) (가)는 보강 간섭을, (나)는 상쇄 간섭을 이용한 사례이다.

자료 분석 파동의 간섭



① 보강 간섭: 두 파동이 같은 위상으로 중첩되어 합성파(A+B)의 진폭이 커진다.



② 상쇄 간섭: 두 파동이 반대 위상으로 중첩되어 합성파(A+B)의 진폭이 줄어든다.

05 열의 특성

▶ 탐구 확인하기

62~63쪽

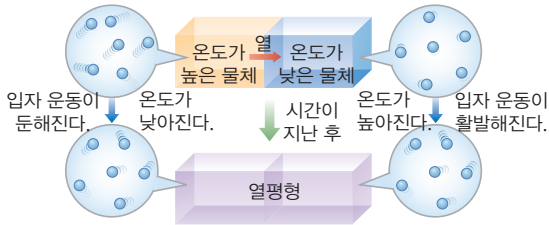
01 ③ 02 ③

01 열은 온도가 높은 A에서 낮은 B로 이동한다. 온도는 입자의 평균 운동 에너지와 관련 있으므로, 온도가 낮아지는 A는 입자 운동이 줄고, 온도가 올라가는 B는 입자 운동이 커진다. 시간이 지나면 두 액체의 온도가 같아져 열평형에 이른다.

오답 체크

ㄷ. 열평형이 되면 두 액체의 온도는 같다.

자료 다시 보기 온도와 입자의 운동



02 같은 세기의 불꽃으로 같은 시간 가열하면 세 물질이 받은 열량 Q 는 같다. 질량도 같으므로 $Q = cm\Delta T$ 에서 $\Delta T \propto \frac{1}{c}$ 이다. 온도 상승이 큰 물질일수록 비열이 작다. 비열은 $A > B > C$ 순으로 크다.

오답 체크

③ 같은 시간 같은 세기로 가열했으므로 A, B, C가 받은 열량은 모두 같다.

▶ 실력 플러스 문제

64쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ②

01 절대 온도는 섭씨온도에 273(정확히는 273.15)을 더한 값이다. 눈금 간격은 $1\text{ K} = 1\text{ }^\circ\text{C}$ 로 같다. 0 K 는 입자 운동이 최소가 되는 절대 영도이고, $0\text{ }^\circ\text{C}$ 는 물의 어는점(1기압)이다.

오답 체크

⑤ 입자 운동이 완전히 멈춘 온도는 0 K (절대 영도)이고, $0\text{ }^\circ\text{C}$ 는 물의 어는점이다.

02 열은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동한다. 열평형에 도달하면 두 물체의 온도는 같아지고, 그 뒤로는 변하지 않는다. 이때 (A가 잃은 열량) = (B가 얻은 열량)이다.

오답 체크

ㄷ. 외부와의 열 출입이 없으면 A가 잃은 열량은 B가 얻은 열량과 같다.

03 열은 온도 차에 의해 자발적으로 이동하는 에너지이다. 같은 물질이라면 입자 운동이 활발할수록 온도가 높다. 따라서 열은 입자 운동이 활발한 쪽 → 덜 활발한 쪽(고온 → 저온)으로 이동한다.

04 같은 세기의 불꽃으로 같은 시간 가열하면, 두 물질이 받은 열량 Q 는 같다. 질량이 같으므로

$$Q = cm\Delta T \text{에서}$$

$$\Delta T \propto \frac{1}{c} \text{이다.}$$

따라서 온도 변화가 작은 물질일수록 비열이 크다. 그래프에서 물의 온도 상승이 더 작고, 공기류의 온도 상승이 더 크므로 물의 비열이 공기류보다 크다.

오답 체크

ㄷ. 온도 변화는 비열에 반비례한다.

▶ 최상위 도전 문제

65~66쪽

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

01 열은 온도가 높은 물체에서 낮은 물체로 이동한다. 그림에서 열은 (가)에서 $A \rightarrow B$ 로, (나)에서 $C \rightarrow A$ 로 이동한다. 이 과정에서 열을 잃는 쪽은 온도가 낮아지고 입자 운동이 둔해진다. 처음 온도는 $C > A > B$ 이다.

오답 체크

① (가)에서 A가 열을 잃는다.

③ (나)에서 A는 온도가 올라가므로, 입자 운동이 활발해진다.

④ C에서 A로 열이 이동했으므로, 처음 온도는 C가 A보다 높다.

⑤ 처음 온도가 가장 낮은 것은 B이다.

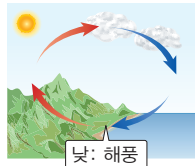
02 육지는 바다보다 비열이 작아 낮에는 빨리 데워지고 밤에는 빨리 식는다. 낮에는 육지가 더 뜨거워져 공기가 상승하고, 바다 쪽에서 바람이 불어 해풍이 된다. 밤에는 바다가 상대적으로 따뜻하므로 육지 쪽에서 바다로 바람이 불어 육풍이 된다.

오답 체크

ㄷ. (가)에서 육지 공기는 바다의 공기보다 더 따뜻해 상승한다.

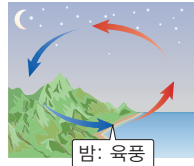
ㄹ. 바다와 육지가 햇볕을 받는 양(열량)은 같지만, 비열 차이 때문에 온도 변화가 달라지고, 이 차이로 바람이 생긴다.

자료 다시 보기 육풍과 해풍



낮: 해풍

온도: 육지 > 바다
• 온도가 높은 육지 위의 공기가 가벼워져 상승



밤: 육풍

온도: 육지 < 바다
• 온도가 높은 바다 위의 공기가 가벼워져 상승

03 같은 열량을 받으면 온도 변화는

$$Q = cm\Delta T \text{에서}$$

$$\Delta T \propto \frac{1}{mc} \text{이므로,}$$

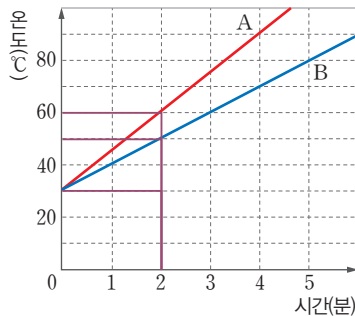
질량이 작을수록, 비열이 작을수록 온도 변화가 크다. 그래프에서 A는 기울기가 크므로(온도가 더 빨리 오른다.) A의 비열이 B보다 작음을 알 수 있다.

오답 체크

ㄴ. 그래프에서 0분~2분 동안 A, B에 같은 열량을 가열했을 때, A의 온도 변화 $\Delta T_A = 30^\circ\text{C}$, B의 온도 변화 $\Delta T_B = 20^\circ\text{C}$ 이며, 그 비는 3 : 2이다. 따라서 A, B 1 kg에 1 kcal의 열량을 가했을 때 A의 온도 변화가 12°C 라면, B는 8°C 만큼 변한다.

ㄷ. 비열은 A가 B보다 작으므로 A의 온도가 더 쉽게 오른다. 따라서 같은 온도까지 가열하는 데 필요한 열량은 B가 A보다 많다.

자료 다시 보기 온도 - 시간 그래프



• 0분 ~ 2분의 온도 변화:
A의 온도: $30^\circ\text{C} \rightarrow 60^\circ\text{C}$
B의 온도: $30^\circ\text{C} \rightarrow 50^\circ\text{C}$

04 접촉하면 열은 고온에서 저온으로 이동하고, 열평형에 이르면 두 물체의 온도는 같아지고 더 이상 변하지 않는다. 표에서 A의 온도는 4분에 35°C 가 된 뒤 일정하므로, 평형 온도는 35°C 이다.

오답 체크

- ① A가 식고 B는 데워지므로, B는 열을 얻는다.
- ② 처음 온도가 같다면 열 이동이 없다. A는 90°C 에서 내려가므로 두 물체의 온도는 같지 않다.
- ④ 4분에 열평형이므로 B도 35°C 이다.
- ⑤ (A가 잃은 열량) = (B가 얻은 열량)이다.

05 비커의 물이 더 뜨겁고 수조의 물이 차갑다. 열은 고온 → 저온으로 이동하고, 외부와의 열 출입이 없으면 시간이 지나 열평형(같은 온도)에 도달한다. 이때 뜨거운 쪽이 잃은 열량과 차가운 쪽이 얻은 열량은 같다.

오답 체크

- ㄱ. 비커의 물이 더 뜨거우므로 열을 잃는다.
- ㄴ. 열은 비커의 물에서 수조의 물로 이동한다.
- ㄹ. 외부와의 열 출입이 없다면 수조의 물이 얻은 열량과 비커의 물이 잃은 열량은 같다.

06 뜨거운 물: 질량 40 g, 초기 60°C
차가운 물: 질량 60 g, 초기 10°C
물의 비열은 모두 c 로 동일하고, 뜨거운 물이 잃은 열량 ($cm\Delta T$)과 차가운 물이 얻은 열량이 같으므로,

$$c40(60 - T) = c60(T - 10)$$

$$2400 + 600 = 100T$$

$$3000 = 100T$$

$T = 30^\circ\text{C}$ 이다. 따라서 최종 열평형 온도는 30°C 이다.

오답 체크

ㄴ. 뜨거운 물은 온도가 낮아지기 때문에 열평형이 될 때까지 입자의 운동이 둔해진다.

07 같은 세기의 불꽃으로 같은 시간 가열하면 받은 열량은 같다. $Q = cm\Delta T$ 이므로 질량과 비열이 클수록 온도 변화는 작다. 같은 열량을 가했을 때 물보다는 공기층이 더 온도가 크게 변하고, 같은 공기층의 경우 질량이 작을수록 온도가 크게 변한다.

오답 체크

ㄱ. 질량이 같으면 비열이 클수록 온도 변화 ΔT 는 작다.

ㄹ. $Q = cm\Delta T$ 에서,

$$\Delta T = \frac{Q}{mc} \text{이므로,}$$

각 액체의 온도 변화 ΔT 를 비교하면,

$$\frac{Q}{0.05 \times 0.5} > \frac{Q}{0.1 \times 0.5} > \frac{Q}{0.1 \times 1} \text{이므로,}$$

(가) > (나) > (다) 순이다.

08 물이 담긴 비커에 잉크를 떨어뜨렸을 때 잉크가 퍼져 나가는 모습을 보고 물의 온도를 비교할 수 있다. 물의 온도가 높을수록 입자 운동이 더 활발하다. 따라서 잉크가 더 빨

리, 넓게 확산된다. 그림에서 (나)의 잉크가 더 잘 퍼져 있으므로 (나)의 물 온도가 (가)보다 높다.

오답 체크

나. 물의 입자 운동은 온도가 높은 (나)가 (가)보다 더 활발하다.

서술형 문제

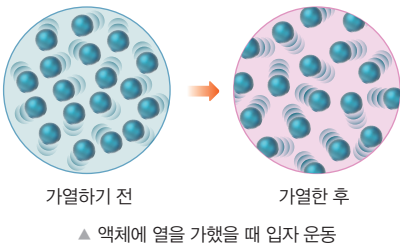
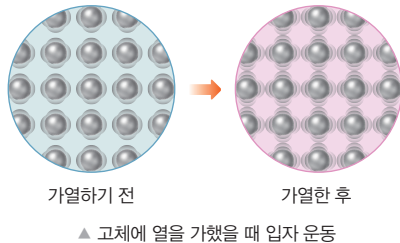
67쪽

- 01 (1)(가) (2)해설 참조
- 02 (1)열평형 (2)해설 참조
- 03 (1)해설 참조 (2)해설 참조
- 04 (1)C>B>A (2)해설 참조

- 01 (1) (가)의 입자가 더 활발하게 운동하고 있다. 입자의 운동이 활발할수록 물체의 온도가 높다.
 (2) **모범 답안** 온도가 높아질수록 입자의 운동 에너지가 커져 입자 운동이 활발해진다. 반대로 온도가 낮아지면 입자들의 운동 에너지가 작아져 입자 운동이 느려진다.

채점 기준		배점
(1)	온도가 높은 물의 기호를 옳게 쓴 경우	30%
(2)	물의 온도가 높을수록 입자 운동이 활발함을 옳게 서술한 경우	70%
	물의 온도와 입자 운동의 관계를 잘못 서술한 경우	0%

자료 다시 보기 온도와 입자의 운동



- 온도는 물질을 구성하는 입자의 운동 상태에 따라 결정된다.
- 온도가 높은 물질일수록 입자의 움직임이 활발하다.
- 온도가 낮은 물질일수록 입자의 움직임이 느리다.
- 입자의 평균 운동 에너지가 클수록 온도가 높다.

- 02 (1) 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 자발적으로 이동하여 결국 고온의 물체와 저온의 물체가 온도가 같아지는 데 이 상태를 열평형이라고 한다.

(2) **모범 답안** 온도가 높은 A에서 온도가 낮은 B로 열이 이동하여 A의 온도는 낮아지고 B의 온도는 높아진다. 이때 충분한 시간이 지나면 양방향으로 열의 이동이 균형을 이루므로 두 물체의 온도가 같아진다.

채점 기준		배점
(1)	두 물체의 온도가 같아지는 상태를 옳게 쓴 경우	30%
(2)	열이 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동함을 근거로 까닭을 옳게 서술한 경우	70%
	열이 이동한 것을 근거로 들었으나 온도 차이에 관한 내용을 쓰지 않은 경우	30%

- 03 (1) **모범 답안** 열량 = $0.21 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 1 \text{ kg} \times 10^\circ\text{C} = 2.1 \text{ kcal}$ 이다.
 (2) **모범 답안** 구리. 흡수한 열량과 물질의 질량이 같으면 비열이 작은 물질일수록 온도 변화가 크기 때문이다.

채점 기준		배점
(1)	풀이 과정을 포함하여 정확한 값을 옳게 계산한 경우	50%
	정확한 열량을 계산하였지만 풀이 과정이 미흡한 경우	25%
(2)	온도가 가장 많이 올라가는 물질을 옳게 쓰고 그 까닭을 비열과 관련하여 옳게 서술한 경우	50%
	온도가 가장 많이 올라가는 물질을 옳게 썼으나 그 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	25%

- 04 (1) C>B>A. 그래프에서 같은 시간 동안 똑같이 가열했을 때 온도는 A>B>C 순으로 높다. 같은 열량을 흡수했을 때 비열이 클수록 온도 변화가 적으므로 비열은 C>B>A 순으로 크다.
 (2) **모범 답안** 세 물체는 같은 질량이지만 비열이 서로 달라서, 같은 열량을 받아도 온도 변화의 크기가 다르다.

채점 기준		배점
(1)	세 물체의 비열을 부등호를 이용해 옳게 비교한 경우	50%
(2)	세 물체의 온도가 다르게 변한 까닭을 세 물체의 비열과 관련하여 옳게 서술한 경우	50%
	세 물체의 온도가 다르게 변한 까닭을 세 물체의 비열과 관련 짓지 못한 경우	0%

수능 맛보기

68~69쪽

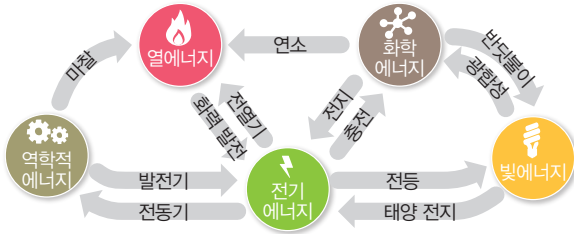
- 1-1 ③ 1-2 ③ 2-1 ① 2-2 ①

- 1-1 휴대 전화의 에너지는 배터리의 화학 에너지가 회로를 통해 전기 에너지로 바뀌는 데서 출발하고, 이렇게 공급된 전기 에너지는 화면의 빛, 스피커의 소리, 전자 회로의 연산 등 유용한 형태로 쓰이는 동시에 회로 저항에서 열에너지로도 전환된다. 에너지 보존 법칙에 따르면, 배터리에서 줄어든 화학 에너지의 양은 휴대 전화가 사용하거나 외부로 방출한 모든 에너지의 합과 같으므로, 열로 바뀐 양이 처음 에너지의 양보다 커질 수는 없다.

보기 분석

- ㄱ. (○) 배터리는 화학 반응을 통해 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하여 휴대 전화에 공급한다.
- ㄴ. (○) 전기 기구를 사용하면 내부 저항을 통해 열이 발생하므로 전기 에너지의 일부가 열에너지로 전환된다.
- ㄷ. (×) 에너지 보존 법칙에 의해 전환된 열에너지 총량이 공급된 에너지의 양보다 많을 수 없다.

자료 다시 보기 에너지 전환과 에너지 보존 법칙



- 에너지는 한 가지 형태로만 머물러 있지 않고 다른 형태로 바뀌는데 이를 에너지 전환이라고 한다.
- 에너지는 서로 전환되지만 새롭게 생겨나거나 없어지지 않고 총량이 보존되는데 이를 에너지 보존 법칙이라고 한다.

1-2 전지가 공급한 전기 에너지는 크레인 내부에서 LED에 일부가 소비되고 나머지는 전동기로 전달된다. 전동기에서는 전류가 코일에 일을 하면서 운동 에너지로 전환되고, 그 에너지는 도르래-실-물체로 전달되어 중력을 이기며 물체의 역학적 에너지(= 위치 에너지 + 운동 에너지)를 증가시키게 된다. 물체가 일정한 속력으로 올라간다는 것은 가속도가 0이라서 알짜힘이 0이라는 뜻이지만, 중력에 대하여 물체를 끌어올리는 힘이 계속 일을 하는 상황이다.

보기 분석

- ㄱ. (○) LED는 공급된 전기 에너지의 일부만을 소모하므로, LED에서 사용된 양은 전체 크레인에 공급된 전기 에너지의 양보다 작다.
- ㄴ. (○) 전동기는 전기 에너지를 운동 에너지로 전환하는 장치이다.
- ㄷ. (×) 역학적 에너지는 (운동 에너지) + (위치 에너지)이다. 물체는 속력이 일정하게 높이만 올라가므로 운동 에너지는 일정하지만, 위치 에너지는 증가하므로 역학적 에너지는 증가한다.

2-1 열이란 단순한 '뜨거움'이 아니라 다른 형태의 에너지로 환산될 수 있는 물리량이다. “줄의 열량계 실험”은 열량계 속의 회전 날개를 돌리면서, 마찰로 액체의 온도를 올리는 실험으로, 회전 날개를 돌리는 일이 열로 전환된다. 이때 회전 날개에 한 일 $W = Fs$ 와 액체가 얻은 열량 $Q = cm\Delta T$ 이 같다. 실을 당기면서 한 일은 액체의 내부 에너지로 전환되어 액체의 온도가 올라간다. 즉,

$$W = Q, Fs = cm\Delta T$$

관계로 나타낼 수 있다.

$$W = Fs \text{에서}$$

$$210 \times 0.2 = 42 \text{ J} = 10 \text{ cal} = Q$$

$$\text{따라서 } c = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{10 \text{ cal}}{0.1 \times 0.1} = 1000 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

2-2 전동기가 줄을 당기면서 한 일이 액체에 전달되어 내부 에너지(온도 상승)로 전환된다. 따라서

$$W = Q, Fs = cm\Delta T$$

을 이용하여 액체의 질량을 구할 수 있다.

전동기가 한 일 W 는

$$\bullet 0 \sim 2 \text{ m: } F = 300 \text{ N, 면적} = 300 \times 2 = 600 \text{ J}$$

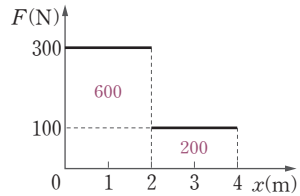
$$\bullet 2 \sim 4 \text{ m: } F = 100 \text{ N, 면적} = 100 \times 2 = 200 \text{ J}$$

$W = 800 \text{ J}$ 이므로,

$$Q = cm\Delta T \text{에서}$$

$$m = \frac{Q}{c\Delta T} = \frac{W}{c\Delta T} = \frac{800}{4000 \times 0.4} = 0.5 \text{ kg이다.}$$

자료 분석 F(힘) - s(거리) 그래프에서의 일



$$\bullet 0 \sim 2 \text{ m: } F = 300 \text{ N, 면적} = 300 \times 2 = 600 \text{ J}$$

$$\bullet 2 \sim 4 \text{ m: } F = 100 \text{ N, 면적} = 100 \times 2 = 200 \text{ J}$$

06 열의이용

탐구 확인하기

74~75쪽

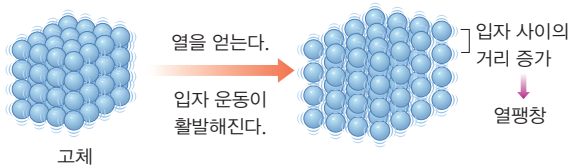
01 ④ 02 ③

01 열화상 카메라로 서로 다른 금속판과 유리판에 열이 전도를 통해 이동하는 것을 관찰하여 비교하는 실험이다. 판의 아랫부분을 물에 담가 두면, 물에서 공급된 열이 전도되어 판을 따라 위쪽으로 전달된다. 전도란 입자와 입자가 충돌하며 에너지를 전달하는 방식으로, 물질마다 열이 전도되는 속도가 다르다. 구리판은 철판이나 유리판보다 아래쪽의 온도가 더 빨리 올라가고, 그 결과 색이 가장 먼저 변하는 것을 확인할 수 있다. 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다.

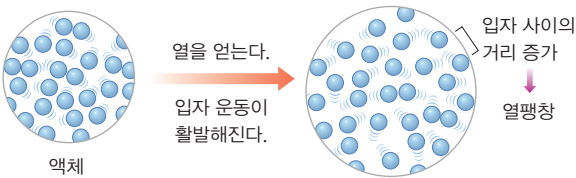
02 액체에 열을 가하면 분자 운동이 활발해져 부피가 늘어난다. 삼각 플라스크 속의 액체도 팽창하여 유리관을 따라 위로 올라간다.

자료 다시 보기 열팽창이 일어나는 까닭

고체의 열팽창



액체의 열팽창



실력 플러스 문제

76쪽

01 ③ 02 ② 03 ⑤ 04 ③ 05 ④

- 01** (가) 에어컨에서 나온 찬 공기가 아래로 내려가고 더운 공기가 위로 올라가는 대류 현상에 의해 방 전체가 시원해진다.
 (나) 국 속 숟가락이 뜨거워지는 것은 금속을 따라 열이 전해지는 전도 현상 때문이다.
 (다) 태양열이 지구까지 도달하는 것은 진공에서도 열이 전달되는 복사 현상에 의한 것이다.

02 열은 전도, 대류, 복사, 세 가지 방식으로 전달된다. 이때 전도와 대류는 반드시 열을 전달하는 물질이 있어야 하지만, 복사는 진공 상태에서도 전달된다.

오답 체크

- ㄱ. 복사는 매질이 없어도 열을 전달할 수 있다.
 ㄷ. 입자가 직접 이동하여 열을 전달하는 것은 대류이다. 복사는 전자기파로 전달된다.

자료 다시 보기 열의 이동 방법



- 전도: 물질을 이루는 입자들의 운동이 이웃한 입자로 전달되어 열이 이동하는 방법
- 대류: 액체나 기체 입자들이 직접 이동하여 열을 전달하는 방법
- 복사: 물질을 이루는 입자의 운동 없이 열이 직접 이동하는 방법

03 물질에 열을 가하면 입자가 더 활발히 운동하여 입자 사이의 평균 거리가 멀어지므로 부피가 커진다. 이것을 열팽창이라 한다. 물질마다 열팽창 정도는 다르며, 일반적으로 기체가 액체나 고체보다 팽창 정도가 크다. 액체에 열을 가하면 액체를 이루는 입자가 더 활발하게 움직여서 입자 사이의 거리가 멀어지며 부피가 팽창한다.

04 난로 앞을 판으로 가리자마자 따뜻함이 사라지는 건 난로에서 복사(적외선)로 오던 열이 경로에서 차단되었기 때문이다.

오답 체크

- ① 대류: 찬 공기의 순환으로 방이 시원해진다.
 ② 전도: 그릇과 손이 접촉해 열을 전달한다.
 ④ 전도/대류: 뜨거운 물이 핵을 데운다.
 ⑤ 대류: 가열된 물이 순환하며 전체가 데워진다.

05 바이메탈은 서로 다른 두 금속을 붙여 만든다. 두 금속의 열팽창 정도가 다르기 때문에 가열하면 더 많이 팽창하는 쪽이 길어지고, 전체는 열팽창 정도가 작은 금속 쪽으로 휘다. 식히면 다시 원래 모양으로 돌아온다. 이 원리를 온도스위치·과열 차단기 등에 이용한다. 바이메탈이 휘는 방향은 질량이 아니라 열팽창 정도에 의해 결정된다.

최상위 도전 문제

77~78쪽

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

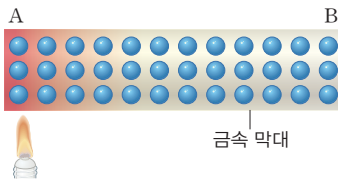
01 물이 가열되면 아랫부분의 물이 먼저 뜨거워져 밀도가 작아지고 위로 올라간다. 위에 있던 차가운 물은 밀도가 크기 때문에 아래로 내려오게 된다. 이렇게 물이 위아래로 순환하면서 전체가 따뜻해지는 과정을 대류라 한다. 공기에서도 같은 현상이 일어나서, 난방기의 따뜻한 공기는 위로, 냉방기의 차가운 공기는 아래로 흐르게 된다.

오답 체크

- ① 다리미는 전도에 의해 열을 전달한다.
- ③ 햇빛은 복사에 의해 전달되며, 양지와 그늘의 차이는 복사와 관련이 있다.
- ④ 금속 포크가 뜨거워지는 것은 전도 현상이다.
- ⑤ 눈이 먼저 녹는 것은 주로 햇빛의 복사에 의한 현상이다.

02 전도는 물체의 가열된 부분의 입자 운동이 활발해지면서 인접한 다른 입자와의 충돌에 의해 열을 전달한다. 입자 자체가 A에서 B로 직접 이동하는 것은 전도가 아니라 대류에 관한 설명이다.

자료 다시 보기 전도



• 금속 막대의 A 쪽을 가열하면 A의 입자가 에너지를 얻어 진동·운동이 활발해진다. 인접한 입자와의 충돌로 열이 이웃한 입자로 차례로 넘어가며, 물질 자체의 이동 없이 온도가 퍼져 나간다. 시간이 지나면 A와 B 쪽의 온도 차가 줄어들어 열평형에 가까워진다.

03 공기는 열을 잘 전달하지 못한다. 따라서 공기를 많이 포함하는 재료일수록 단열 효과가 크다. 솜은 내부에 공기를 많이 머금고 있어 가장 효율적인 단열재로 작용한다. 모래는 알갱이 사이의 공기층이 적어 열전도가 비교적 잘 이루어지므로 물의 온도 변화가 가장 빠르다.

오답 체크

- ㄴ. 공기의 열 전달 속도는 매우 느리다.
- ㄷ. 모래의 열전도 정도가 가장 크므로, 따뜻한 물에 있던 열이 모래를 통해 쉽게 전도되어 바깥으로 빠져나간다.

04 열은 전도·대류·복사로 이동한다. 단열은 이들을 차단하는 방식이다. 거울이나 은도금 표면은 빛과 적외선을 잘 반사하기 때문에 복사에 의한 열의 이동을 막는 역할을 한다. 진공은 열을 전달할 매질이 없어 대류와 전도를 막아 주지만, 복사는 여전히 일어난다. 스티로폼은 내부에 공기를 많이 포함하고 있으므로, 전도를 막아 단열 효과가 크다.

오답 체크

- ㄴ. 진공은 대류와 전도를 막지만, 복사는 차단하지 못한다.

05 바이메탈은 서로 다른 금속을 붙여 만든다. 두 금속은 열팽창 정도가 달라서, 가열되면 더 많이 팽창하는 금속 쪽이 더 크게 늘어나 휘어지게 된다. 그림에서 바이메탈이 아래 쪽으로 휘어진 것은 A 금속이 B 금속보다 더 크게 팽창했음을 뜻한다. 따라서 A의 열팽창 정도가 B보다 크다.

오답 체크

- ㄱ. A와 B는 같이 붙어 있으므로 온도가 같다.
- ㄷ. 바이메탈은 열팽창 정도의 차가 큰 두 금속으로 만들어야 효과적이다.

06 바이메탈은 금속마다 다른 열팽창 정도 때문에 휘어진다. 온도가 올라가면 열팽창 정도가 큰 금속 쪽이 더 많이 늘어나므로, 바이메탈은 항상 열팽창이 작은 금속 쪽으로 휘어진다. 그림에서 열팽창 정도는 $B > A$, $A > C$ 이므로 $B > A > C$ 이다. 두 금속의 열팽창 차이가 클수록 휘어짐도 크게 나타난다.

오답 체크

- ㄴ. 열팽창 정도는 B가 C보다 크다.

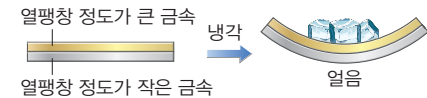
자료 다시 보기 바이메탈

① 바이메탈을 가열할 때



• 열팽창 정도가 큰 금속이 더 많이 팽창한다.
→ 열팽창 정도가 작은 금속 쪽으로 휘어진다.

② 바이메탈을 냉각할 때



• 열팽창 정도가 큰 금속이 더 많이 수축한다.
→ 열팽창 정도가 큰 금속 쪽으로 휘어진다.

07 고리 모양 금속 고체를 가열하면 금속 전체가 팽창한다. 입자 간 거리가 멀어지므로 안쪽 둘레뿐 아니라 바깥 둘레도 함께 늘어난다. 따라서 고리의 틈(간격)도 넓어진다.

08 액체를 가열하면 부피가 팽창하여 유리관을 따라 올라간다. 그런데 같은 온도 변화에서도 액체마다 팽창하는 정도가 서로 다르다. 실험 그림에서 벤젠이 가장 높이 올라간 것은 벤젠의 부피 팽창 정도가 가장 크기 때문이고, 수은이 거의 올라가지 않은 것은 팽창 정도가 작기 때문이다. 따라서 이 실험을 통해 액체의 종류에 따라 열팽창 정도가 다를 수 있음을 확인할 수 있다.

오답 체크

- ㄱ. 실험에서는 비열이 아니라 열팽창 정도의 차이를 확인한다.

- 01 (1)(가) 전도 (나) 대류 (다) 복사 (2) 해설 참조
- 02 해설 참조
- 03 (1) 열팽창 (2) 해설 참조
- 04 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

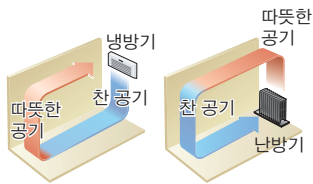
- 01 (1) (가) 전도 (나) 대류 (다) 복사. (가)는 막대를 따라 열이 이동하는 전도 현상을 나타낸 것이다.
 (나)는 뜨거운 냄비 바닥에 의해 데워진 물이 위로 올라가면서 열을 전달하는 대류 현상을 나타낸 것이다.
 (다)는 열이 불꽃에서 전자기파를 통해 직접 전달되는 복사 현상을 나타낸 것이다.
 (2) **모범 답안** (가) 다리미로 옷을 다리면 전도에 의해 열이 전달된다. (나)에어컨을 위쪽에 설치하면 방이나 거실 전체가 시원해진다.

채점 기준		배점
(1)	(가)~(다)의 열의 이동 방법을 모두 옳게 쓴 경우	50 %
(2)	전도와 대류의 방법으로 열이 이동하는 현상을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	전도와 대류의 방법 중 한 가지의 방법으로 열이 이동하는 현상을 옳게 서술한 경우	25 %

- 02 **모범 답안** C. 찬 공기는 아래로 가라앉고 더운 공기는 위로 올라가므로, 찬 공기가 나오는 에어컨은 높은 곳에 설치해야 대류 현상이 잘 일어나 방 전체가 시원해진다.

채점 기준		배점
A~C 중 옳은 위치를 고르고, 그렇게 해야 하는 까닭을 대류 현상과 연관 지어 옳게 서술한 경우		100 %
A~C 중 옳은 위치를 골랐으나, 그렇게 해야 하는 까닭을 대류 현상과 연관 짓지 못한 경우		30 %

자료 다시 보기 방 안에서 열의 대류



• 냉방기의 찬 공기는 아래로, 난방기의 따뜻한 공기는 위로 올라가면서 방 안의 공기가 대류하게 된다.

- 03 (1) 열팽창
 (2) **모범 답안** 여름철 온도가 올라가 철도 레일의 길이가 팽창하였을 때 레일이 파손되는 것을 방지하기 위해서이다.

채점 기준		배점
(1)	열팽창, 또는 열팽창 현상 등 답을 옳게 쓴 경우	30 %
(2)	온도가 올랐을 때 열팽창에 의해 레일이 파손될 수 있는 상황을 설명하여 까닭을 옳게 서술한 경우	70 %
	단순히 열팽창 때문이라고 서술한 경우	30 %

- 04 (1) **모범 답안** 두 금속의 열팽창 정도가 다르기 때문이다.
 (2) **모범 답안** 아래쪽 금속 B의 열팽창 정도가 A보다 더 커야 한다.

채점 기준		배점
(1)	두 금속의 열팽창 정도가 다를 것을 옳게 서술한 경우	50 %
(2)	열팽창 정도가 금속 B가 A보다 커야 함을 옳게 서술한 경우	50 %
	금속 A와 B의 열팽창 정도 비교를 불분명하게 서술한 경우	25 %

- 1-1 ① 1-2 ② 2-1 ⑤ 2-2 ④

- 1-1 기체의 상태는 이상 기체 상태 방정식

$$PV = Nk_B T$$

으로 표현된다. 여기서 압력 P , 부피 V , 온도 T 는 서로 연관되어 변하며, 기체의 에너지도 이와 함께 달라진다. 기체가 외부로 한 일은

$$W = P\Delta V$$

로 정의된다. 이는 압력-부피 그래프에서 곡선 아래 면적으로 해석할 수 있다. 기체가 팽창하면 양의 일, 압축되면 음의 일이 된다.

이 개념은 열역학 제1법칙

$$Q = \Delta U + W$$

과 연결되어, 열과 내부 에너지 변화의 관계를 이해하는 데 기초가 된다. 들어온 열(Q)은 내부 에너지의 증가(ΔU)와 외부에 한 일(W)로 나뉜다.

내부 에너지란, 기체 분자들이 가지고 있는 운동 에너지와 위치 에너지의 총합이다. 특히 이상 기체에서는 분자 간 상호작용이 거의 없으므로, 내부 에너지는 곧 분자들의 운동 에너지 총합이며 온도와 직접적으로 연결된다.

(가) → (나)에서 열을 가했더니 피스톤이 움직여 부피(V)가 커졌다. 문제 조건에서 압력(P)은 일정하게 유지된다고 했으므로, $PV = Nk_B T$ 에서 온도(T)가 상승한다.

(나) 상태에서 외부의 피스톤을 눌러 다시 부피를 줄였다.

(가) 상태와 부피는 같지만 온도가 높은 상태이므로 $PV = Nk_B T$ 에서, 압력은 (다)가 (가)보다 더 크다.

보기 분석

ㄱ. (○) $PV = Nk_B T$ 에서,

$$V \text{가 같다면 } P \propto T,$$

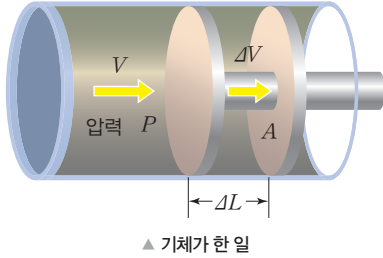
압력과 온도는 비례한다.

(가)와 (다)는 부피가 같지만, 압력은 (다)가 더 크므로, 온도도 (다)가 더 높다.

ㄴ. (×) V 가 원래대로 돌아가면 이미 (가) → (나) 과정에서 T 가 증가했으므로, P 도 증가한다.

㉔. (x) (가) → (나)에서 한 일은 $W_{(가)} = P_{(가)} \Delta V$ 이다. (나) → (다)에서 한 일은 $W_{(다)} = P_{(다)} \Delta V$ 이다. 두 과정에서 부피의 변화량은 같지만 압력은 (나) → (다) 과정에서 더 높기 때문에 한 일의 양도 더 많다.

자료 분석 열팽창하는 기체가 하는 일



기체가 압력 P 로 ΔV 만큼 팽창하면 기체는 외부에 일 W 를 한다.
 $W = P \Delta V$

1-2 (가) 상태에서 A와 B는 고정 금속판을 사이에 두고 열평형을 이루고 있으므로 온도가 같다. 이때 B 쪽에 피스톤을 눌러서 압축하면, B의 부피는 줄고 내부 에너지가 증가해 온도가 올라간다. 이후 시간이 지나면 고정 금속판을 통해 A와 B가 다시 열을 주고받아 열평형을 이루게 된다. 결국 (나) 상태에서도 A와 B의 온도는 같으므로, 온도 차이가 생기지 않는다.

보기 분석

- ㉑. (x) (가)에서 A와 B는 열평형 상태이므로 온도가 같고, (나)에서 A와 B도 열평형 상태이므로 온도가 같다. 그런데 B가 외부로부터 일을 받아 부피가 감소하였으므로 B의 내부 에너지는 증가였고, B의 온도도 상승하였다. 따라서 A의 온도는 (가)에서 (나)에서보다 낮다.
- ㉒. (o) (나)에서 A, B는 열평형 상태이므로 온도가 같고, 부피는 A가 B보다 크므로 기체의 압력은 A가 B보다 작다.
- ㉓. (x) (가) → (나) 과정에서 B가 외부로부터 일을 받아 A와 B의 온도가 상승하였으므로 B가 받은 일은 B의 내부 에너지 증가량과 A의 내부 에너지 증가량의 합과 같다.

2-1 열기관은 고온 열원에서 열 Q_1 을 받아 그중 일부를 일 W 로 바꾸고, 남은 열 Q_2 를 저온 열원으로 버리는 장치이다. 에너지 보존 법칙에 따라 항상 $Q_1 = W + Q_2$ 가 성립하며 이때 열효율은

$$e = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

로 나타낸다. 열은 자연스럽게 고온 → 저온으로 흐르고, 그 흐름을 전부 일로 바꾸는 것은 불가능하다. 이것이 열역

학 제2법칙의 내용으로, 아무리 이상적으로 작동해도 $Q_2 = 0$ 이 될 수 없어 열기관의 열효율은 $e < 1$ 이다. 문제의 조건에서 고온 열원에서 흡수한 열은 $3Q$ 이고, 그 중에서 한 일은 Q 이다. 따라서 남은 $2Q$ 가 저온 열원으로 방출된다. 이때 효율은

$$e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q}{3Q} = \frac{1}{3}$$

으로 계산된다.

보기 분석

- ㉑. (o) 열은 항상 고온에서 저온으로 흐르므로 $T_1 > T_2$ 가 성립한다.
- ㉒. (o) $e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q}{3Q} = \frac{1}{3}$ 이다.
- ㉓. (o) $Q_1 = W + Q_2$ 이므로, $Q_2 = 3Q - Q = 2Q$ 이다.

2-2 A와 B의 열효율이 같다는 조건을 이용해 미지수를 구한다.

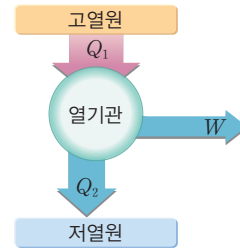
A의 열효율 $e_A = \frac{5E_0}{20E_0} = 0.25$ 이다.

따라서 $e_B = 0.25 = \frac{W_B}{16E_0} \rightarrow W_B = 4E_0$ 이다.

$Q_1 = W + Q_2$ 이므로,

$$\textcircled{1} = 16E_0 - 4E_0 = 12E_0 \text{이다.}$$

자료 분석 열기관에서 에너지의 흐름



- ① 고열원으로부터 열에너지 Q_1 이 공급된다.
- ② 열기관이 W 만큼 일을 한다.
- ③ 남은 에너지 Q_2 가 열에너지 형태로 버려진다.

07 전기

탐구 확인하기

89쪽

01 ③ 02 ③ 03 ④ 04 ④

01 대전되지 않은 검전기에 (-)전하로 대전된 막대를 가까이 대면, 검전기 내부에서 전자가 밀려 움직인다. 막대에 가까운 부분(금속판)은 전자가 밀려 나가 (+)전하로, 막대에서 먼 부분(금속박)은 전자가 몰려 (-)전하로 대전된다. 전자가 금속박 쪽으로 이동했으므로, 금속박들은 같은 (-)전하끼리 반발하여 서로 벌어진다.

오답 체크

- ① 전체가 같은 전하를 띠는 것이 아니고, 부분적으로 분리된다.
- ② 금속판은 (+)전하, 금속박은 (-)전하가 된다.
- ④ 금속박이 벌어진다.
- ⑤ 막대와 접촉하지 않았으므로 전자의 이동은 검전기 내부에서만 일어난다.

자료 다시 보기 검전기



- ① 검전기의 구조
 - 금속판: 외부의 전하를 받아들이거나 전달하는 부분. 대전된 물체를 가까이 하면 전자가 이동하거나 이동하려는 힘이 작용한다.
 - 금속박: 전하의 양을 시각적으로 확인할 수 있는 부분. 같은 종류의 전하가 모이면 서로 밀어내 금속박이 벌어진다.
 - 유리병: 외부로 전하가 흘러 나가거나 들어오는 것을 막아 내부를 절연한다.
- ② 검전기의 원리: 검전기의 원리 금속판에 대전체를 가까이하면 정전기 유도 현상에 의해 금속판은 대전체와 반대 종류의 전하가, 금속박은 대전체와 같은 종류의 전하가 유도된다.

02 대전되지 않은 검전기에 (+)전하를 띤 대전체를 가까이 대면, 금속판 쪽으로 전자가 끌려 올라간다. 그 결과 금속판은 (-)전하, 금속박은 전자가 부족해 (+)전하를 띠게 된다. 이때 같은 전하를 띤 금속박들이 서로 밀어내어 벌어진다. 이 상태는 대전체가 있을 때만 유지된다. 대전체를 치우면 전자의 분포가 다시 원래대로 돌아가므로 금속박은 다시 오므라든다.

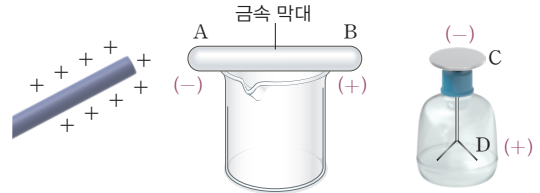
오답 체크

- ㄴ. 금속판은 전자가 몰려 와서 (-)전하가 된다.
- ㄷ. 전자는 금속박에서 금속판 쪽으로 이동한다.

03 처음에 (+)대전체를 가까이 대면, 검전기 내부의 전자가 금속판 쪽으로 끌려올라가 금속판은 (-), 금속박은 전자가 부족해 (+)가 된다. 이 상태에서 손가락을 금속판에 대면 손에 있던 전자가 손가락을 통해 검전기로 이동한다. 대전체와 손가락을 동시에 떼어 내면, 검전기 전체에 (-)전하가 남아 대전되고 금속박이 벌어진다.

04 (+)대전체에 의해 A는 (-)전하, B는 (+)전하, C는 (-)전하, D는 (+)전하로 대전된다.

자료 다시 보기 정전기 유도



- (+)대전체를 금속 막대 가까이 대면, 도체 내부의 전자가 끌려서 A 쪽으로 이동한다.
- A 쪽: 전자가 몰려 (-)전하를 띤다.
- B 쪽: 전자가 밀려나 전자가 부족해져 (+)전하를 띤다.
- 이때 B쪽이 (+)대전체 역할을 하므로 검전기의 금속판 C에 (-)전하를 띤 전자가 몰린다.
- 그 결과 금속박 D는 서로 같은 (+)전하를 띠고 반발하여 벌어진다.

실력 플러스 문제

90쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ④

01 원자는 (+)전하의 원자핵과 (-)전하의 전자로 이루어진다. 원자핵의 전하량과 전자들의 전하량 총합은 크기가 같고 부호가 반대라서, 전자를 잃거나 얻지 않은 원자는 전기적으로 중성이지만, 마찰 등으로 전자를 잃으면 (+)전하, 전자를 얻으면 (-)전하를 띤다. 전자는 질량이 매우 작아 비교적 쉽게 이동한다. 마찰에 의해 전자를 잃으면 물체는 (+)전하를 띤다.

02 마찰 대전은 두 물체 사이에서 전자가 이동하여 나타난다. 원자핵(+)은 고정되어 거의 움직이지 않고, 전자(-)만 이동한다. 그림은 전자들이 B에서 A로 이동해 A는 (-), B는 (+)로 대전된 상태를 보여 준다. 서로 다른 부호로 대전되면 인력이 작용한다.

오답 체크

- ① 전자가 줄었을 뿐, 존재한다.
- ② (+)전하(원자핵)는 이동하지 않는다.
- ④ 부호가 달라 인력이 작용한다.
- ⑤ 재질 조합에 따라 부호가 달라진다.

자료 다시 보기 전하량 보존 법칙

- 물체를 마찰하여 대전시키면 전자의 이동에 의해 물체가 전하를 띠게 된다. 이때 물체가 가진 전하는 새로 생성되거나 소멸되지 않고 그 총량이 일정하게 보존되는데, 이를 전하량 보존 법칙이라고 한다.

03 정전기 유도는 대전체가 가까이 있을 때, 도체 내부의 전자가 이동해 부분적으로 전하가 분리되는 현상이다. 이 때문에 전기가 통하지 않는 물체나 작은 먼지, 물방울 같은 것도 대전체 쪽으로 끌려오게 된다. 예를 들어, 번개가 치는 것도 대기 중의 전하 분리(정전기 유도) 때문이고, 물줄기가 휘는 것도 분자가 유도되어 극성을 띠기 때문이다. 자동차 도색에서는 정전기 유도를 이용해 도료의 입자를 자동차에 골고루 뿌려질 수 있도록 한다.

오답 체크

② 병따개가 냉장고에 붙는 것은 자석에 의한 자기력에 의한 현상이다.

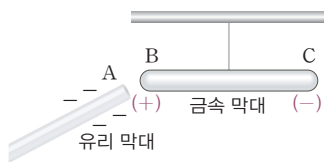
04 금속구를 서로 접촉시키면 두 도체 사이에 전자가 이동하여 전하가 재분배되며, 이 과정에서 외부와 전하 이동이 없으므로 전체 전하량은 보존된다. 두 금속구의 크기가 같다면 접촉 후에는 전체 전하를 두 구에 균등하게 나누어 가지며, 다시 떼어 내더라도 두 구가 갖는 전하의 합은 처음과 같다.

오답 체크

- ① 각 금속구의 전하는 사라지는 것이 아니라 재분배된다.
- ②, ③ 접촉 후 전하의 부호는 처음에 어느 쪽 전하가 더 많았는지에 따라 달라진다.
- ⑤ 새로운 전하가 생긴 게 아니라, 기존 전하가 이동한 것이다.

05 (-)전하로 대전된 유리 막대를 금속 막대 가까이 두면, 금속 막대 내부에서 전자가 반발을 받아 C 쪽으로 이동한다. 따라서 막대 가까운 B 부분은 전자를 잃어 (+)전하, C 부분은 전자가 몰려 (-)전하를 띠게 된다. 이때 유리 막대와 금속 막대 B 사이에는 서로 다른 부호의 전하가 끌어당기는 힘을 작용해 인력이 발생한다. 유리 막대와 금속 막대 B의 전하는 서로 반대이므로 인력이 작용하여 가까워진다.

자료 다시 보기 정전기 유도



- 유리 막대의 B 쪽에 (+)전하가, C 쪽에는 (-)전하가 유도된다.
- A와 B 사이에 서로 끌어당기는 전기력이 발생한다.

최상위 도전 문제

91~92쪽

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

01 마찰 전에는 두 물체 A와 B가 모두 전기적으로 중성이었다. 마찰이 일어나면 전자가 한쪽에서 다른 쪽으로 이동해 한쪽은 전자를 잃고, 다른 쪽은 전자를 얻는다. 그림에서 보면 마찰 후 A는 전자를 잃어 (+)전하, B는 전자를 얻어 (-)전하를 띠고 있다.

오답 체크

- ① 마찰 전 A와 B는 모두 전기적으로 중성이다.
- ② A는 전자를 잃었다.
- ③ B는 전자를 얻었다.
- ⑤ 마찰 전기는 서로 다른 물체를 마찰시켜야 일어난다.

02 마찰 후 A는 (-)전하, B는 (+)전하가 되었으므로 전자들이 B에서 A로 이동한 것을 알 수 있다. 원자핵(+)은 물질 내부에 고정되어 이동하지 않는다. 두 물체가 가진 전하량은 보존되므로, 전자가 한쪽으로 옮겨 가도 (+)전하 총합과 (-)전하 총합은 전체적으로 변하지 않는다.

오답 체크

- ㄴ. 원자핵은 이동하지 않는다.
- ㄷ. A는 전자를 얻어 (-)전하가 증가하였다.

03 마찰 전기가 대전될 때 누가 (+)가 되느냐는 대전열에 따라 정해진다. 표에서 한 쌍의 물체를 마찰했을 때 (+)로 대전이 잘 되는 것부터 순서대로 나열할 수 있다.

- A-B: A(+) → A > B
- A-C: A(+) → A > C
- B-C: C(+) → C > B
- B-D: B(+) → B > D

이를 합치면 대전 순서는 (+) A > C > B > D (-)가 된다. 마찰 전기는 대전열에서 멀리 떨어질수록 더 크게 생기므로 가장 멀리 떨어진 A와 D를 마찰시켰을 때 마찰 전기가 잘 발생한다.

04 표의 왼쪽일수록 전자를 잃어 (+)전하, 오른쪽일수록 전자를 얻어 (-)전하로 대전되기 쉽다. 유리 막대를 명주로 문지르면 유리는 표에서 명주보다 왼쪽이므로 (+)전하가 된다. 명주로 문지른 고무풍선은 (-)전하를 띠므로 두 물체는 서로 끌어당긴다.

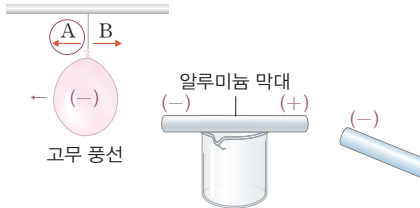
(+) 털가죽 - 유리 - 명주 - 나무 - 고무 - 플라스틱 (-)

- 서로 다른 두 물체를 마찰시켰을 때 전자를 잃기 쉬운 물체부터 나열한 것
- (+)에 가까운 물체일수록 전자를 잃고 (+)전하로 대전되기 쉽다.
- (-)에 가까운 물체일수록 전자를 얻어 (-)전하로 대전되기 쉽다.
→ 서로 멀리 떨어져 있는 두 물체를 마찰시킬수록 마찰 전기가 잘 발생한다.

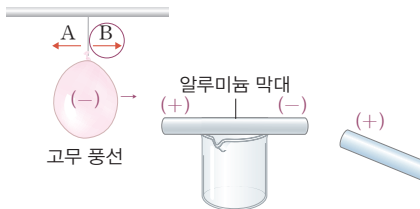
05 고무풍선은 (-)전하로 대전된다. (가)에서 플라스틱 막대는 (-)전하, (나)에서 유리 막대는 (+)전하로 대전된다.

자료 다시 보기 정전기 유도

- 털가죽으로 문지른 고무풍선은 대전열에 따라 (-)전하를 띠고 있다.



- (가)에서 털가죽으로 문지른 플라스틱 막대(음전하)를 알루미늄 막대 오른쪽 끝에 가져가면, 알루미늄 막대의 전자가 반대 방향, 고무풍선 가까운 쪽으로 몰린다. 고무풍선과 알루미늄 막대의 왼쪽이 모두 (-)전하이므로 고무풍선이 밀려나서 A 방향으로 움직인다.



- (나)에서 명주 헝겊으로 문지른 유리 막대는 (+)전하를 띠는데, 이것을 알루미늄 막대 오른쪽 끝에 가까이 가져가면, 알루미늄 막대의 오른쪽 끝에 전자가 몰리게 되고, 왼쪽 끝은 (+)전하를 띠게 된다. 고무풍선은 (-)전하이므로 알루미늄 막대와 인력이 작용하여 B 방향으로 움직인다.

06 두 금속구를 서로 접촉시켜 놓은 상태에서 (+)대전체를 가까이 대면, 금속구 내부의 전자가 이동한다.

- A 쪽(대전체와 가까운 쪽): (+)대전체에 의해 전자가 끌려와 (-)전하를 띤다.
 - B 쪽(멀리 있는 쪽): 전자가 A 쪽으로 이동했기 때문에 전자가 부족해져서 (+)전하를 띤다.
- 이 상태에서 두 금속구를 분리하면, A는 (-), B는 (+)로 각각 대전된 채 남는다.

07 (+)대전체를 A에 가까이 대면, 전자가 B에서 A로 끌려 이동한다. 그 결과 A는 전자를 얻어 (-)전하, B는 전자를 잃어 (+)전하를 띤다. 이때 B에 손가락을 대면, 손가락의 전자가 금속구로 끌려 들어온다. 전하는 전자만 이동하며,

원자핵은 움직이지 않는다.

08 제시된 내용은 검전기를 대전체와 접지(손가락)를 이용해 (+)전하로 대전시키는 과정이다.
(가)에서 (-)대전체를 가까이 하면, 검전기 내부의 전자가 반발해 금속박 쪽으로 몰린다. → 금속박이 벌어진다.
(나)에서 손가락을 대면, 검전기에 있던 전자가 손가락을 통해 땅으로 빠져나간다. 금속박은 전기적으로 중성 상태가 되어 오므라든다.
(다)에서 손가락과 막대를 동시에 치우면, 전자가 빠져나간 상태가 유지되어 검전기 전체는 (+)전하로 대전되고 금속박이 다시 벌어진다.

오답 체크

- ㄷ. (나)에서 금속판에 손가락을 대면 전자가 손가락으로 빠져나가면서 금속박이 오므라든다.
- ㄹ. (다)에서 검전기 전체가 (+)전하로 대전되므로 금속박이 벌어진다.

◆ 서술형 문제 93쪽

- 01 해설 참조
- 02 (1) A: (+)전하, B: (-)전하 (2) 해설 참조
- 03 해설 참조
- 04 (1) 검전기 → 손가락 (2) 해설 참조

01 **모범 답안** 마찰 후 전자가 B에서 A로 이동하여 A는 (-)전하로 대전되고, B는 (+)전하로 대전된다.

채점 기준	배점
마찰 후 A, B가 띠는 전하의 종류를 옳게 쓰고, 그 까닭을 전자의 이동과 연관 지어 서술한 경우	100%
A, B가 띠는 전하의 종류를 옳게 썼으나 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	30%

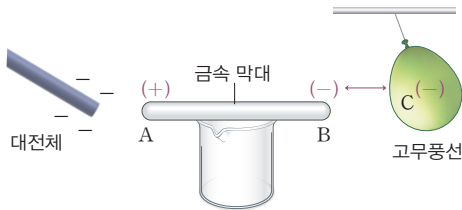
02 (1) A: (+)전하, B: (-)전하. (-)대전체에 가까운 A쪽에는 (-)전하를 띠는 전자들이 밀려나가 (+)전하가 남게 되고, B쪽에는 전자가 몰려들어 (-)전하를 띠게 된다.
(2) **모범 답안** (-)대전체와 금속구의 전자 사이에 척력이 발생하여 전자들이 A에서 B로 이동한다.

채점 기준	배점
(1) A와 B의 전하 상태를 옳게 쓴 경우	30%
(2) 전자의 이동 방향을 옳게 쓰고 그 까닭을 외부의 (-)대전체와 금속구 내부의 전자 사이에 척력이 발생함을 근거로 옳게 서술한 경우	70%
전자의 이동 방향을 옳게 썼으나 그 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	30%

- 03 **모범 답안** B와 C. (-)전하를 띤 플라스틱 막대에 의해 금속 막대의 전자가 A에서 B로 이동하고, 고무풍선이 밀려난 것으로 보아 척력이 작용했으므로 C는 B와 같은 전하를 띤다.

채점 기준	배점
B와 C가 (-)전하를 띤 것을 옳게 쓰고, 그 까닭을 (-)대전체로부터 발생한 전기력에 의해 전하가 배치되는 과정을 서술하여 옳게 쓴 경우	100%
B와 C가 (-)전하를 띤 것을 옳게 썼으나 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	30%

자료 다시 보기 정전기 유도



• 전하의 분포는 그림과 같다.

- 04 (1) 검전기 → 손가락. 검전기 근처의 (-)대전체에 의해 검전기 내부의 전자는 바깥으로 밀려나기 쉬운 상태가 되므로, 손가락을 접촉했을 때 검전기에서 손가락 방향으로 전자가 이동한다.
- (2) **모범 답안** 검전기의 금속판에 (+)대전체를 가까이 가져간다. 검전기의 금속판에 손가락을 댄다. 대전체와 손가락을 동시에 치운다.

채점 기준	배점
(1) 전자의 이동 방향을 옳게 쓴 경우	30%
(2) 검전기에 알맞은 대전체를 가까이 한 이후 대전체와 손가락을 치우는 과정까지 옳게 서술한 경우	70%
검전기를 (-)로 대전시키는 과정에 대한 설명이 미흡한 경우	30%

수능 맞보기

94~95쪽

1-1 ① 1-2 ③ 2-1 ⑤ 2-2 ⑤

- 1-1 전하 사이에는 서로 미는 힘과 끌어당기는 힘, 즉 전기력이 작용한다. 중학교에서는 이를 단순히 '같은 전하 사이에는 밀고, 다른 전하 사이에는 끌린다.' 정도로 배운다. 고등에서는 한 걸음 더 나아가, 쿨롱의 법칙을 통해 힘의 크기를 정량적으로 설명한다. 전하량이 클수록 힘이 커지고, 전하 사이의 거리가 멀어질수록 힘은 약해진다(거리의 제곱에 반비례).

$$\text{쿨롱의 법칙: } F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

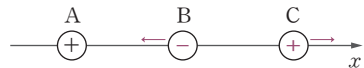
따라서 여러 전하가 줄지어 있을 때는 각각의 전하가 주는 힘을 크기와 방향으로 고려하여 합성해야 한다.

그림에서 A에 작용하는 전기력이 0이라는 사실에서 전하량의 크기는 B보다 C가 더 크다는 것을 알 수 있다. 또한 점 전하 A에 전기력 합이 0이 되기 위해서는 B와 C의 전하 종류가 달라야 한다. B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이라고 했으므로 B는 음전하이므로 C는 B보다 강한 양 전하이다.

보기 분석

- ㄱ. (○) B와 C의 전하 부호가 다른 상황에서 B가 A쪽으로 당기는 힘을 받고 있다. 따라서 B는 A의 부호와 반대인 (-)전하이다.
- ㄴ. (×) B에 작용하는 힘의 방향이 $-x$ 방향이 되려면 A가 B를 당기는 힘이 C가 B를 당기는 힘보다 커야 한다. 따라서 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.
- ㄷ. (×) A, B, C에 작용하는 힘들의 합은 0이 되어야 한다(모두 작용 반작용 쌍이기 때문에). A에 작용하는 힘은 0, B에 작용하는 힘의 방향이 $-x$ 방향이므로, C에 작용하는 힘의 방향은 $+x$ 방향이다.

자료 분석 점전하에 작용하는 전기력



- A에 작용하는 전기력의 합이 0이 되려면 B와 C의 전하량 크기는 $|Q_C| > |Q_B|$ 여야 한다.
- B에 작용하는 전기력의 방향이 $-x$ 이므로, B는 A와 부호가 반대인 (-)전하이다.
- 따라서 C는 B보다 큰 세기의 (+)전하이므로, C에 작용하는 힘의 방향은 $+x$ 이다.

- 1-2 (가) 전기력은 부호가 같으면 서로 밀어내고, 부호가 다르면 서로 끌어당기며, 크기는 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 로 계산한다. A-B-C가 같은 간격일 때 A에 알짜힘이 0이 되려면, A가 B에게서 받는 힘과 C에게서 받는 힘이 크기는 같고 방향은 반대가 되어야 한다. 특히 A와 B의 전하량 크기가 같고 서로 끌어당긴다는 조건 때문에 A와 B는 부호가 반대여야 한다. A가 B에게서 받는 힘은 거리 d 에서의 인력(오른쪽)이고, 이를 상쇄하려면 C가 A와 같은 부호를 가져 A를 왼쪽으로 밀어내야 한다. 두 힘의 크기가 같으려면 C의 거리가 멀기 때문에 대신 전하량이 A보다 커야 한다.

보기 분석

- ㄱ. (○) A-B 사이의 당기는 힘과 A-C 사이의 밀어내는 힘의 크기가 같지만, A-C 사이는 A-B 사이보다 더 멀기 때문에 C의 전하량이 A보다 크다는 것을 알 수 있다.
- ㄴ. (×) A-B가 서로 당기지만 A-C가 서로 밀어내므로 A에 작용하는 전기력이 0이 될 수 있다. 즉, B와 C는

서로 다른 부호이므로 둘 사이에는 당기는 전기력이 작용한다.

- ㄷ. (○) B와 C의 위치를 서로 바꾸면, A는 가까운 위치 d 에 있는 C(같은 부호)에게서 왼쪽($-x$)으로 큰 반발력을 받고, $2d$ 떨어진 B(반대 부호)에게서 오른쪽($+x$)으로 작은 인력을 받게 되므로, 합력의 방향은 $-x$ 가 된다.

2-1 띠틈(띠 간격)이 작을수록 상온에서 원자가 띠의 전자가 전도띠로 넘어가기가 쉬우므로, 전류가 흐르는 데 기여하는 자유 전자가 많아지고 전기 전도성이 좋아진다. 반대로 띠틈이 매우 크면 전자를 전도띠로 올리기 어려워 전도성이 매우 낮아져 부도체로 분류된다.

보기 분석

- ㄱ. (○) 반도체는 부도체보다 전류를 더 잘 흐르게 한다. 띠틈이 비교적 좁은 A가 반도체이고, B는 부도체이다.
 ㄴ. (○) 띠틈이 작을수록 생성되는 자유 전자가 많아 A의 전도성이 B보다 좋다.
 ㄷ. (○) 전도띠의 전자는 원자핵의 속박에서 벗어나 전류를 흐르게 할 수 있다. 따라서 단위 부피당 전도띠에 있는 전자 수는 반도체인 A가 부도체인 B보다 많다.

자료 다시 보기 물질의 전기적 성질

도체	• 전기 전도성이 높아 전류가 잘 흐르는 물질이다
부도체	• 전기 전도성이 매우 낮아 전류가 거의 흐르지 않는 물질이다.
반도체	• 도체와 부도체의 중간 정도의 전기적 성질을 가진 물질이다. • 주어진 조건에 따라 전류가 잘 흐를 수도 있고, 잘 흐르지 않을 수도 있다.

2-2 에너지띠 모형에서 전도띠와 원자가 띠 사이에 띠틈이 크면 전자가 상온에서도 전도띠로 올라가기 어렵기 때문에 부도체가 되고, 두 띠가 일부 겹치거나 맞닿으면 별도의 큰 에너지 없이도 전자가 자유롭게 움직일 수 있어 도체가 된다. 또한 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하려면 최소한 띠틈에 해당하는 에너지 이상을 얻어야 한다.

그림에서 A는 전도띠와 원자가 띠 사이에 분명한 띠틈이 보이고 전도띠가 비어 있으므로 부도체로 판단할 수 있고, B는 전도띠가 부분적으로 전자가 차 있거나 원자가 띠와 겹쳐 있어 도체의 특징을 보인다. 따라서 A에서는 전자가 전도띠로 가기 위해 반드시 띠틈 이상의 에너지가 필요하며, 반대로 B는 상온에서 자유 전자가 풍부하여 전자가 원자 사이를 자유롭게 이동할 수 있다.

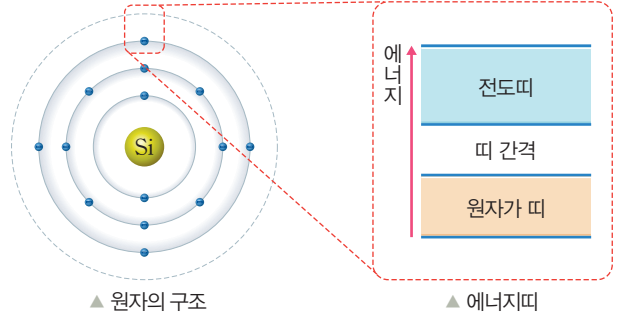
보기 분석

- ㄱ. (○) A는 띠틈이 매우 크므로 부도체이다.
 ㄴ. (○) 원자가 띠의 전자가 전도띠로 올라가려면 충분한

에너지, 띠틈 이상의 에너지를 얻어야 한다.

- ㄷ. (○) B는 원자가 띠와 전도띠가 일부 겹쳐있는 도체이므로 상온에서(에너지가 충분하지 않아도) 자유롭게 움직일 수 있는 전자가 많다.

자료 다시 보기 고체의 에너지띠와 전기적 성질



- 1 원자가 띠**
- 원자의 가장 바깥쪽에 있는 원자가 전자가 차지하는 에너지띠
 - 원자가 띠의 전자는 원자핵에 속박되어 있다.
 - 전자가 충분한 에너지를 얻으면 전도띠로 올라가 자유 전자가 된다.
- 2 전도띠**
- 원자가 띠 위에 있는 에너지띠
 - 전도띠에 있는 전자는 자유롭게 움직일 수 있다.
 - 전도띠로 이동한 전자는 전기를 흐르게 한다.
- 3 띠 간격(띠틈)**
- 에너지띠 사이의 간격
 - 전자는 이 영역의 에너지를 가질 수 없다.
 - 띠 간격은 부도체 > 반도체 > 도체 순으로 크다.

08 회로

◆ 탐구 확인하기

101쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ② 04 ⑤

- 01 니크롬선은 전기 저항이 일정한 도선이다. 전류와 전압의 관계는 옴의 법칙으로 나타낼 수 있다.

$$\text{옴의 법칙: } V=IR$$

즉, 저항 R 이 일정할 때 전류 I 는 전압 V 에 비례한다. 전압이 2배가 되면 전류도 2배가 되고, 전압이 0이면 전류도 0이 된다. 따라서 전류와 전압의 관계는 원점을 지나는 직선 그래프가 된다.

- 02 옴의 법칙은 $V=IR$ 이다. 전류-전압 그래프에서 기울기는 $\frac{I}{V}=\frac{1}{R}$ 이므로, 기울기가 클수록 저항 R 이 작다. 그래프의 기울기 크기는 $A>B>C$ 이므로, 저항의 크기는 $C>B>A$ 이다. 같은 전류를 흘리려면 $V=IR$ 이므로 R 이 큰 것에 더 큰 전압이 필요하다.

오답 체크

ㄱ. 그래프에서 A의 기울기가 B보다 더 크다(가파르다). 따라서 R 은 더 작다.

- 03 금속 막대의 전기 저항은 단면적 A 에 반비례하고 길이 L 에 비례한다.

$$R \propto \frac{L}{A}$$

A와 B의 종류(재질)와 굵기(단면적)가 같으므로, 저항 R 은 길이 L 에 비례한다. 옴의 법칙은 $V=IR$ 에서 기울기 $\frac{I}{V}=\frac{1}{R}$ 이므로, 기울기가 클수록 저항이 작고, 금속 막대의 길이가 짧다. 그래프에서 A의 기울기가 B의 기울기의 2배이므로, B의 저항이 A의 저항보다 2배 크다. 따라서 A와 B의 길이 비는 1:2.

자료 다시 보기 전기 저항에 영향을 주는 요인

$$\text{전기 저항} \propto \frac{\text{도선의 길이}}{\text{도선의 굵기}}$$

- 도선이 길수록 전기 저항이 크다.
- 도선이 굵을수록 전기 저항이 작다.
- 물질의 종류에 따라 전기 저항이 다르다.

- 04 전류와 전압의 관계는 옴의 법칙 $V=IR$ 로 설명할 수 있다. 즉, 저항은 전압 ÷ 전류로 구한다. 주어진 그래프에서 A는 (전압 4 V, 전류 0.8 A)를 지난다. 따라서

$$R_A = \frac{4}{0.8} = 5 \Omega$$

B는 (4 V, 0.4 A)를 지나므로,

$$R_B = \frac{4}{0.4} = 10 \Omega$$

즉, B의 저항은 A의 두 배이다.

전류-전압 그래프에서 그래프의 기울기는 저항의 역수를 나타내므로

$$\frac{I}{V} = \frac{1}{R} \text{이다.}$$

오답 체크

- ⑤ 같은 전압이라면 전류는 저항에 반비례한다. 따라서 B에 흐르는 전류는 A의 절반이다.

◆ 실력 플러스 문제

102쪽

01 ④ 02 ④ 03 ② 04 ⑤ 05 ④
06 ④

- 01 전류는 도선을 따라 이동하는 전하의 흐름이다. 전류의 방향은 전지의 (+)극 → (-)극이다. 전류의 단위는 A(암페어)이며 1 A = 1000 mA이다. 1 A는 1초 동안 전자 6.25×10^{18} 개가 지나갈 때의 전류 세기이다.

오답 체크

④ 전류의 방향은 전지의 (+)극 - 회로 - 전지의 (-)극 방향이다. 전자 이동 방향과 전류의 방향은 서로 반대이다.

- 02 옴의 법칙은 $V=IR$ 로, 전압과 전류, 저항 사이의 관계를 나타낸다. 전압 V 가 일정하면 저항이 커질수록 전류가 줄어들고, 저항이 일정하면 전압이 커질수록 전류가 커진다. 전압과 전류는 비례, 저항과 전류는 반비례, 저항과 전압은 비례 관계이다.

오답 체크

ㄴ. 저항과 전류는 전압이 일정할 때 서로 반비례 관계이다.

- 03 전압은 전류를 흐르게 하는 능력을 말하며, 단위는 V(볼트)를 사용한다. 전압을 측정할 때는 측정하려는 저항에 전압계를 병렬로 연결한다. 옴의 법칙 $I=\frac{V}{R}$ 에 따라 같은 회로에서 전압이 커지면 도선을 지나는 전류의 세기도 함께 커진다.

오답 체크

ㄴ. 전압의 단위는 V(볼트)를 사용하며 Ω (옴)은 저항의 단위이다.

ㄷ. 옴의 법칙 $I=\frac{V}{R}$ 에 따라 전압 V 와 전류 I 는 비례한다.

- 04 전기 저항은 전류의 흐름을 방해하는 정도를 나타내며, 도

선의 길이가 길수록 커지고 단면적(굵기)이 클수록 작아진다. 저항이 작을수록 전류가 잘 흐른다. 저항이 크면 전류가 잘 흐르지 않는 이유는 도선 안을 이동하는 전자들이 원자핵이나 다른 입자와 충돌하기 때문이다. 또한 같은 길이와 굵기의 도선이더라도 재질에 따라 고유저항이 달라 저항의 크기도 달라진다.

05 저항을 직렬로 연결하면 저항 여러 개가 하나의 긴 저항처럼 작동하여 전체 저항은 각 저항의 합만큼 커진다. 반대로 저항을 병렬로 연결하면 그만큼 단면적이 넓은 저항을 사용하는 것과 같은 효과가 되어 전체 저항은 작아진다. 멀티탭, 가정에서의 배선 등은 병렬연결을 하여, 어느 한쪽의 회로가 연결되어 있지 않더라도 다른 전기 기구가 정상적으로 작동할 수 있도록 한다.

06 전기 에너지는 전류가 흐르면서 전기 기구에 공급되는 에너지로, 전압 V , 전류 I , 시간이 t 일 때

$$E = VIt$$

로 계산한다. 단위는 J(줄)이며, 1 J은 1 V의 전압에서 1 A의 전류가 1초 동안 흐를 때 공급되는 에너지에 해당한다. 따라서 전기 에너지는 전압, 전류, 시간이 커질수록 함께 증가하고, 다양한 기기에서 빛, 열, 운동 등 여러 가지 형태로 전환된다. 전기 에너지 $E = VIt$ 이므로 전압과 전류, 전류가 흐른 시간의 곱으로 나타낸다.

◆ 최상위 도전 문제

103~104쪽

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

01 ㉠은 자유 전자, ㉡은 원자핵이다. 전류의 방향은 전원의 (+)극에서 (-)극 방향이지만, 전자는 반대 방향인 (-)극에서 (+)극으로 이동한다. 따라서 전류의 방향은 자유 전자의 이동 방향과 서로 반대이다. 도선 속에서 자유 전자들이 한쪽 방향으로 이동하면 도선에 전류가 흐르게 된다.

오답 체크

- ① 전류는 B → A 방향으로 흐른다.
- ② ㉠은 원자핵, ㉡은 자유 전자이다.
- ③ 전자는 전지의 (-)극에서 회로를 따라 (+)극 방향으로 이동하므로, A쪽에 전지의 (-)극이 연결되어 있다.
- ④ 전류 방향과 자유 전자의 이동 방향은 서로 반대이다.

02 전기 회로에서 전류는 도선을 따라 흐르며, 이는 물의 흐름에 비유할 수 있다. 전압은 물탱크 사이의 높이 차에 해당하고, 도선은 물이 흐르는 파이프와 같다. 전구는 물레방아와 같이 전류가 흐를 때 일을 하거나 에너지를 소비하는 역

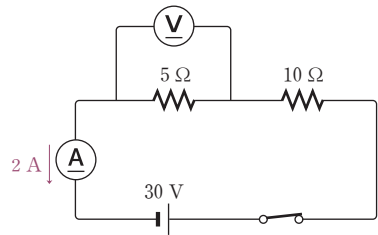
할을 한다. 또한 회로에서 스위치는 전류의 흐름을 연결하거나 끊는 장치인데, 물의 흐름에서는 펌프가 아니라 밸브에 해당한다. 펌프는 물에 에너지를 공급하는 역할을 하므로 전기 회로에서는 전지에 해당한다.

03 전류계는 회로에 흐르는 전류의 세기를 측정하는 기구로, 전류가 그대로 지나가야 하므로 저항과 직렬로 연결해야 한다. 반면 전압계는 저항 양단의 전위차를 측정하는 기구로, 저항의 양 끝에 병렬로 연결한다. 또한 전류계와 전압계의 (+) 단자는 전지의 (+)극 쪽에, (-) 단자는 전지의 (-)극 쪽에 각각 연결해야 한다.

04 도선 (가)에 전압 10 V를 걸었을 때 전류가 1 A 흐르므로, 저항은 $R = \frac{V}{I} = \frac{10}{1} = 10 \Omega$ 이다. (가)를 길이 방향으로 반 잘라 (나)처럼 두 개를 나란히 붙이면, 길이는 절반으로 줄어들어 저항이 $\frac{1}{2}$ 배가 되고, 단면적은 2배로 넓어지므로 다시 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 따라서 전체 저항은 원래의 $\frac{1}{4}$, 즉 2.5 Ω이 된다. 같은 전압 10 V를 걸면 전류는 $\frac{10}{2.5} = 4$ A가 된다.

05 저항이 직렬연결되어 있을 때 각 저항에 걸리는 전압은 저항의 크기에 비례한다.

자료 다시 보기 저항의 직렬연결과 옴의 법칙



• 회로의 전체 저항은 5 Ω과 10 Ω이 직렬로 연결되어 있으므로 $R = 5 + 10 = 15 \Omega$ 이다. 전지 전압이 30 V이므로, 옴의 법칙 $I = \frac{V}{R}$ 에 따라 회로에 흐르는 전류는 $I = \frac{30}{15} = 2$ A이다. 전압계는 5 Ω 저항에 걸린 전압을 측정하므로, $V = IR = 2 \times 5 = 10$ V이다. 따라서 전류계는 2 A, 전압계는 10 V를 가리킨다.

06 전구에 표시된 220 V - 110 W는 이 전구가 220 V 전압에서 사용할 때 소비 전력이 110 W라는 뜻이다. 따라서 정격 전압에서 흐르는 전류는 $P = VI$ 에서,

$$I = \frac{P}{V} = \frac{110}{220} = 0.5 \text{ A}$$

이다. 이때 전구의 저항은

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220}{0.5} = 440 \Omega$$

이다. 전력이 110 W라는 것은 1

초 동안 110 J의 에너지를 소비한다는 뜻이고, 2시간 동안 사용하면 전력량은 $110 \text{ W} \times 2 \text{ h} = 220 \text{ Wh}$ 가 된다. 만약

이 전구를 110 V에 연결한다면, 전압이 절반으로 줄어 들고 전류도 절반이 되어 소비 전력은 $\frac{1}{4}$ 배가 된다.

오답 체크

- ① 저항은 440 Ω이다.
- ② 전류는 0.5 A이다.
- ③ 1초 동안 소비하는 전기 에너지는 110 J이다.
- ⑤ 110 V의 전원에 연결하면 220 V의 전원에 연결했을 때 소비 전력의 $\frac{1}{4}$ 배가 된다.

07 병렬연결에서는 두 도선에 같은 전압(10 V)이 걸리므로 각 전류는 $I = \frac{V}{R}$ 로 저항에 반비례한다. 따라서 전류의 비는 그래프의 기울기 비($\frac{I}{V} = \frac{1}{R}$)와 같다. 그림에서 $V = 2\text{ V}$ 일 때 A의 전류는 4 A, B의 전류는 2 A이므로 기울기 비가 항상 2 : 1이다.

08 소비 전력 P 와 전압 V , 전류 I 는 $P = VI$ 를 이용하여 구하고, 저항 R 은 $R = \frac{V}{I} = \frac{V^2}{P}$ 로 구한다. 형광등 한 개에 흐르는 전류는 $I = \frac{V}{P} = \frac{22}{220} = 0.1\text{ A}$, 텔레비전은 220 V - 440 W이므로 흐르는 전류는 2 A이고, 옴의 법칙에 의해 저항은 110 Ω이다.

하루 사용 전력량(에너지)은 각 기구의 소비 전력에 사용 시간과 개수를 곱해 합산한다(Wh 또는 kWh). 하루 총 소비 전력량은 형광등 0.44 kWh + 전열기 2.40 kWh + 텔레비전 1.76 kWh + 전기밥솥 1.15 kWh = 5.75 kWh가 된다.

또한 빛으로 전환하는 형광등 + TV의 전력량 2.20 kWh는 열로 전환하는 전열기 + 밥솥의 3.55 kWh보다 작다.

오답 체크

- ㄴ. 텔레비전의 저항은 110 Ω이다.
- ㄷ. 빛에너지로 전환하는 기구의 하루 전력량(2.20 kWh)이 열에너지로 전환하는 기구(3.55 kWh)보다 작다

◆ 서술형 문제 105쪽

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

01 **모범 답안** 전지, 펌프가 물을 높은 곳으로 끌어올려 물이 흐르도록 하듯이, 전지는 전기적 위치 에너지 차이, 즉 전압

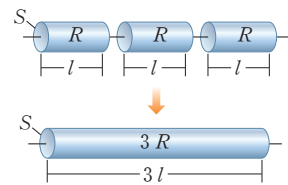
을 만들어 전류가 흐르도록 한다.

채점 기준	배점
펌프와 비슷한 역할을 하는 회로의 장치를 옳게 고르고, 그 역할을 전기적 위치 에너지와 관련 지어 옳게 서술한 경우	100%
펌프와 비슷한 역할을 하는 회로의 장치를 옳게 골랐으나, 그 역할에 대한 설명이 미흡한 경우	30%

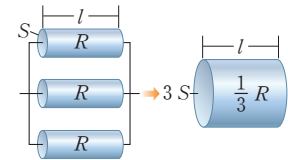
02 (1) (가), 저항을 직렬연결하면 전체 저항의 크기가 커진다. (2) **모범 답안** 저항을 직렬연결하면 저항의 전체 길이가 길어지는 것과 같으므로 전체 저항이 각 저항의 합이 되고, 병렬연결하면 단면적이 커지는 효과가 있으므로 전체 저항이 각 저항보다 작아진다.

채점 기준	배점
(1) (가), (나) 중 전체 저항이 커지는 연결 방법을 옳게 쓴 경우	30%
(2) 직렬연결할 때 전체 저항의 크기를 옳게 쓰고 저항의 연결 방법에 따른 저항의 길이와 단면적의 변화를 옳게 서술한 경우	70%
(2) 직렬연결할 때 전체 저항의 크기를 옳게 썼으나 저항의 길이와 단면적에 대한 관계성을 서술하지 못한 경우	30%

자료 다시 보기 저항의 직렬연결과 병렬연결



• 직렬연결: 저항이 길어지는 것과 같으므로, 전체 저항은 증가한다.



• 병렬연결: 저항의 단면적이 넓어지는 것과 같으므로, 전체 저항은 감소한다.

03 **모범 답안** B, 두 니크롬선 A, B의 저항의 비는 $R_A : R_B = 1 : 2$ 이다. 니크롬선의 길이가 길수록 저항이 크므로 두 니크롬선 중 길이가 긴 것은 B이다.

채점 기준	배점
A와 B 중 니크롬선의 길이가 긴 것을 옳게 고르고 저항의 크기와 관련 지어 까닭을 서술한 경우	100%
A와 B 중 니크롬선의 길이가 긴 것을 옳게 썼으나 그 까닭에 대한 설명이 미흡한 경우	30%

04 (1) **모범 답안** 20 Wh.
 전력량 = 전력 × 시간 = 120 W × $\frac{1}{6}$ h = 20 Wh이다.
 (2) **모범 답안** 30 W. 전기 기구의 저항은 변하지 않으므로, 전압이 $\frac{1}{2}$ 배가 되면 전류도 $\frac{1}{2}$ 배가 되어 소비 전력은 $\frac{1}{4}$ 배가 된다.

채점 기준		배점
(1)	알맞은 답을 옳게 쓰고 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	알맞은 답을 썼으나 풀이 과정이 미흡한 경우	25 %
(2)	알맞은 답을 옳게 쓰고 까닭을 수학적 논리로 옳게 서술한 경우	50 %
	알맞은 답을 썼으나 까닭에 관한 서술이 미흡한 경우	25 %

◆ 수능 맞보기

106~107쪽

1-1 ④ 1-2 ④ 2-1 ④ 2-2 ⑤

1-1 합성 저항의 크기는 저항의 직렬연결에서는 $R=R_1+R_2$ 로 나타나며, 병렬연결에서는

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ 와 같이 저항의 역수를 더해 구한다. 병렬 연결은 계산 과정이 다소 복잡해지지만, 이렇게 구한 합성 저항을 하나의 저항으로 두고 보면 전체 회로를 조금 더 쉽게 파악할 수 있다.

두 저항이 병렬이면 두 저항에 걸리는 전압은 항상 같고 (=전원 전압 V), 각 저항을 지나는 전류는 $I = \frac{V}{R}$ 로 정해진다. 문제에서 $I_B = 3I_A$ 이므로, 같은 전압에서 전류가 3배라는 뜻은 저항이 $\frac{1}{3}$ 배라는 뜻이다(전류 $\propto \frac{1}{R}$). 따라서 $R_A = R, R_B = \frac{R}{3}$ 이다.

소비 전력은 $P = VI = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$ 를 이용하면 각 저항에 대해,

$$P_A = \frac{V^2}{R_A} = \frac{V^2}{R}, P_B = \frac{V^2}{R_B} = \frac{V^2}{R/3} = \frac{3V^2}{R} \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } P_A + P_B = \frac{4V^2}{R} \text{이다.}$$

1-2 Z의 저항값을 R_0 라고 두면,

$$R_X = 2R_0, R_Y = \frac{1}{2}R_0, R_Z = R_0 \text{이다.}$$

회로는 X가 직렬, Y, Z가 병렬이다. 먼저 Y+Z의 합성 저항을 구하면,

$$\frac{1}{R_{(Y+Z)}} = \frac{1}{R_Y} + \frac{1}{R_Z} = \frac{1}{R_0} + \frac{2}{R_0} = \frac{3}{R_0}$$

$$\rightarrow R_{(Y+Z)} = \frac{R_0}{3} \text{이다.}$$

$$\text{따라서 전체 저항 } R_{\text{tot}} = 2R_0 + \frac{R_0}{3} = \frac{7}{3}R_0 \text{이고,}$$

$$\text{회로 전류 } I = \frac{V}{R_{\text{tot}}} = \frac{3V}{7R_0} \text{이다.}$$

$$\text{전력 } P = VI = I^2 R \text{이므로,}$$

$$P_X = I^2 R_X = \left(\frac{3V}{7R_0}\right)^2 (2R_0) = \frac{18}{49} \frac{V^2}{R_0} \text{이다.}$$

병렬부의 전압은

$$V_{(Y+Z)} = IR_{(Y+Z)} = \frac{3V}{7R_0} \cdot \frac{R_0}{3} = \frac{V}{7} \text{이다.}$$

$$\text{따라서, } I_Y = \frac{V_{(Y+Z)}}{R_Y} = \frac{V/7}{R_0/2} = \frac{2V}{7R_0} \text{이다.}$$

$$P_Y = I_Y^2 R_Y = \left(\frac{2V}{7R_0}\right)^2 \frac{R_0}{2} = \frac{2}{49} \frac{V^2}{R_0} \text{이다.}$$

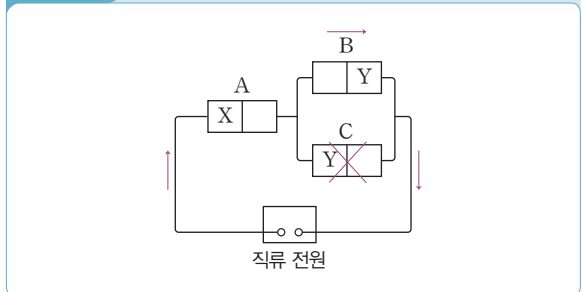
$$\text{따라서, } \frac{P_X}{P_Y} = \frac{18/49}{2/49} = 9 \text{이다.}$$

2-1 p-n 접합 다이오드는 p형과 n형 반도체가 맞닿은 소자이다. 직류 전원의 (+)극을 p형, (-)극을 n형에 연결하면 순방향이어져 전류가 흐르고, 극성을 반대로 걸면 역방향이 되어 전류가 흐르지 않는다. (나)에서 X는 양공이 있으므로 p형이고, Y는 n형임을 알 수 있다. (가)에서 B에 전류가 흐르므로 B 다이오드가 순방향으로 연결되어 있다는 것을 알 수 있다.

보기 분석

- ① (×) X는 주로 양공이 전하를 운반하는 p형 반도체이다.
- ② (×) B는 순방향 전압이 걸려있다. n형 반도체와 p형 반도체의 방향이 B와 같은 A 다이오드에도 순방향 전압이 걸린다.
- ③ (×) X는 p형 반도체이다.
- ④ (○) X는 p형 반도체이고, 순방향 전압이 걸려 있으므로 직류 전원의 (+)극과 연결된다.
- ⑤ (×) 다이오드 C에는 역방향 전압이 걸려 전류가 흐르지 않는다. 따라서 접합부에서 양공과 전자가 결합하지 않는다(p-n 접합 다이오드는 전류가 흐를 때 접합부에서 양공과 전자가 결합한다.).

자료 분석 회로에 흐르는 전류의 방향

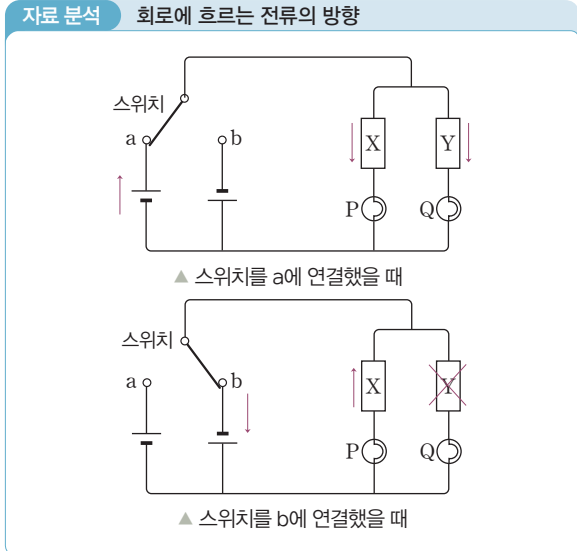


2-2 스위치를 a ↔ b로 바꾸면 전원 극성이 바뀐다. 저항은 극성에 상관없이 전류가 흐르지만, 다이오드는 순방향(전원의 (+)가 p형, (-)가 n형)일 때만 전류가 통과하고 역방향이면 전류가 흐르지 않는다. 표를 보면 a에서는 P, Q가 모두 켜지고 b에서는 Q만 꺼진다. 전원 극성 변화에 반응해 켜졌다/꺼졌다가 달라지는 쪽은 다이오드가 포함된 가지이고, 변화가 없는 쪽은 저항만 있는 가지이다. 따라서

소자 Y가 다이오드, 소자 X가 저항임을 알 수 있다.

보기 분석

- ㄱ. (○) P가 a, b 모두 켜지므로 X는 저항이다.
- ㄴ. (○) Q가 a에서만 켜지고 b에서 꺼지므로, 전원의 극성에 따라 정류 작용이 일어나고 있다.
- ㄷ. (○) 스위치를 a에 연결했을 때 다이오드는 전류를 흐르게 하고 있으므로 순방향 전압이 걸린다.



09 자기

◆ 탐구 확인하기

113쪽

- 01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤ 05 ⑤

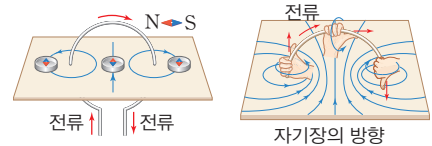
01 코일(전자석)의 극성은 오른나사 법칙으로 판단한다. 감은 방향을 따라 전류 방향으로 오른손을 말아 쥐면, 엄지손가락이 가리키는 쪽이 코일의 N극이고, 코일 내부 자기장도 그 엄지 방향으로 향한다. 코일은 감은 수가 많을수록 자기장이 세지고, 전류가 끊기면 자성을 잃는다.

오답 체크

④ 코일 내부의 자기장 방향은 A → B이다.

02 원형 도선을 흐르는 전류는 그 주위에 자기장을 만든다. 자기장의 방향은 오른나사 법칙으로 정한다. 도선의 안쪽과 바깥쪽에서 자기장의 방향은 서로 반대가 된다. 나침반의 N극은 자기장의 방향을 가리키므로, 각 위치에서 자기장 방향을 그대로 따라간다.

자료 다시 보기 원형 전류에 의한 자기장

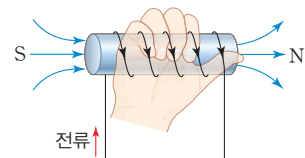


- 자기장 방향: 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 하여 도선을 감아질 때, 네 손가락의 방향의 방향
- 자기장 세기: 도선에 흐르는 전류의 세기(I)에 비례한다. 원형 도선 중심의 자기장 세기는 도선의 반지름(r)에 반비례한다.

03 코일에 전류가 흐를 때 내부에 자기장이 형성되며, 방향은 오른나사 법칙으로 판별한다. 전류가 흐르는 방향으로 오른손 네 손가락을 감으면 엄지손가락이 가리키는 방향이 코일 속 자기장의 방향, 즉 N극이 된다.

그림에서 전류의 흐름과 코일이 감긴 방향을 확인하여 자기장의 화살표가 제대로 표시되었는지 판단할 수 있다.

자료 다시 보기 전류가 흐르는 코일의 자기장



- 자기장의 방향: 오른손의 네 손가락을 전류의 방향을 따라 감아질 때 엄지손가락이 가리키는 방향

04 코일에 전류가 흐르면 그 주위에 자기장이 생기며, 이는 자석이 만들어 내는 자기장과 매우 비슷한 모양을 가진다. 특

히 코일의 한쪽 끝에서는 자기장이 N극, 반대쪽에서는 S극처럼 나타나며, 자기장의 방향은 전류가 흐르는 방향에 따라 정해진다. 오른손 네 손가락의 방향을 전류 방향으로 했을 때, 엄지손가락이 가리키는 방향이 자기장의 방향이 된다.

- 05** 코일에 흐르는 전류 방향으로 네 손가락을 감으면 엄지손가락이 가리키는 쪽이 자기장의 방향, 즉 코일의 N극이다. 그림의 전류 방향에 따라 관정하면 코일의 왼쪽(가)이 N극, 오른쪽(나)이 S극이 된다. 따라서 코일 내부의 자기장은 왼쪽으로 향한다. 나침반의 N극은 자기장의 방향을 가리키므로, (가) 위치에서는 A쪽(왼쪽)으로, (나) 위치에서는 C쪽(왼쪽)으로 움직인다.

오답 체크

ㄱ. 자기장의 방향은 왼쪽이다.

실력 플러스 문제

114쪽

- 01 ④ 02 ④ 03 ③ 04 ③

- 01** 자기장은 자석 주위에 형성되는 공간이며, 그 세기는 극에 가까울수록 강하다. 자기력선은 자기장의 방향과 분포를 시각적으로 나타내는데, 반드시 N극에서 나와 S극으로 들어간다. 나침반의 N극은 자기장의 방향을 가리키므로, 자기력선의 방향은 나침반 N극이 가리키는 방향과 일치한다. 지구의 경우 나침반이 북쪽을 가리키므로 북극이 S극, 남극이 N극에 해당한다.

오답 체크

- ① 자기력선은 끊어지거나 교차할 수 없다.
- ② 자기장의 세기는 극에서 멀수록 약해지고 가까울수록 강하다.
- ③ 자기력선은 N극에서 나와 S극으로 들어간다.
- ⑤ 지구의 북극은 S극, 남극은 N극이다.

- 02** 자기력선은 N극에서 나와 S극으로 들어가며, 화살표는 그 방향을 뜻한다. 나침반의 N극은 자기력선 방향을 가리킨다. 그림에서 화살표가 A→B로 향하므로 A가 N극, B가 S극이다. 따라서 P점의 자기력선도 오른쪽(동쪽)이고, 나침반의 N극은 동쪽을 가리킨다.

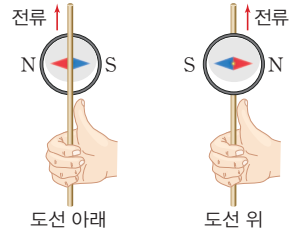
오답 체크

ㄴ. N극과 S극 사이에는 인력이 작용한다.

- 03** 도선을 흐르는 전류 주위에는 원형의 자기장이 형성된다. 방향은 오른나사 법칙으로 정한다. 전류의 방향을 따라 오른손 엄지를 두면, 나머지 네 손가락이 감기는 방향이 자기

장의 방향이다. 따라서 직선 도선의 앞뒤에서 자기장의 방향은 서로 반대이며, 나침반의 N극은 항상 자기장의 방향을 가리킨다.

자료 다시 보기 직선 도선 주위의 자기장



• 나침반을 도선 아래에 둘 때와 도선 위에 둘 때, 나침반이 가리키는 방향이 달라진다.

- 04** 자기장 속에 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 방향은 오른손의 네 손가락을 자기장의 방향으로 향하게 하고 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 하였을 때 손바닥이 향하는 방향이다.

자료 다시 보기 자기장 속에 전류가 흐르는 도선이 받는 힘

- 오른손 엄지손가락을 전류의 방향을 향한다. ((+)극 → (-)극 방향)
- 오른손 네 손가락은 자기장의 방향을 향하게 한다.(N극 → S극 방향)
- 손바닥이 향하는 방향으로 도선이 힘을 받는다.



최상위 도전 문제

115~116쪽

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

- 01** 직선 도선에 전류가 흐르면, 도선 주위에는 원형 모양의 자기장이 생긴다. 자기장의 방향은 오른나사 법칙으로 정한다. 전류 방향을 엄지손가락으로 가리킬 때, 네 손가락을 구부린 방향이 자기장의 방향이다. 또한 자기장의 세기는 도선에서 가까울수록 강하고, 멀수록 약하다. ($B \propto \frac{I}{r}$)

그림에서 B와 C는 서로 도선의 반대쪽에 있다. 따라서 B와 C에서의 자기장 방향은 서로 반대가 된다.

오답 체크

- ① A, D의 거리가 서로 다르므로, 자기장의 세기도 달라진다.
- ② D에서 나침반의 N극이 가리키는 방향은 동쪽이다.
- ③ A는 도선에서 멀리 있으므로, B보다 자기장의 세기가 약하다.
- ④ A와 B는 도선으로부터 같은 쪽에 있으므로, 자기장의 방향도 같다.

02 전류가 원형 도선을 흐르면, 도선 중심에서 여러 가닥의 자기장이 같은 방향으로 겹쳐져서 강한 자기장이 형성된다. 이때 중심부 자기장의 방향은 오른나사 법칙으로 결정되며, 원형 도선의 중심부 자기장의 세기는 원형 도선의 반지름에 반비례한다. ($B \propto \frac{I}{r}$)

오답 체크

- ① 나침반의 N극은 자기장에 따라 움직여서 서쪽을 가리킨다.
- ② 중심부에는 자기장이 강하게 형성된다.
- ③ ㉠과 ㉡의 N극이 가리키는 방향은 동쪽이다.
- ④ 전류 방향에 따라 자기장의 방향은 달라진다.

03 코일에 전류가 흐르면 코일 내부에 균일한 자기장이 생긴다. 코일 내부의 자기장 방향은 오른나사 법칙으로 정한다. 오른손, 네 손가락을 전류가 감긴 방향으로 말면 엄지가 가리키는 쪽이 코일 내부 자기장의 방향이다. 자기장의 세기는 전류의 세기가 커질수록 세고, 코일의 단위 길이당 감은 수가 많을수록 세진다. ($B \propto nI$)

오답 체크

- ① 코일 내부는 외부보다 균일하고 강한 자기장이 형성된다.
- ② 코일 내부 자기장은 오른쪽을 향한다.
- ③ 전원의 극을 바꾸면 자기장 방향이 반대로 바뀐다.
- ④ 전압을 키우면 전류가 커지고, $B \propto nI$ 이므로 자기장 세기가 증가한다.

04 직선 도선에 전류가 흐르면 도선 둘레에 원형의 자기장이 생긴다. 자기장의 방향은 오른나사 법칙으로 정하고, 세기는 도선에 가까울수록 강하고, 멀수록 약하다($B \propto \frac{I}{r}$). 전류가 일정하면 자기장도 일정하다. 전류의 세기를 키우면 자기장의 세기도 함께 커진다.

오답 체크

- ① 전류(직선)의 방향과 자기장(원둘레 접선)의 방향은 서로 수직이다.
- ② 거리가 멀수록 약해진다.
- ④ 나침반 N극은 도선 중심을 향하지 않고, 원형 자기장의 접선 방향을 가리킨다.
- ⑤ 전류가 일정하면 자기장도 일정하게 유지된다.

05 전류의 방향이나 자기장의 방향이 반대로 바뀌면 힘의 방향도 반대로 바뀐다. 전류와 자기장의 방향이 둘 다 반대로 바뀌면 힘의 방향은 변하지 않는다.

06 자기장 속에 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 방향은 오른손의 네 손가락을 자기장의 방향으로 향하게 하고 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 하였을 때 손바닥이 향하

는 방향이다. 코일의 경우, 말굽자석 사이를 지나는 도선을 보고 방향을 계산한다.

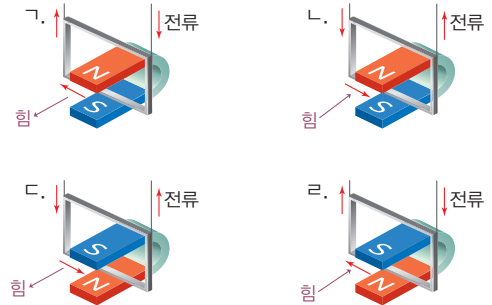
ㄱ: 힘은 바깥쪽으로 작용한다.

ㄴ: ㄱ과 비교하여 전류의 방향만 반대, 힘은 안쪽으로 작용한다.

ㄷ: ㄱ과 비교하여 전류와 자기장의 방향이 모두 반대, 힘은 바깥쪽으로 작용한다.

ㄹ: ㄱ과 비교하여 자기장의 방향만 반대, 힘은 안쪽으로 작용한다.

자료 다시 보기 전자기력의 방향



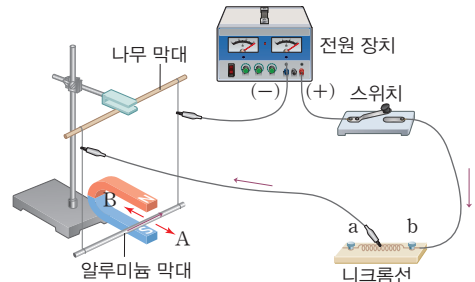
07 전원 장치의 (+)극에서 회로를 통해 (-)극으로 들어가는 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 그림 기준으로 왼쪽에서 오른쪽으로 전류가 흐르므로 오른손 법칙을 이용하여 알루미늄 막대가 말굽자석 사이에서 받는 힘을 구하면 방향은 B 방향이다. 니크롬선의 집계를 b쪽으로 옮기면 회로에 연결된 니크롬선의 길이가 짧아져 저항이 작아진다. 회로의 저항이 작아지면 전류가 커지므로 알루미늄 막대가 만드는 자기장의 세기가 커지고, 자석과의 상호작용도 커져서 알루미늄 막대의 움직임이 커진다.

오답 체크

ㄱ. 알루미늄 막대는 B 방향으로 움직인다.

ㄷ. 자석의 N극과 S극 위치를 반대로 하면 알루미늄 막대는 이전과 반대 방향으로 힘을 받아 A 방향으로 움직인다.

자료 다시 보기 회로에 흐르는 전류의 방향



08 그림은 전동기의 구조를 나타낸 것이다. 코일에 전류가 흐르면, 자기장 속의 도선 부분(BC, CD)은 서로 반대 방향

의 힘을 받는다. 코일에 전류는 $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ 방향으로 흐르므로,

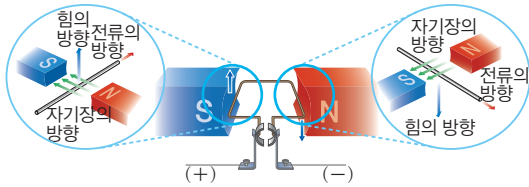
- AB: 아래쪽으로 힘을 받는다.
- BC: 자기장의 방향과 나란한 방향으로 전류가 흐르므로 그림과 같은 상태에서는 힘을 받지 않는다.
- CD: 위쪽으로 힘을 받는다.

결과적으로 코일은 반시계 방향으로 회전한다. 전류의 방향이 바뀌면 코일의 각 부분이 받는 힘의 방향이 반대가 되어 회전 방향도 반대가 된다.

오답 체크

ㄴ. 코일 CD는 위쪽 방향으로 힘을 받는다.

자료 다시 보기 전자기력의 방향



◆ 서술형 문제

117쪽

- 01 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
- 02 (1) 왼쪽 방향 (2) 해설 참조
- 03 (1) D (2) 해설 참조
- 04 해설 참조

- 01 (1) **모범 답안** A: N극, B, C, D: S극. 자기장의 방향은 N극에서 나와 S극으로 들어가기 때문이다.
 (2) **모범 답안** A와 B는 서로 다른 극이므로 서로 당기는 인력이 작용한다. C와 D는 서로 같은 극이므로 서로 밀어내는 척력이 작용한다.

채점 기준		배점
(1)	자석의 각 부분에 알맞은 극을 옳게 정하고, 자기장의 방향을 근거로 하여 까닭을 서술한 경우	50%
	자석의 각 부분에 알맞은 극을 옳게 정하였으나 자기장에 관한 설명 없이 까닭을 서술한 경우	25%
(2)	두 가지 힘의 방향을 모두 옳게 서술한 경우	50%
	한 가지 힘의 방향만을 옳게 서술한 경우	25%

- 02 (1) 왼쪽 방향

(2) **모범 답안** 전류의 방향을 반대로 바꾼다.

채점 기준		배점
(1)	나침반이 가리키는 방향을 옳게 쓴 경우	30%
(2)	자기장의 방향을 바꾸는 방법을 전류의 방향과 관련지어 서술한 경우	70%
	자기장의 방향을 바꾸는 방법을 전류의 방향과 관련지어 서술하지 못한 경우	0%

- 03 (1) D. 전원 장치의 (+)극에서 회로를 통해 (-)극 방향으로 전류가 흐르므로, 그림 기준에서 위쪽에서 아래쪽으로 전류가 흐른다. 이때 알루미늄 막대는 말굽자석 사이에서 D 방향으로 힘을 받는다.

(2) **모범 답안** 전원 장치의 (+)극과 (-)극을 반대로 연결하여 전류를 반대로 흘려 준다. 자석의 N극과 S극을 바꾸어 설치한다.

채점 기준		배점
(1)	알루미늄 막대가 움직이는 방향을 옳게 쓴 경우	30%
(2)	알루미늄 막대가 움직이는 방향을 반대로 바꾸는 방법을 두 가지 옳게 쓴 경우	70%
	알루미늄 막대가 움직이는 방향을 반대로 바꾸는 방법을 한 가지만 옳게 쓴 경우	30%

- 04 **모범 답안** 코일의 AB는 위쪽으로 힘을 받고, 코일의 CD는 아래쪽으로 힘을 받는다. 따라서 코일은 시계 방향으로 회전한다.

채점 기준		배점
코일의 AB, CD가 힘을 받는 방향과 코일이 회전하는 방향을 모두 옳게 서술한 경우		100%
코일이 회전하는 방향만을 옳게 서술한 경우		30%

◆ 수능 맞보기

118~119쪽

- 1-1 ③ 1-2 ② 2-1 ④ 2-2 ⑤

- 1-1 코일 주위의 자기장이 시간에 따라 변하면, 코일에는 전류(유도 전류)가 흐른다. 이것을 전자기 유도 현상이라고 한다. 이때 유도 전류의 방향은 원래 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다. 유도 전류의 세기를 크게 하려면 세 가지 방법이 있다.

- 코일의 감은 수를 늘리기
- 자석의 세기를 크게 하기
- 자석을 더 빨리 움직이기

중학교에서는 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 힘을 받아 회전하는 원리(전기 에너지 → 역학적 에너지)를 이용한 전동기를 배운다. 통합과학의 전자기 유도는 그것과 반대(역학적 에너지 → 전기 에너지)로, 자기장 속에서 도선이 움직이면 전류가 흐르는 현상이다.

전자기 유도 현상은 코일을 지나는 자기장의 양(자기 선속)이 시간에 따라 변할 때 발생한다. 자기 선속이 변하면 코일에 기전력이 생기고, 그 결과 전류가 흐르게 된다. 전류의 방향은 렌츠의 법칙에 따라, 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 결정된다. 유도 전류의 세기는 자기 선속이 변하는 속도가 빠를수록, 자석의 세기가 클수록, 그리고 코

일의 값은 수가 많을수록 커진다. 자석이 정지해 있을 때에는 자기 선속의 변화가 없으므로 전류는 흐르지 않는다.

보기분석

- ㄱ. (○) 자석을 더 빠르게 움직이면 자기 선속이 빠르게 변화하고, 유도 전류의 세기가 커져서 검류계의 바늘이 더 크게 움직인다.
- ㄴ. (○) 자석을 b 방향으로 움직이면 유도 전류 방향이 반대가 되어 바늘이 왼쪽으로 움직인다.
- ㄷ. (×) 자석을 코일 속에 넣고 가만히 있으면 코일을 통과하는 자기장에 변화가 없으므로 전자기 유도 현상이 일어나지 않는다. 따라서 전류가 흐르지 않는다.

1-2 전자기 유도 현상에서 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는 코일을 지나는 자기 선속의 변화율에 비례한다. 따라서 유도 전류를 세게 하려면 자기 선속이 더 빠르게, 더 크게 변화해야 한다. 구체적으로는 ① 코일의 감은 수가 많을수록, ② 자석이 더 강할수록, ③ 자석을 더 빠르게 움직일수록 유도 전류의 세기가 커진다.

보기분석

- ㄱ. (×) 자석을 더 느리게 접근시키면 자기 선속 변화율이 작아져서 전류가 약해진다.
- ㄴ. (○) 코일의 감은 수가 많으면 자기 선속 변화량이 커져 전류가 강해진다.
- ㄷ. (×) 자석의 자성이 약하면 자기 선속 변화량이 줄어들어 전류가 약해진다.

2-1 발전기는 역학적 에너지를 이용해 전기 에너지로 바꾸는 장치이다. 자석 사이에서 코일이 회전하면, 코일을 통과하는 자기 선속이 시간에 따라 계속 변하게 되고, 이 변화가 유도 기전력을 만들어 낸다. 코일을 더 빨리 돌릴수록 자기 선속의 변화율이 커지므로 더 큰 전류가 흐른다.

보기분석

- ㄱ. (×) 전기 에너지를 역학적 에너지로 바꾸는 장치는 전동기이다.
- ㄴ. (○) 코일의 회전 속도가 빠를수록 유도 전류가 세진다.
- ㄷ. (○) 회전하는 동안 코일을 지나는 자기 선속이 계속 바뀌므로 자기장은 시간에 따라 변한다.

2-2 발전기는 자석과 코일의 상대적인 운동으로 코일을 지나는 자기 선속이 시간에 따라 변하도록 만들고, 이때 자기 선속의 변화율에 비례한 유도 기전력이 생겨서 코일에 전류가 흐르도록 한다. 이 과정을 전자기 유도라고 부르며, 결국 바퀴를 돌려 얻은 역학적 에너지가 전기 에너지로 바뀌어 전구가 켜진다.

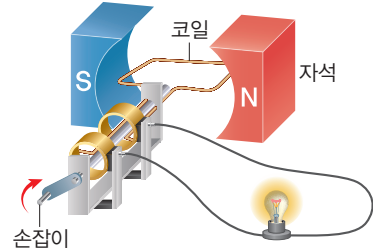
보기분석

- ㄱ. (○) 자석과 코일의 상대적인 운동으로 인해 코일에 전

류가 유도되는 현상은 전자기 유도 현상이다.

- ㄴ. (○) 자석이 회전하면 코일 내부의 자기장의 방향과 세기가 계속 변한다.
- ㄷ. (○) 발전기는 역학적 에너지(운동 에너지 또는 위치 에너지)를 전기 에너지로 바꾸는 장치이다.

자료 다시 보기 발전기



- ① 구조: 코일 + 자석
- ② 작동: 자기장 속의 코일을 회전시키면 전자기 유도 현상에 의해 코일에 유도 전류가 흐른다.
- ③ 에너지 전환: 운동 에너지 → 전기 에너지

10 빛

◆ 탐구 확인하기

125쪽

01 ② 02 ④ 03 ③, ⑤ 04 ②

01 볼록 거울은 항상 물체의 상을 작게 만들고, 바른 모습으로 보이게 한다. 그래서 가까운 물체든 먼 물체든 항상 작고 바로 선 상을 만든다.

오목 거울은 가까이 있는 물체를 비출 때는 바른 모습의 확대된 상을 만들고, 멀리 있는 물체를 비출 때는 거꾸로 된 상을 만든다.

오답 체크

- 나. 오목 거울 가까이는 바로 선 모습으로 크게 보인다.
- 다. 볼록 거울은 물체가 항상 작게 보인다.

02 오목 거울은 물체가 가까이 있을 때에는 바로 선 모습으로 크게 보이지만, 물체가 멀리 있을 때에는 거꾸로 보이게 한다. 볼록 거울은 물체가 가까이 있든 멀리 있든 항상 작고 바로 선 모습으로 보이게 한다.

그림에서 (가)는 가까이 둔 물체가 바로 선 모습으로 크게 보였으므로 오목 거울이다. (나)는 가까이 둔 물체가 작게 바로 선 모습으로 보였으므로 볼록 거울이다. 오목 거울은 빛을 모으므로 등대·헤드라이트 등에 이용되고, 볼록 거울은 넓게 비춰 주므로 방법용 거울에 쓴다.

오답 체크

- ① (가)는 오목 거울, (나)는 볼록 거울이다.
- ② (가)는 물체를 멀리 하면 작고 거꾸로 선 상이 생긴다.
- ③ (나)는 항상 작고 바로 선 상을 만든다.
- ⑤ (가)는 빛을 모아주고 (나)는 빛이 넓게 퍼지게 한다.

03 볼록 렌즈는 멀리 있는 물체를 거꾸로 보이게 하고, 가까이 있는 물체는 바로 선 모습으로 크게 보이게 한다. 반면 오목 렌즈는 물체가 어디에 있든 항상 작고 바로 선 모습으로 보이게 한다.

(가) 그림은 물체가 크게, 바로 선 모습으로 보였으므로 볼록 렌즈이다.

(나) 그림은 물체가 작게, 바로 선 모습으로 보였으므로 오목 렌즈이다.

오답 체크

- ① (가)는 볼록 렌즈, (나)는 오목 렌즈이다.
- ② (가)는 빛을 한 점에 모으고, (나)는 빛을 퍼져 나가게 한다.
- ④ (가), (나) 렌즈 모두 아주 멀리 있는 물체를 보면 작게 보인다.

04 그림에서 물체를 가까이 두어도, 멀리 두어도, 매우 멀리 두어도 항상 작게 보이는 모습이 나타난다. 이는 오목 렌즈의 특징이다.

오목 렌즈는 물체가 어디에 있든 항상 작고 바로 선 상을 만들어 준다. 그래서 먼 곳을 볼 때도 가까운 곳을 볼 때도 물체가 작게 보이며, 근시 교정용 안경에 사용된다. 볼록 렌즈와 달리 오목 렌즈는 빛을 한 점에 모으지 않고 퍼뜨리는 성질이 있다.

오답 체크

- ① 볼록 렌즈가 아니라 오목 렌즈이다.
- ③ 오목 렌즈는 볼록 거울처럼 빛을 퍼뜨린다.
- ④ 가장자리보다 가운데 부분이 두꺼운 렌즈는 볼록 렌즈이다. 오목 렌즈는 가운데가 얇다.
- ⑤ 현미경은 볼록 렌즈를 이용해 상을 크게 보이게 한다.

◆ 실력 플러스 문제

126쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 ③ 05 ③

01 전등은 스스로 빛을 내는 광원이고, 책은 빛을 반사하여 보이므로 광원이 아니다. 우리는 광원에서 나온 빛이 사물에 부딪혀 반사된 빛을 눈으로 받아들이기 때문에 사물을 볼 수 있다. 따라서 '광원을 직접 보는 경우'와 '사물을 통해 반사된 빛을 보는 경우'를 구별해야 한다.

(가) 그림은 철수가 전등 자체를 바라보는 경우이다. 이때는 전등에서 나온 빛이 바로 눈으로 들어온다. (나) 그림은 영희가 책을 바라보는 경우이다. 이때는 전등에서 나온 빛이 책에 반사되어 눈으로 들어온다.

오답 체크

- ① 책은 광원이 아니고, 전등만 광원이다.
- ② (가)에서는 빛의 경로가 전등 → 눈이다.
- ③ (나)에서는 빛의 경로가 전등 → 책 → 눈이다.
- ⑤ (나)에서 책은 전등에서 나온 빛을 반사하기 때문에 볼 수 있다.

02 거울이나 렌즈는 빛의 반사와 굴절을 이용해 상을 만들어 낸다. 볼록 렌즈는 빛을 모아 상을 크게 만들 수 있어 망원경이나 확대경 등에 사용된다. 오목 거울은 빛을 모으는 성질이 있어 화장용 거울처럼 얼굴을 확대해 보이게 한다. 치과용 거울은 치아를 자세히 살펴보기 위해 상을 크게 보여 줘야 하므로 오목 거울을 이용한다. 평면거울은 빛을 그대로 반사시켜 실제 크기와 같은 상을 보여 주며, 전신 거울에 쓰인다. 오목 렌즈는 빛을 퍼뜨리므로 근시용 안경에 쓰

이고, 볼록 거울은 넓은 범위를 작게 보여 주기 때문에 후방 거울로 사용된다.

03 빛의 삼원색은 빨간색(R), 초록색(G), 파란색(B)이다. 이 세 가지 빛을 적절히 섞어 모든 색의 빛을 만들 수 있다. 세 가지를 모두 합하면 흰색 빛이 되고, 두 가지씩 합하면 다른 색(예: 빨강+초록=노랑, 빨강+파랑=자홍, 초록+파랑=청록)이 된다.

오답 체크

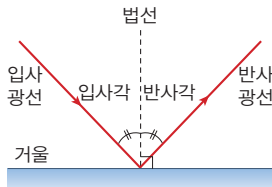
- ① 빛은 합성할수록 밝아진다.(어두워지는 것은 물감의 혼합이다.)
- ② 삼원색은 빨강, 초록, 파랑이다.
- ④ 빨강+초록은 노랑 빛이 된다.
- ⑤ 삼원색만으로 모든 색의 빛을 만들 수 있다.

04 반사는 항상 입사각과 반사각이 같다(반사 법칙). 여기서 각도는 거울면이 아니라 법선(거울면에 수직인 선)을 기준으로 잰다. 그림에서 40°는 거울면과 이루는 각이므로, 법선과 이루는 입사각은 $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$ 이다. 따라서 반사각도 50°가 된다.

오답 체크

- ① A는 입사각이다. B는 반사각이 아니다.
- ② 입사각과 반사각은 항상 같다.
- ④ 법선 C는 거울면에 수직이다.
- ⑤ 입사각이 커지면 반사각도 같이 커진다.

자료 다시 보기 반사 법칙



- 반사 법칙: 입사각과 반사각의 크기는 항상 같다.
- 법선: 반사면에 수직인 선
- 입사각: 입사 광선과 법선이 이루는 각
- 반사각: 반사 광선과 법선이 이루는 각

05 볼록 거울은 물체가 어디에 있던 항상 작고 바로 선 상을 만든다. 오목 거울은 물체가 가까울 때는 크고 바로 선 상, 멀리 있을 때는 거꾸로 된 상을 만든다.

(가) 그림은 빛이 퍼져 나가는 모양이므로 볼록 거울이다.
(나) 그림은 빛이 한 점으로 모이는 모양이므로 오목 거울이다.

오답 체크

- ㄱ. (가)는 볼록 거울, (나)는 오목 거울이다.
- ㄴ. (나) 오목 거울은 멀리 있을 때 작고 거꾸로 선 상을 만든다.

최상위 도전 문제

127~129쪽

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

01 빨대가 물에 잠긴 부분이 꺾여 보이는 것은 빛의 굴절 때문이다. 빛은 한 매질에서 다른 매질로 나아갈 때 경계면에서 꺾이며, 이로 인해 물체의 위치나 모양이 실제와 다르게 보일 수 있다. 대표적인 예로 물속의 동전이 떠올라 보이고, 물의 깊이가 실제보다 얕아 보이며, 물속에 담긴 다리가 짧고 굽어 보이는 현상 등이 있다. 잔잔한 호수 표면에 주변 경치가 비쳐 보이는 것은 빛의 반사 현상에 의한 것이다.

자료 다시 보기 신기루



• 신기루는 바다 위나 사막에서 빛이 밀도가 다른 공기층을 통과하면서 굴절하여 생기는 현상을 말한다. 엉뚱한 곳에 물이 있는 것처럼 보이거나, 수평선 너머의 불빛이 보이기도 한다.

02 빛이 공기에서 물로 들어가면 속력이 느려지고, 진행 방향이 법선 쪽으로 꺾인다(굴절). 입사각과 굴절각은 반드시 법선을 기준으로 잰다. 그림에서 공기 쪽의 입사각(A)이 물속의 굴절각(B)보다 크다. 입사각이 커지면 굴절각도 함께 커진다.

오답 체크

- ㄴ. 빛이 물 안쪽으로 더 굴절되는 것은 물속에서 빛의 속력이 느려지기 때문이다.
- ㄷ. 굴절률이 더 큰 물체를 빛이 통과하면 굴절이 더 크게 일어나 굴절각이 작아진다.

03 빛의 삼원색은 빨강(R), 초록(G), 파랑(B)이다. 이들을 합성하면 새로운 색의 빛이 만들어지며,

- 빨강+초록=노랑
- 빨강+파랑=자홍
- 초록+파랑=청록
- 빨강+초록+파랑 = 흰색이 된다.

그림에서 A, B, C는 각각 두 색이 겹치는 부분이고 D는 세 색이 모두 겹치는 부분이다. A=노랑, B=자홍, C=청록, D=흰색이다.

오답 체크

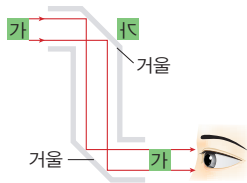
- ㄱ. A, B, C는 삼원색이 아니라 혼합색이다.
- ㄴ. A, B, C를 모두 합치면 흰색이 된다.

04 잠망경은 두 개의 평면거울을 이용하여 물체의 빛을 눈으로 전달하는 장치이다. 평면거울은 물체와 같은 크기, 같은 모양의 바로 선 상을 만들며, 빛을 반사시켜 경로를 바꾼다. 따라서 잠망경으로 보면 물체와 똑같은 모습이 보인다.

오답 체크

- ① (가)는 볼록 거울이 아니라 평면거울이다.
- ② (나)는 오목 렌즈가 아니라 평면거울이다.
- ④ 잠망경은 확대 기능이 없으므로, 물체보다 크게 보이지 않는다.
- ⑤ 잠망경은 빛의 반사만 이용하고, 굴절은 이용하지 않는다.

자료 다시 보기 잠망경



• 잠망경으로 물체를 보면 두 개의 거울에서 빛이 두 번 반사되어 물체와 같은 모양의 상이 보인다.

05 사과가 빨강색 보이는 이유는 사과 껍질이 들어온 빛 중에서 빨간색 빛은 반사하고, 다른 색의 빛은 흡수하기 때문이다. 따라서 어떤 색 빛을 비추느냐에 따라 사과의 색이 달라 보인다. 빨간 빛이 없으면 검게 보이고, 빨간 빛이 섞여 있으면 빨강색 보인다.

오답 체크

- ㄱ. 빨간 빛이 없는 조건에서는 사과는 검게 보인다.
- ㄴ. 빨강+초록 빛을 비추어도, 사과는 오직 빨강만 반사하므로 빨강으로 보인다.

06 빛이 공기에서 물로, 속력이 느려지는 매질로 들어가면 법선 쪽으로 꺾인다(굴절각 < 입사각). 빛이 물에서 공기로, 속력이 빨라지는 매질로 나가면 법선에서 멀어지도록 꺾인다(굴절각 > 입사각). 각도는 항상 법선을 기준으로 잴다.

- (가) 공기 → 물: 경계면에서 빛의 속력이 느려진다. 법선에 가까운 쪽(C)으로 굴절한다.
- (나) 물 → 공기: 경계면에서 빛의 속력이 빨라진다. 법선에서 먼 쪽(C)으로 굴절한다.

07 도로의 안전 거울에는 볼록 거울이 사용된다. 볼록 거울은 빛을 퍼뜨려 물체를 실제보다 작게 보이게 하지만, 그 대신 넓은 범위를 볼 수 있다는 장점이 있다. 그래서 좁은 도로나 자동차의 측면 거울에 이용된다.

오답 체크

- ㄴ. 볼록 거울은 항상 작고 바로 선 상을 만든다.

08 제시된 자료에서 빛은 공기에서 가장 빠르고, 물·유리·플라스틱처럼 굴절률이 큰 물질 속에서는 속력이 느려진다. 그리고 입사각이 같더라도 속력이 느려지는 물질일수록 굴절각이 작아진다. 또 같은 물질 내에서 입사각이 커지면 굴절각도 함께 커진다.

오답 체크

- ㄱ. 빛의 속력은 자료 중에서는 공기에서 가장 빠르다.
- ㄴ. 공기와 물질의 경계면에서 빛의 속도 차이가 클수록 굴절각이 작아진다. 따라서 세 가지 물질 속에서 빛의 속력을 비교하면 물 > 유리 > 플라스틱 순서로 빛의 속력이 빠르다. 물에서 플라스틱으로 빛을 진행시키면 빛이 경계면을 통과하면서 속력이 느려지므로 굴절각은 입사각보다 작다.

09 원시안은 가까운 물체가 잘 보이지 않는 눈으로, 망막 앞쪽에 상이 맺히는 근시와는 달리 망막 뒤쪽에 상이 맺히는 눈이다. 이유는 수정체의 굴절력이 약하거나, 안구의 길이가 짧아서 빛이 충분히 굴절되지 못하기 때문이다. 따라서 빛을 더 많이 모이게 하기 위해 볼록 렌즈(돋보기 렌즈)를 사용하여 교정한다.

오답 체크

- ㄴ. 빛을 퍼지게 하는 렌즈는 오목 렌즈로, 원시가 아닌 근시 교정에 쓰인다.

10 그림에서 평행하게 들어온 빛이 기구를 만나 여러 방향으로 퍼져 나가는 모습을 보인다. 이런 현상은 빛을 모으는 것이 아니라 퍼뜨리는 성질을 가진 볼록 거울에서 나타난다. 볼록 거울은 오목 거울과 달리 빛을 한 점으로 모으지 않고 반사시켜 넓은 범위를 한눈에 볼 수 있게 해 준다. 따라서 자동차의 후방 거울이나 복도 모퉁이 안전 거울에 주로 사용된다.

오답 체크

- ① 오목 거울은 빛을 모으는 성질을 가지고 있다.
- ② 오목 렌즈는 굴절을 이용하는 렌즈이다. 그림의 기구는 빛을 반사시키고 있다.
- ③ 기구를 통해 빛이 반사되고 있다.
- ④ 빛이 퍼져 나가고 있다.

11 빛이 장애물을 만날 때, 빛의 직진 경로가 가려진 부분에는 빛이 도달하지 못해 그림자가 생긴다. 그림의 상황은 두 가지 색의 전등(빨간색, 파란색)을 동시에 비추었을 때 각 빛이 만드는 그림자가 겹치는 모양을 보여 준다. 한쪽 전등의 빛만 가려진 곳에는 다른 전등의 빛이 닿아 그 색으로 보이고, 두 전등의 빛이 모두 닿지 않는 곳은 빛이 없으므로 검게 보인다.

- A와 E는 두 전등의 빛이 모두 닿으므로 두 색이 합쳐진

빛으로 보인다.

- B는 파란색 빛이 가려지고 빨간색 빛만 닿으므로 빨간색으로 보인다.
- C는 두 빛이 모두 닿지 않아 검은색으로 보인다.
- D는 빨간색 빛이 가려지고 파란색 빛만 닿으므로 파란색으로 보인다.

오답 체크

다. C는 두 전등의 빛이 모두 도달하지 못하므로 검은색으로 보인다. D는 파란색 조명만 비추어지므로 파란색으로 보인다.

- 12** 스마트폰의 한 화소(pixel)는 빨간색(R)·초록색(G)·파란색(B) 세 가지 색깔로 이루어지고, 우리가 보는 여러 색은 이 세 빛의 합성으로 만든다. 따라서 화면이 노란색으로 보일 때는 빨간색과 초록색 빛이 켜지고, 합성된 빛이 노란색이 된다. 노란색, 자홍색은 삼원색이 아니라 합성색이다.

자료 다시 보기 빛의 삼원색



- 빛의 삼원색: 빨간색(Red), 초록색(Green), 파란색(Blue)
- 빨간색 + 초록색 = 노란색
- 빨간색 + 파란색 = 자홍색
- 초록색 + 파란색 = 청록색
- 빨간색 + 초록색 + 파란색 = 흰색 (백색광)

◆ 서술형문제

130쪽

- 01** (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
02 해설 참조
03 해설 참조
04 (1)(가): 볼록 렌즈, (나): 오목 렌즈 (2) 해설 참조

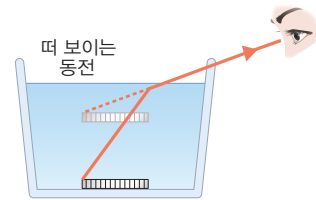
- 01** (1) **모범 답안** 빨간색 장미꽃에 초록색 조명을 비추면 반사하는 빛이 없기 때문에 검은색으로 보인다.
 (2) **모범 답안** 초록색 앞에 초록색 조명을 비추면 초록색 빛을 반사하기 때문에 초록색으로 보인다.

	채점 기준	배점
(1)	반사하는 빛의 색을 근거로 하여 눈에 보이는 색을 옳게 서술한 경우	50%
	눈에 보이는 색을 옳게 서술한 경우	25%
(2)	반사하는 빛의 색을 근거로 하여 눈에 보이는 색을 옳게 서술한 경우	50%
	눈에 보이는 색을 옳게 서술한 경우	25%

- 02** **모범 답안** 동전에서 나온 빛이 물과 공기의 경계면에서 굴절하여 떠 있는 위치에 상이 만들어지기 때문이다.

채점 기준	배점
빛의 굴절, 상의 위치에 대해 설명하여 동전이 보이는 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
굴절에 대해 서술하였으나 그 까닭이 논리적이지 못한 경우	30%

자료 다시 보기 빛의 굴절



- 컵에 물을 부으면 동전에서 나온 빛이 물과 공기의 경계면에서 굴절하여 떠 있는 위치에 상이 만들어지기 때문에 동전이 떠 보인다.

- 03** **모범 답안** 볼록 거울. 볼록 거울은 물체의 크기보다 작은 상을 만들기 때문에 사물이 실제보다 멀리 있는 것처럼 보인다.

채점 기준	배점
거울의 종류를 옳게 쓰고, 볼록 거울이 만드는 상의 특징을 근거로 하여 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
거울의 종류를 옳게 썼으나 까닭에 대한 서술이 미흡한 경우	30%

- 04** (1) (가): 볼록 렌즈, (나): 오목 렌즈. (가)는 가까운 물체가 크게 보이므로 볼록 렌즈이고, (나)는 가까운 물체가 작게 보이므로 오목 렌즈이다.
 (2) **모범 답안** (가) 볼록 렌즈는 물체가 점점 멀어지면 어느 순간 물체의 크기보다 작고 거꾸로 선 상이 보이게 된다. (나) 오목 렌즈는 거리에 상관없이 물체보다 작은 바로 선 상이 보인다.

	채점 기준	배점
(1)	(가), (나)의 렌즈의 종류를 각각 옳게 쓴 경우	30%
(2)	(가), (나)의 렌즈로 먼 거리의 물체를 볼 때 보이는 상의 모습을 모두 옳게 서술한 경우	70%
	(가), (나)의 렌즈로 먼 거리의 물체를 볼 때 보이는 상의 모습을 한 가지만 옳게 서술한 경우	30%

◆ 수능 맞보기

131쪽

- 1-1 ② 1-2 ④

- 1-1** 전자기파는 전기장과 자기장이 서로 직각으로 진동하며 전파되는 파동으로, 진공 중에서는 모두 같은 속력

$$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$$

로 진행한다. 전자기파의 종류는 파장과 진동수에 따라 구분되며, 감마선·X선·자외선·가시광선·적외선·마이크로파·라디오파의 순서로 이어진다. 속력이 모두 c 로 동일

하기 때문에 파동의 속력 공식 $v=f\lambda$ 에 따라 파장(λ , 람다)이 짧을수록 진동수(f)는 크고, 파장이 길수록 진동수는 작아진다.

보기 분석

- ① (×) TV 리모컨은 적외선(IR)을 사용한다. X선은 X선 사진 촬영이나 공항 수하물 검색 등에 사용된다.
- ② (○) 자외선은 살균 기능이 있는 제품에 이용된다.
- ③ (×) 파장은 감마선이 가장 짧고, 마이크로파는 훨씬 길다.
- ④ (×) 진동수는 가시광선이 훨씬 크다(라디오파가 가장 작음).
- ⑤ (×) 진공에서 전자기파는 속력이 모두 같다.

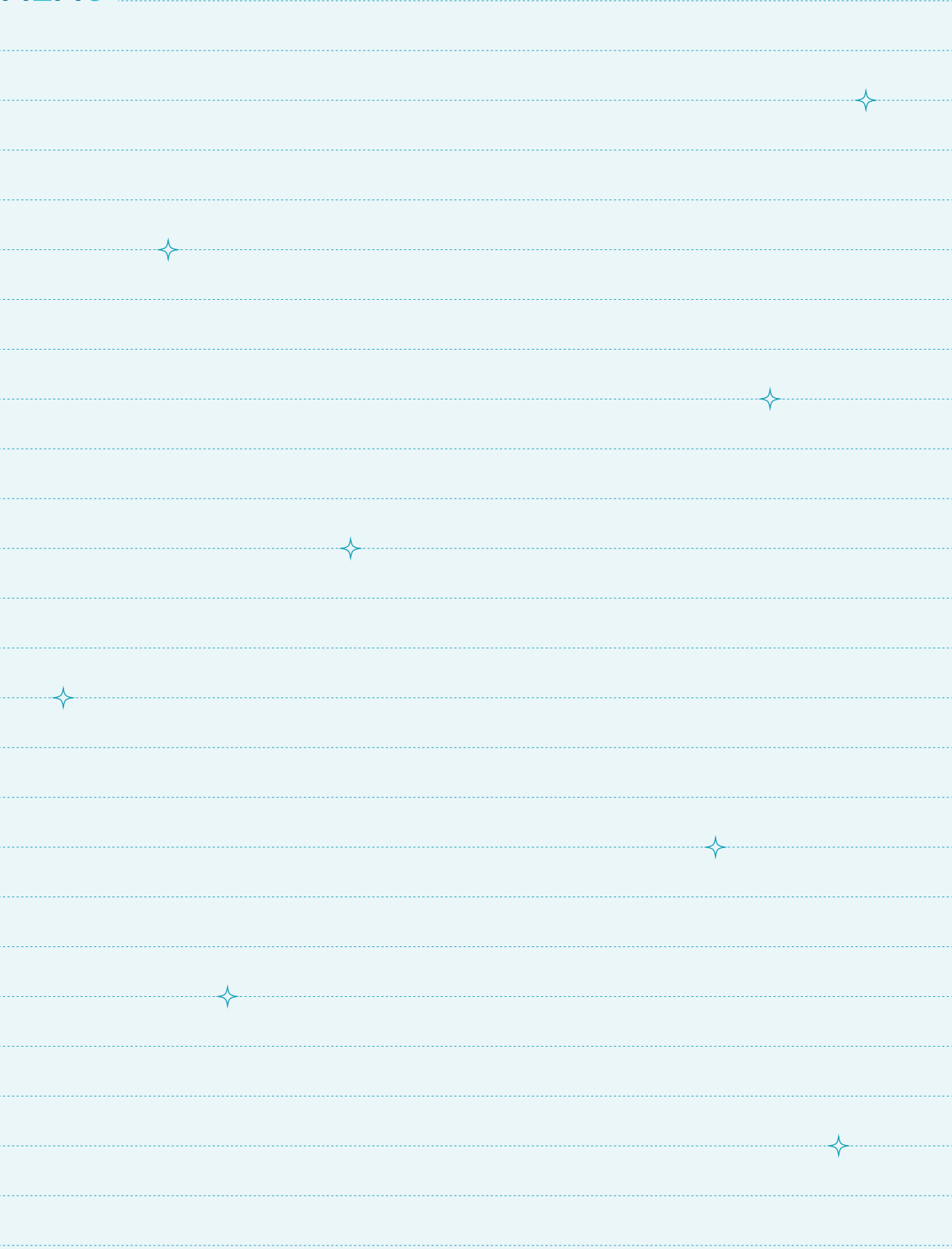
1-2 전자기파는 모두 진공에서의 속력이 같고(빛의 속도 c), 파장은 $\lambda = \frac{c}{f}$ 관계로 진동수가 클수록 짧다. 따라서 전자기파의 종류는 진동수와 파장으로 구분하며, 가시광선·마이크로파·라디오파 등은 서로 다른 영역에 속한다.

보기 분석

- ㄱ. (○) 빨간색으로 보이는 전광판은 우리가 볼 수 있는 가시광선 영역에 해당한다.
- ㄴ. (×) 진공에서 속력은 모든 전자기파가 같다.
- ㄷ. (○) 진동수가 큰 전자기파일수록 파장은 더 짧다. 따라서 진동수는 ㉠무선 공유기 2.41×10^9 Hz가 ㉡교통카드 시스템 1.36×10^7 Hz보다 훨씬 크므로 파장은 ㉠이 ㉡보다 짧다.

MEMO

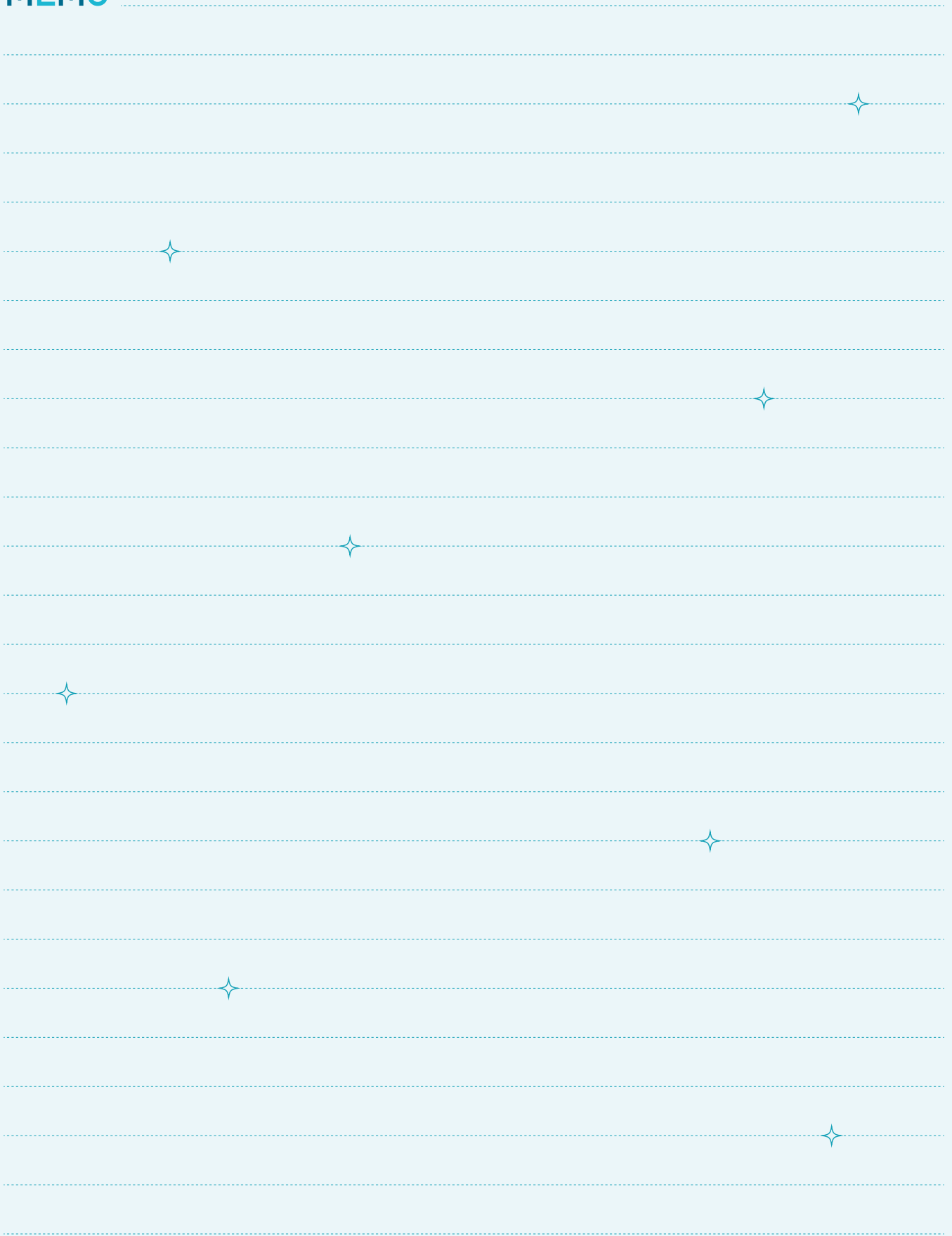
A series of horizontal dashed lines for writing, with decorative starburst symbols placed at various intervals.



The page contains 20 horizontal dashed lines. There are 10 decorative starburst symbols (four-pointed stars) scattered across the lines. 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

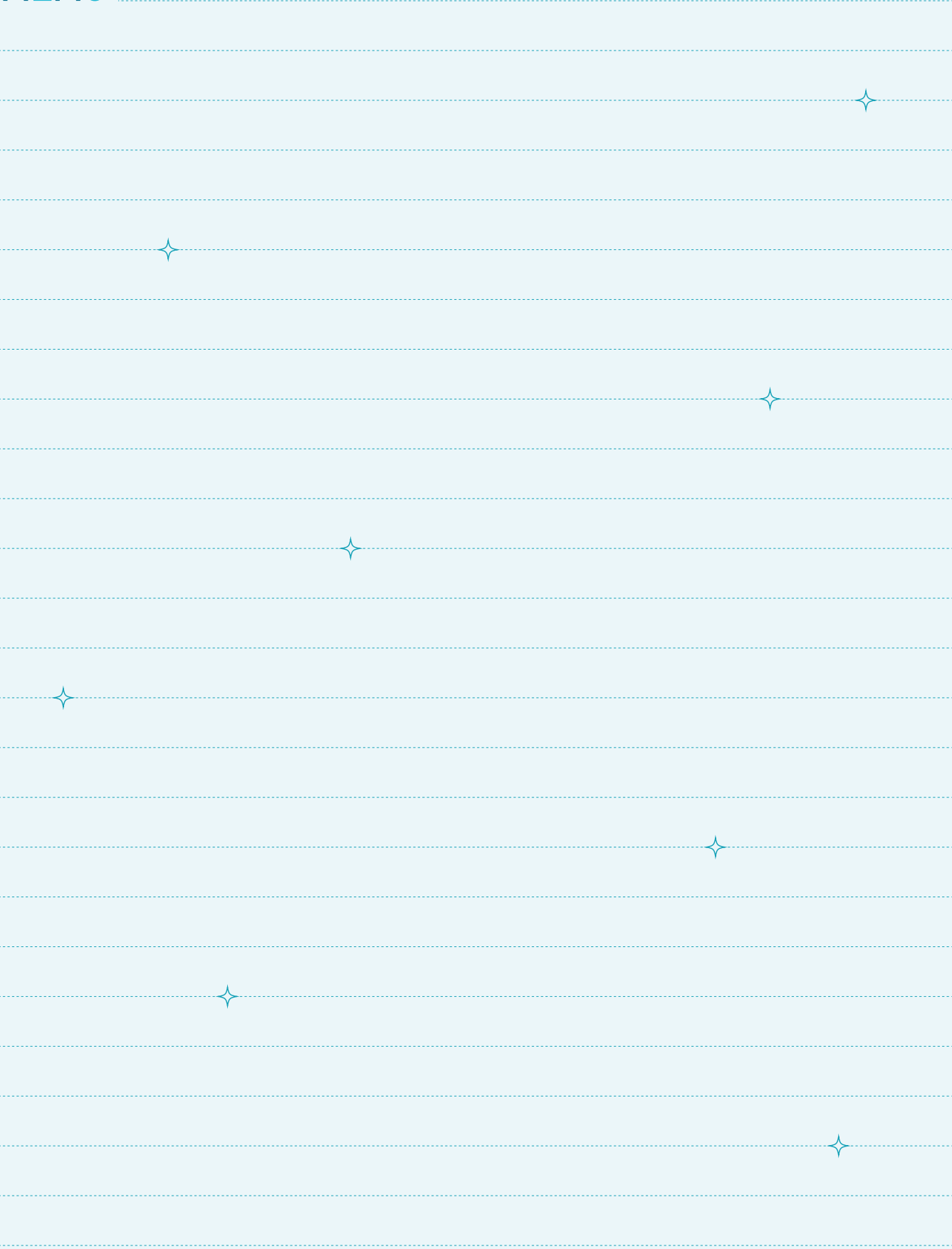
A series of horizontal dashed lines for writing, with decorative starburst symbols placed at various points across the page.



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

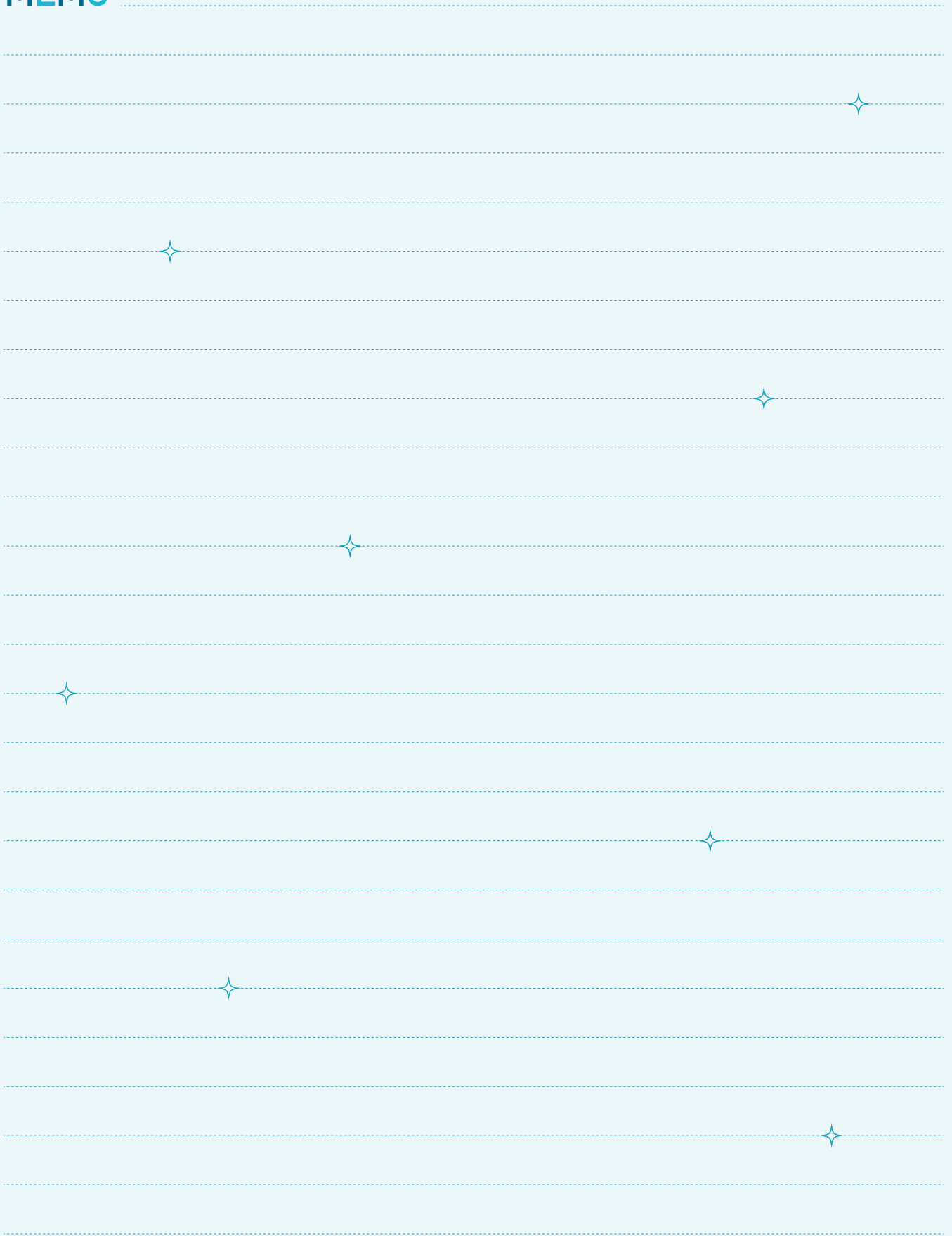
A series of horizontal dashed lines for writing, with decorative starburst symbols placed at various intervals.



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 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. The word 'MEMO' is written in a bold, blue, sans-serif font at the top left of the page.