

EBS 뉴탐스런 평가문제집



정답과 해설

물리 I

I 시공간과 우주

1 시공간의 측정

핵심 개념 체크

본문 8~9쪽

- 1 시간 2 (1) 일성정시의 (2) 양부일구 (3) 자격루
3 ㉠ 공간, ㉡ 위치 4 거리, 길이 5 본초 자오선
6 (1) ○ (2) ○ (3) ×

출제 예상 문제

본문 10~11쪽

- 01 ㉠ 02 ㉡, ㉢ 03 ㉢ 04 ㉠ 05 ㉢
06 ㉢ 07 ㉢ 08 ㉢ 09 ㉢ 10 ㉡

01 연속적인 시간의 흐름에서 어느 한 순간이 시각이며, 시각과 시각 사이의 간격이 시간이다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ은 시각과 시각 사이의 간격을 의미하므로 시간을 나타낸 것이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 출발하는 시각을 나타낸 것이다.

02 양부일구는 반구형의 오목한 면에서 영침의 그림자 끝이 가리키는 위치에 따라 계절과 시각을 알 수 있다. 따라서 양부일구에서 측정할 수 있는 것은 절기(가로선)와 시각(세로선)이다.



03 ㄴ. 양부일구로 시각을 알려면 영침은 항상 북쪽을 향하도록 해야 한다.

ㄷ. 해가 동쪽에서 떠서 서쪽으로 지므로 영침의 그림자 끝은 그림에 표시된 가로선을 따라 서쪽에서 동쪽으로 움직인다.

오답 바로 알기 ㄱ. 양부일구는 해에 의해 만들어진 영침의 그림자의 위치 변화를 통해 시각을 알려주므로 해시계이다.

04 ㄱ. 그림자는 오전에는 서쪽, 오후에는 동쪽에 위치한다. 따라서 (가)는 그림자가 중심에서 오른쪽에 있는 시각선(세로선)을 가리키므로 오후이다.

오답 바로 알기 ㄴ. (가)는 그림자의 길이가 가장 짧은 하지(여름)이고, (나)는 그림자의 길이가 가장 긴 동지(겨울)이다.

ㄷ. 시각선(세로선)에 대해 오른쪽으로 치우친 정도는 (가)가 (나)보다 크므로, 관측 시각은 (나)가 (가)보다 앞선다.

05 ㄱ. 그림자는 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 영침의 그림자 끝은 a 방향으로 이동한다.

ㄴ. 계절에 따라 그림자의 길이가 달라지므로 영침의 그림자 끝이 닿는 곳의 가로선을 읽어 절기를 알 수 있다.

오답 바로 알기 ㄷ. 그림자의 길이가 가장 짧으므로 여름철 하지 때

썰이며, 정오를 지났으므로 하루 중 오후이다.

06 ㄱ. ㉠은 지구의 자전을, ㉡는 빛의 진동을 이용하는데, 이는 모두 주기적으로 반복되는 현상을 이용한 것이다.

ㄷ. ㉢는 세슘 원자의 진동 주기를 기준으로 정한 원자시이다.

오답 바로 알기 ㄴ. ㉠은 태양시인데, 태양 주위를 공전하는 지구의 자전 주기가 매년 조금씩 달라지는 문제를 갖고 있다.

07 ㄴ. 로마의 표준 시각은 런던보다 1시간 빠르므로 경도의 기준(0°)인 본초 자오선에서 15°만큼 동쪽으로 떨어진 곳, 즉 동경 15°의 표준 시간대를 사용한다.

ㄷ. 동경 135°를 기준으로 하는 표준 시간을 사용하는 서울은 15시 10분부터 12시간 후에는 다음 날 3시 10분이 된다. 로마의 표준 시간은 서울보다 8시간 느리므로 로마에 도착하는 시각은 3시 10분보다 8시간 늦은 19시 10분이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 베이징은 서울보다 서쪽에 있으므로 태양은 베이징보다 서울에서 먼저 남중한다.

08 ㄱ. 1791년 프랑스 과학 아카데미는 길이의 기준을 미터(m)로 정하였고, 1 m를 파리를 통과하는 자오선 상에서 지구 둘레의 $\frac{1}{40,000,000}$ 로 하였다.

ㄴ. 과거에는 신체의 길이를 이용하여 길이를 측정하였다. 피트(feet)는 발의 크기에서 유래되었다. 그러나 사람에 따라 측정 길이가 달라지는 문제점이 있었다.

ㄷ. 1 광년은 빛이 1년 동안 진행한 거리이다.

09 • 민수 : 현재 1초는 세슘(Cs) 원자가 방출하는 특정한 빛이 9,192,631,770번 진동하는 데 걸린 시간으로 정하였다.

오답 바로 알기 • 철수 : 1 m는 빛이 특정한 시간 동안 이동한 거리를 이용하여 정의한다. 따라서 1 m를 정확하게 측정하기 위해서는 시간의 정의가 명확해야 한다.

• 영희 : 신체의 크기로 길이를 정의하면 각 나라마다 측정할 길이가 다르다는 문제점이 있다. 따라서 1 m의 기준은 전 세계가 동일하게 사용하고 있다.

10 ㄴ. 경도는 경선이 기준선과 이루는 각도이다. 동일한 위도 상에서 같은 경도 차의 두 지점 사이의 거리는 위도가 클수록 작아진다.

오답 바로 알기 ㄱ. A와 B는 위도는 같지만 경도가 다르므로 태양의 남중 시각은 다르다. 태양은 A에서보다 B에서 먼저 남중한다.

ㄷ. A와 C를 남북 방향으로 지나가는 가상의 선을 경선, A와 B를 동서 방향으로 지나가는 가상의 선을 위선이라고 한다.

2

속도와 가속도

핵심 개념 체크

본문 12~13쪽

- 1 (1) t_1, t_3 (2) $0 \sim t_1, t_3 \sim t_4$ (3) $t_1 \sim t_3$ (4) t_2, t_4
 2 이동 거리 : 60 m, 변위의 크기 : 20 m 3 400 m
 4 0.7, 0.5 5 2 m/s^2 6 (1) 10 m/s^2 (2) 1초 (3) 5 m/s
 7 (1) 50 m (2) 2.5 m/s^2 (3) $0 \sim 2$ 초, $7 \sim 9$ 초 (4) $\frac{25}{7} \text{ m/s}$
 (5) $\frac{5}{13} \text{ m/s}^2$

출제 예상 문제

본문 14~17쪽

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

01 ③ 평균 속력은 $\frac{\text{이동 거리}}{\text{시간}}$ 인데, 세 사람의 이동 거리가 철수>민수>영희이므로 세 사람의 평균 속력을 비교하면 철수>민수>영희이다.

오답 바로 알기 ① 이동 거리는 물체가 운동할 때 총 이동한 거리이므로 세 사람의 이동 거리를 비교하면 철수>민수>영희이다.

② 변위의 크기는 처음 위치와 나중 위치를 이은 직선 거리이므로 세 사람의 변위의 크기는 같다.

④, ⑤ 평균 속도는 $\frac{\text{변위}}{\text{시간}}$ 인데, 세 사람의 변위가 같으므로 세 사람의 평균 속도의 크기와 방향도 같다.

02 ㄱ, ㄴ. 출발점과 도착점이 O와 P로 같으므로 철수와 영희의 변위는 같다. 따라서 철수와 영희의 평균 속도도 같다.

오답 바로 알기 ㄴ, ㄷ. 영희의 이동 거리가 철수보다 크므로 평균 속력은 영희가 철수보다 크다.

03 ④ O점에서 P점까지 이동하는 데 걸린 시간은 같지만 C의 이동 거리가 B보다 크므로 속력은 C가 B보다 크다.

오답 바로 알기 ① 출발점과 도착점이 각각 O점과 P점으로 같으므로 A, B, C의 변위는 모두 같다.

② 변위가 모두 같으므로 평균 속도도 모두 같다.

③ B는 속력과 운동 방향이 일정하므로 등속도 운동을 하였다.

⑤ A의 이동 거리가 가장 크므로 평균 속도도 A가 가장 크다.

04 철수가 A에서 C까지 이동하는 데 걸리는 시간이 20초이므로 영희가 B에서 C까지 이동하는 데 걸리는 시간도 20초이다. 철수의

속력은 100 m를 20초에 달렸으므로 $\frac{100 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$ 이고, 영희의

속력은 100 m를 25초에 달렸으므로 $\frac{100 \text{ m}}{25 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}$ 이다. 영희가

20초 동안 이동한 거리는 $4 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 80 \text{ m}$ 이므로 A와 B 사이의 거리는 20 m이다.

05 ㄱ. 위치-시간 그래프의 기울기는 속도를 나타낸다. 0초에서 5초까지 그래프의 기울기가 일정하므로 물체는 속력이 일정한 등속도 운동을 하였다.

ㄴ. 10초에서 15초까지 위치가 30 m로 일정하므로 이때 물체는 정지해 있었다.

ㄷ. 15초에서 20초까지 그래프의 기울기가 증가하므로 물체의 속력은 증가한다.

06 ㄱ. 무빙워크를 따라 걷다가 거꾸로 걸어 되돌아왔으므로 영희가 걷는 속력은 무빙워크의 속력보다 빠르다.

ㄷ. O점에 대한 영희의 속력을 v , 무빙워크의 속력을 V 라 하면 그래프에서 무빙워크와 같은 방향으로 걸을 때의 속력은

$$\frac{20 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 2 \text{ m/s} \text{ 이므로}$$

$$v + V = 2 \text{ m/s} \cdots \cdots \text{①}$$

이다. 영희가 무빙워크와 반대 방향으로 걸을 때의 속력은

$$\frac{20 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 1 \text{ m/s} \text{ 이므로}$$

$$v - V = 1 \text{ m/s} \cdots \cdots \text{②}$$

이다. ①, ②를 연립하면 $v = 1.5 \text{ m/s}$, $V = 0.5 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 무빙워크의 속력은 0.5 m/s 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 영희가 무빙워크에 대하여 걷는 속력은 1.5 m/s 이다.

07 ㄱ. 무빙워크의 속력은 무빙워크에 대해 정지해 있는 A의 속력과 같으므로 1 m/s 이다.

ㄴ. 철수에 대한 B의 속도는 오른쪽으로 2 m/s 이고, 철수에 대한 C의 속도는 왼쪽으로 1 m/s 이다. 따라서 무빙워크에 대한 B, C의 속력은 각각 오른쪽으로 1 m/s , 왼쪽으로 2 m/s 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 무빙워크에 대해 걷는 속력은 B가 오른쪽으로 1 m/s , C가 왼쪽으로 2 m/s 이다. 따라서 C가 B보다 빠르다.

08 ㄱ. 올라갈 때 2시간 동안 3 km 를 이동하였으므로 평균 속력은 1.5 km/h 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. O에서 P까지 올라갔다 다시 O까지 내려오는 동안 변위가 0이므로 평균 속도의 크기는 0이다.

ㄷ. 올라가는 동안과 내려오는 동안 변위의 크기는 같고, 걸린 시간은 올라갈 때가 내려올 때보다 크다. 따라서 평균 속도의 크기는 내려올 때가 올라갈 때보다 크다.

09 자동차가 0초에서 2초까지는 등속도 운동을 하였고, 2초에서 4초까지는 정지해 있었으며, 4~6초까지는 등속도 운동을 하였다.

ㄴ. 이동 거리-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 속력을 나타낸다. 1초일 때와 5초일 때의 속력은 $\frac{20\text{ m}}{2\text{ s}} = 10\text{ m/s}$ 로 같다.

ㄷ. 0초에서 6초까지 이동한 거리는 40 m이고, 걸린 시간은 6초이므로 평균 속력은 $\frac{20}{3}\text{ m/s}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 2초에서 4초까지 이동 거리가 변하지 않았으므로 자동차는 정지해 있었다.

10 ④ 물체는 s_1 을 지나 s_2 까지 갔다가 s_1 으로 되돌아왔으므로 $0 \sim t_2$ 동안 물체가 이동한 거리는 $s_2 + (s_2 - s_1) = 2s_2 - s_1$ 이다.

오답 바로 알기 ① 위치-시간 그래프의 기울기는 속도를 나타낸다. $0 \sim t_1$ 동안 그래프의 기울기의 크기가 감소하므로 속력은 감소하였다.

② 그래프의 기울기의 부호가 t_1 이후 (-)이므로 t_1 이후 물체의 운동 방향이 바뀌었다.

③ $t_1 \sim t_2$ 동안 그래프의 기울기의 크기가 증가하므로 속력이 증가하였다. 따라서 가속도의 방향과 운동 방향은 같다.

⑤ $0 \sim t_1$ 동안 변위가 증가하다가 $t_1 \sim t_2$ 동안 변위가 감소하였다.

11 위치-시간 그래프에서 두 점을 이은 직선의 기울기는 속도(속력)를 나타내고, 그래프의 임의의 점에 그은 접선의 기울기는 순간 속도(순간 속력)를 나타낸다.

ㄴ. 평균 속력은 이동 거리를 걸린 시간으로 나눈 값이다. 따라서 t_1 에서 t_2 까지 A와 B의 평균 속력은 같다.

ㄷ. t_2 일 때 속력은 그래프에서 접선의 기울기의 크기와 같다. A의 접선의 기울기가 B보다 크므로 순간 속력은 A가 B보다 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. 0에서 t_2 까지 이동 거리는 A가 B보다 작다.

12 O점에서 동시에 출발한 영희와 철수가 각각 A, B점까지 갔다가 동시에 되돌아왔으므로 운동하는 데 걸린 시간은 같다. 영희가 출발점으로 되돌아오는 데 걸린 시간은 $\frac{d}{v_0} + \frac{d}{2v_0} = \frac{3d}{2v_0}$ 이다. 철수가 되돌아올 때의 속력이 v 이므로 철수가 출발점으로 되돌아오는 데 걸린 시간은 $\frac{d}{3v_0} + \frac{d}{v}$ 이다. 따라서 $\frac{3d}{2v_0} = \frac{d}{3v_0} + \frac{d}{v}$ 에서 $v = \frac{6}{7}v_0$ 이다.

13 ㄱ. 속도-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 이동 거리를 나타낸다. 따라서 0초에서 4초까지 이동한 거리는

$$\frac{1}{2} \times (2+1) \times 4 = 6(\text{m}) \text{이다.}$$

오답 바로 알기 ㄴ. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도를 나타낸다. 따라서 1초일 때의 가속도 크기는 $\frac{1\text{ m/s}}{4\text{ s}} = 0.25\text{ m/s}^2$ 이고,

5초일 때의 가속도 크기는 $\frac{1\text{ m/s}}{2\text{ s}} = 0.5\text{ m/s}^2$ 이다.

ㄷ. 속도의 부호는 운동 방향을 의미한다. 0초에서 6초까지 속도의 부호가 계속 (+)이므로 물체의 운동 방향은 바뀌지 않는다.

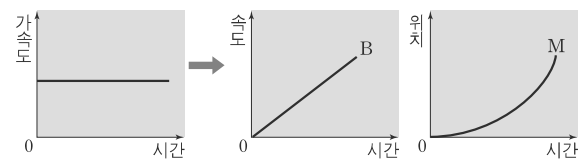
14 ㄱ. 물체는 각 구간에서 속력이 20 cm/s씩 감소한다. 따라서 가속도의 크기는 $a = \frac{20\text{ cm/s}}{0.5\text{ s}} = 40\text{ cm/s}^2 = 0.4\text{ m/s}^2$ 이다.

위치 (cm)	0	35	60	75	80
속력 (cm/s)		$\frac{35}{0.5} = 70$	$\frac{25}{0.5} = 50$	$\frac{15}{0.5} = 30$	$\frac{5}{0.5} = 10$
가속도의 크기 (cm/s ²)		$\frac{70-50}{0.5} = 40$	$\frac{50-30}{0.5} = 40$	$\frac{30-10}{0.5} = 40$	

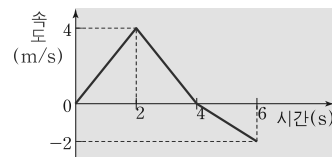
ㄴ. 빗면이 시작되는 위치를 v_0 의 속력으로 통과한 뒤 0.5초 후에 0.35 m를 지나며, 물체의 가속도의 크기는 0.4 m/s^2 이므로 $s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$ 에서 $0.35 = v_0 \times 0.5 - \frac{1}{2} \times 0.4 \times 0.5^2$ 이다. 따라서 $v_0 = 0.8\text{ m/s}$ 이다.

ㄷ. 0 cm와 80 cm 사이를 운동하는 데 걸린 시간은 2초이므로 이때의 평균 속력은 $\frac{(80-0)\text{ cm}}{2\text{ s}} = 40\text{ cm/s} = 0.4\text{ m/s}$ 이다. 60 cm를 지나는 순간의 속력은 $v = v_0 - at = 0.8 - 0.4 \times 1 = 0.4(\text{ m/s})$ 이다. 따라서 0 cm와 80 cm 사이의 평균 속력과 60 cm를 지나는 순간의 속력은 같다.

15 속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도를 나타내고, 위치-시간 그래프에서 접선의 기울기는 순간 속도를 나타낸다. 물체는 등가속도 직선 운동을 하고 있으므로 물체의 속력은 일정한 비율로 증가한다. 따라서 속도-시간 그래프는 기울기가 일정한 B이다. 위치-시간 그래프의 기울기는 점점 증가해야 하므로 M이다.



16 가속도-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 속도의 변화량을 나타낸다. 가속도-시간 그래프를 속도-시간 그래프로 나타내면 다음과 같다.



ㄱ. 2초일 때 물체의 속력은 4 m/s이다. 또는 $v = v_0 + at = 0 + 2 \times 2 = 4(\text{m/s})$ 로 구할 수 있다.

ㄴ. 0~4초 동안 물체가 이동한 거리는 속도-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이이므로 8 m이다. 또는 $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 의 식을

이용하여 0~2초 동안의 이동 거리와 2~4초 동안의 이동 거리의 합을 구한다. 0~4초 동안의 이동 거리는

$$\frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 + \left(4 \times 2 + \frac{1}{2} \times (-2) \times 2^2 \right) = 8(\text{m}) \text{이다.}$$

오답 바로 알기 ㄷ. 속도-시간 그래프에서 속도의 부호는 운동 방향을 의미한다. 3초일 때와 5초일 때 속도의 부호가 다르므로 운동 방향은 서로 반대이다.

17 O에서 P까지 등속도 운동을 하므로 운동하는 데 걸린 시간은 $\frac{L}{v}$ 이다. P에서 Q까지 이동할 때의 가속도를 a , P와 Q 사이의 거리를 s 라 하면

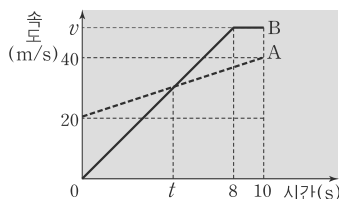
$$2as = 4v^2 - v^2 \dots\dots ①$$

$$a = \frac{2v - v}{\frac{L}{v}} = \frac{v^2}{L} \dots\dots ②$$

이다. ①, ②를 연립하면 $s = \frac{3}{2}L$ 이다. 따라서 O에서 Q까지의 거리는 $L + s = \frac{5}{2}L$ 이다.

18 A가 등속도 운동을 하였으므로 20초 동안 이동한 거리는 $20 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 400 \text{ m}$ 이다. B가 출발선을 통과한 후 5초 동안 등가속도 직선 운동한 거리는 평균 속도 \times 시간 $= \frac{20+24}{2} \times 5 = 110(\text{m})$ 이다. 도착선까지 남은 거리는 $400 \text{ m} - 110 \text{ m} = 290 \text{ m}$ 이고, A와 동시에 도착선을 통과하려면 15초 동안 290 m를 운동해야 한다. B가 도착선을 통과할 때의 속력이 v 이므로 $\frac{24+v}{2} \times 15 = 290(\text{m})$ 에서 $v = \frac{44}{3}(\text{m/s})$ 이다.

19 A와 B의 속도를 시간에 따라 나타내면 다음과 같다.



ㄱ. 등가속도 직선 운동을 하는 A가 이동한 거리는 평균 속도 \times 시간
이므로 $\frac{20+40}{2} \times 10 = 300(\text{m})$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. B가 출발한 뒤 8초 후 속력을 v 라 하면 $\frac{0+v}{2} \times 8 + v \times 2 = 300$ 이다. 따라서 $v = 50(\text{m/s})$ 이다.

ㄷ. A의 가속도의 크기는 $\frac{(40-20)\text{m/s}}{10\text{s}} = 2 \text{ m/s}^2$ 이고, B가 등가속도 직선 운동을 할 때의 가속도 크기는 $\frac{50 \text{ m/s}}{8 \text{ s}} = \frac{25}{4} \text{ m/s}^2$ 이다. A와 B의 속력이 같을 때의 시간을 t 라 하면 $v_0 + a_A t = a_B t$ 에

서 $20 + 2t = \frac{25}{4}t$ 이므로 $t = \frac{80}{17} \text{ s}$ 이다.

20 ㄱ. 물체의 가속도를 a , 0에서 t_1 까지 이동한 거리를 s_1 이라 하면, $2as_1 = v_0^2 - 0$ 이고 t_1 에서 t_2 까지 이동한 거리를 s_2 라 하면, $2as_2 = 9v_0^2 - v_0^2 = 8v_0^2$ 이다. 따라서 s_2 는 s_1 의 8배이다.

ㄷ. 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 이동 거리는 평균 속도 \times 시간이므로 0에서 t_1 까지 이동 거리는

$$v_1 t_1 = s_1 \dots\dots ①$$

이고, t_1 에서 t_2 까지 이동 거리는

$$v_2(t_2 - t_1) = s_2 \dots\dots ②$$

이다. ㄱ에서 $s_2 = 8s_1$ 이고, ㄴ에서 $v_2 = 4v_1$ 이므로 ①, ②를 정리하면 $t_2 = 3t_1$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 평균 속력은 $\frac{\text{처음 속도} + \text{나중 속도}}{2}$ 이다. 따라서 0에서 t_1 까지의 평균 속력 (v_1) 은 $\frac{0+v_0}{2} = \frac{v_0}{2}$ 이고, t_1 에서 t_2 까지의 평균 속력 (v_2) 은 $\frac{v_0+3v_0}{2} = 2v_0$ 이다. 따라서 0에서 t_1 까지의 평균 속력은 t_1 에서 t_2 까지의 평균 속력의 $\frac{1}{4}$ -배이다.

3

뉴턴 운동 법칙

핵심 개념 체크

본문 18~19쪽

- 1 (1) × (2) × 2 (1) ○ (2) ○ (3) ○ 3 작다 4 5 m/s^2
 5 10 N 6 같고, 반대 7 운동량 8 충격량 9 $5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 10 $10 \text{ N} \cdot \text{s}$ 11 7 m/s 12 $4p$

출제 예상 문제

본문 20~23쪽

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

01 ㄱ. 속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도를 나타내므로 5초일 때 가속도의 크기는 $\frac{4 \text{ m/s}}{20 \text{ s}} = 0.2 \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄷ. 10초 이후 속도의 부호가 0초일 때와 반대이므로 운동 방향은 서쪽이다. 이 물체는 0초에서 10초까지 동쪽으로 운동하다가 10초 때 방향을 바꾸어 서쪽으로 운동한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 가속도의 방향은 힘의 방향과 같다. 그래프에서 0초에서 20초까지 그래프의 기울기, 즉 가속도가 일정하므로 힘의 방향은 바뀌지 않는다.

02 두 힘이 반대 방향으로 작용하므로 물체에 작용하는 합력은 $6 \text{ N} - 2 \text{ N} = 4 \text{ N}$ 이다. 질량이 2 kg 이므로 가속도의 크기는

$$\frac{4 \text{ N}}{2 \text{ kg}} = 2 \text{ m/s}^2 \text{이다.}$$

03 A와 B의 질량을 각각 m_A , m_B 라 할 때, (가)에서 A는 등속도 운동을 하므로 A를 당기는 힘은 A의 무게와 같다.

$$F = m_A g \dots\dots ①$$

(나)에서 도르래에 매달린 두 물체의 가속도를 a' 이라 할 때 운동 방정식은

$$m_B g + F - m_A g = (m_A + m_B) a' \dots\dots ②$$

이다. B의 질량은 A의 2배이므로

$$m_B = 2m_A \dots\dots ③$$

이다. 따라서 (나)에서 A의 가속도 크기는 ①, ②, ③을 정리하면

$$a' = \frac{2}{3}g \text{이다.}$$

04 A와 B의 질량을 각각 m_A , m_B 라 할 때 (가)와 (나)에서의 가속도는 모두 $\frac{F}{m_A + m_B}$ 이다.

ㄴ. (가)에서 A에 작용하는 힘은 20 N 이므로

$$20 = \frac{m_A F}{m_A + m_B} \dots\dots ①$$

이고, (나)에서 B에 작용하는 힘은

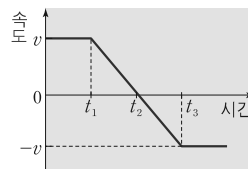
$$30 = \frac{m_B F}{m_A + m_B} \dots\dots ②$$

이다. ①, ②를 연립하면 $m_B = \frac{3}{2}m_A$ 이다. 따라서 B의 질량은 A의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

ㄷ. $3m_A = 2m_B$ 를 ①에 대입하면 $F = 50 \text{ N}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. A와 B가 한 물체처럼 운동하므로 (가)에서의 가속도는 $\frac{F}{m_A + m_B}$ 이고, (나)에서의 가속도도 $\frac{F}{m_A + m_B}$ 이다. 따라서 A의 가속도의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

05 수평면에서 일정한 속도로 운동하던 물체가 빗면을 따라 올라갔다 내려오는 동안의 속도-시간 그래프는 다음과 같다.



시간	물체의 운동
$0 \sim t_1$	물체는 수평면에서 등속도 운동을 한다.
$t_1 \sim t_2$	등가속도 직선 운동을 하며, t_1 일 때 빗면을 오르기 시작하여 t_2 일 때 C에 도달한다.
$t_2 \sim t_3$	빗면에서 내려가는 운동을 하며, 가속도는 변하지 않는다.
t_3 이후	t_3 일 때 수평면에 도달하며, 빗면에 오르기 전과 같은 속력이지만 방향이 반대인 운동을 한다.

ㄱ. 물체가 수평면에서 일정한 속도로 운동하므로 이때 물체에 작용하는 합력의 크기는 0이다.

ㄷ. B점에서 물체에 작용하는 가속도의 방향은 올라갈 때나 내려올 때 모두 빗면 아래 방향이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 물체가 빗면을 올라갈 때와 내려갈 때 같은 크기의 가속도로 등가속도 직선 운동을 한다. A와 C 사이에서 운동하는 동안 걸린 시간은 올라갈 때와 내려갈 때가 서로 같으므로 평균 속력은 A에서 C까지 올라갈 때와 내려갈 때가 서로 같다.

06 ㄴ. (가)에서 운동 방정식을 세워 보면 $(2m + M)g - mg = (3m + M) \times 2a$ 이므로

$$2a = \frac{M + m}{M + 3m}g \dots\dots ②$$

이다. ㄱ에서 구한 ①과 ②를 연립하면 $M = 3m$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)에서 A와 C의 질량의 합이 B보다 크므로 A의 가속도 방향은 아래쪽이다. (나)에서는 A의 가속도 방향을 위쪽으로 가정하고 운동 방정식을 세워 보면 $(m + M)g - 2mg = (3m + M)a$ 이므로

$$a = \frac{M-m}{M+3m}g \dots\dots ①$$

이다. $M > m$ 이므로 a 는 양수이다. 따라서 A의 속력은 증가하고, A의 가속도 방향은 위쪽이다.

ㄷ. $M = 3m$ 이므로 ① 또는 ②에서 $a = \frac{1}{3}g$ 이다. (가), (나)에서 C에 연결된 실에 작용하는 장력을 각각 $T_{(c)}$, $T_{(b)}$ 라 하면 (가)에서는 $Mg - T_{(c)} = 2Ma$ 이므로

$$Mg - T_{(c)} = \frac{2}{3}Mg \dots\dots ③$$

이고, (나)에서는 $Mg - T_{(b)} = Ma$ 이므로

$$Mg - T_{(b)} = \frac{1}{3}Mg \dots\dots ④$$

이다. ③과 ④를 정리하면 $T_{(c)} = \frac{1}{3}Mg$, $T_{(b)} = \frac{2}{3}Mg$ 이다.

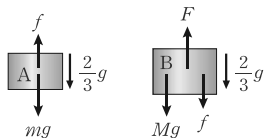
07 ㄴ. A가 B를 누르는 힘은 B가 A를 떠받치는 힘의 크기와 같다. 이 힘을 f 라 할 때 A에 작용하는 힘은

$$mg - f = \frac{2}{3}mg \dots\dots ①$$

이고, B에 작용하는 힘은

$$f + Mg - F = \frac{2}{3}Mg \dots\dots ②$$

이다. ①에서 A가 B를 누르는 힘 f 를 구하면 $f = \frac{1}{3}mg$ 이다.



ㄷ. $f = \frac{1}{3}mg$ 를 ②에 대입하면 $F = \frac{1}{3}(m + M)g$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. A와 B는 같은 가속도로 운동하고 있다. 따라서 A에 작용하는 알짜힘 $F_A = m \times \frac{2}{3}g$ 이고, B에 작용하는 알짜힘 $F_B = M \times \frac{2}{3}g$ 이다. M 이 m 보다 크므로 B에 작용하는 알짜힘이 A에 작용하는 알짜힘보다 크다.

08 0~2초 동안은 A와 B가 2.5 m/s^2 의 가속도로 등가속도 직선 운동을 하고, 2초일 때 B는 지면에 닿았다. 이후 A는 중력 가속도의 크기로 속력이 감소하는 등가속도 직선 운동을 하다가 t 초일 때 최고점에 도달한다.

ㄱ. (나)의 속도-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 변위를 나타내므로, B가 지면에 닿을 때까지 2초 동안 이동한 거리는 $h = 5 \text{ m}$ 이다. 따라서 A와 B가 같은 높이에 위치할 때의 높이는 $\frac{h}{2}$ 이므로 $\frac{5}{2} \text{ m}$ 이다.

ㄴ. 0~2초 동안 A의 가속도는 $a = \frac{5}{2} \text{ m/s}^2$ 으로 B와 같다. 따라서 B의 질량을 m_B 라고 할 때, 두 물체가 함께 운동하는 동안의 운동 방

정식은 $(m_B + 1)at = (m_B - 1)g$ 이므로 $m_B = \frac{5}{3} \text{ kg}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 2초 이후 A는 중력 가속도로 운동하므로 $2 \sim t$ 초까지의 시간 t' 은 등가속도 직선 운동의 식 $v = v_0 + at$ 에서

$0 = 5 - 10t'$ 이므로 $t' = \frac{1}{2}$ 초이다. 따라서 $t = \frac{5}{2}$ 초이고, A가 올라간 최고 높이는 $5 \times \frac{5}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{25}{4} (\text{m})$ 이다.

09 자석과 클립은 정지해 있으므로 자석과 클립에 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄱ. (p에 작용하는 장력) = (자석의 무게) + (자석에 작용하는 자기력)이므로 p에 작용하는 장력의 크기는 자석의 중력보다 크다.

ㄴ. (클립에 작용하는 자기력) = (클립의 무게) + (q에 작용하는 장력)이므로 q에 작용하는 장력의 크기는 클립에 작용하는 자기력의 크기보다 작다.

ㄷ. 자석이 클립을 당기는 자기력과 클립이 자석을 당기는 자기력은 작용·반작용 관계이므로 서로에게 작용하는 자기력의 크기는 같다.

10 ㄱ. (가)에서 사과에 작용하는 중력의 반작용은 사과가 지구를 당기는 힘이다.

ㄷ. (다)에서 사과가 정지해 있으므로 사과에 작용하는 알짜힘은 0이다. 이때 사과에 아래 방향으로 작용하는 중력과 바닥이 사과를 위로 떠받치는 수직 항력이 힘의 평형을 이룬다.

오답 바로 알기 ㄴ. (나)에서 사과에는 중력만 작용하므로 사과에 작용하는 알짜힘의 크기는 일정하다.

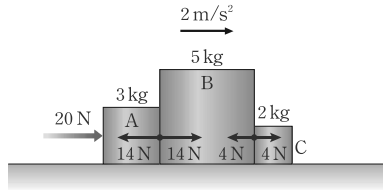
11 ㄴ. (나)에서 A와 B의 가속도의 크기는 중력 가속도로 같다. 따라서 B에 작용하는 합력은 B의 무게와 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)에서 B에 작용하는 알짜힘 = (B의 무게) + (A가 B를 누르는 힘) - (손이 B에 작용하는 힘)이다. B는 정지해 있으므로 알짜힘은 0이다. 따라서 손이 B에 작용하는 힘과 평형 관계에 있는 힘은 (B의 무게 + A가 B를 누르는 힘)이다.

ㄷ. (가)에서 A가 B에 작용하는 힘의 크기는 A의 무게이다. (나)에서 A가 B에 작용하는 힘의 크기를 F 라 하면, B가 A에 작용하는 힘의 크기도 F 이다. (A에 작용하는 힘) = (A의 무게) - F 이고, (B에 작용하는 힘) = (B의 무게) + F 이다. A와 B의 질량이 같고, A와 B의 가속도가 같으므로 A와 B에 작용하는 힘도 같다. 즉, $F = 0$ 이다. 따라서 (나)에서 A가 B에 작용하는 힘의 크기는 0이다.

12 ㄱ. 전체를 하나의 물체계로 보고 운동 방정식을 세우면 $20 \text{ N} = (3 + 5 + 2) \text{ kg} \times \text{가속도}$ 이다. 따라서 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.

ㄴ. A가 B를 미는 힘은 B와 C를 2 m/s^2 의 가속도로 가속시키는 힘이므로 $(5 + 2) \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 14 \text{ N}$ 이다. A가 B를 미는 힘은 B가 A를 미는 힘과 작용·반작용 관계이므로 B가 A를 미는 힘의 크기는 A가 B를 미는 힘의 크기와 같다. 따라서 B가 A를 미는 힘의 크기는 14 N이다.



오답 바로 알기 ㄷ. C가 B를 미는 힘의 크기는 B가 C를 미는 힘의 크기와 같으므로 4 N이다. 따라서 A가 B를 미는 힘과 C가 B를 미는 힘의 크기의 비는 7 : 2이다.

13 A는 마찰이 없는 빗면에서 운동하므로 등가속도 직선 운동을 한다. 등가속도 직선 운동의 식 $v^2 - v_0^2 = 2as$ 에서 $3^2 - 1^2 = 2 \times a \times 4$ 이므로 $a = 1(\text{m/s}^2)$ 이다. A와 B는 함께 운동하므로 A와 B의 가속도의 크기는 같다. 따라서 B에 작용하는 알짜힘은 $4 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 4 \text{ N}$ 이고, B에 작용하는 중력의 크기가 40 N이므로 실이 B를 당기는 힘은 36 N이다. 실이 A를 당기는 힘의 크기와 실이 B를 당기는 힘의 크기는 서로 같으므로, 실이 A를 당기는 힘의 크기는 36 N이다.

14 ㄷ. 충격량은 운동량의 변화량과 같다. 0초에서 2초까지 운동량의 변화량은 $-5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다. 따라서 0초에서 2초까지 중력이 물체에 작용한 충격량의 크기는 $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 물체의 운동 방향은 0초일 때 위쪽이고, 2초일 때 아래쪽이므로 운동량의 방향은 다르지만, 운동량의 크기는 $0.5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s} = 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 로 같다.

ㄴ. 1초에서 2초까지 물체는 아래 방향으로 속력이 증가하는 운동을 하므로 운동량의 크기는 증가한다.

15 ③ 가속도는 힘에 비례하므로 0~4초 동안 물체의 가속도는 시간에 비례한다.

오답 바로 알기 ① 0~2초 동안 물체가 받은 충격량의 크기는 힘-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이와 같으므로 $\frac{1}{2} \times 5 \text{ N} \times 2 \text{ s} = 5 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

② 0~4초 동안 힘이 시간에 비례하므로 물체의 속력은 시간의 제곱에 비례한다.

④ 2~4초 동안 물체의 운동량의 변화량은 충격량과 같으므로 그래프 아래 부분의 넓이를 구하면 $\frac{1}{2} \times (5 + 10) \times (4 - 2) = 15(\text{kg} \cdot \text{m/s})$ 이다.

⑤ 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로 4초일 때 물체의 속도는 $\frac{1}{2} \times 10 \times 4 = 5v$ 에서 $v = 4(\text{m/s})$ 이다.

16 ㄱ, ㄴ. A와 B에서 공의 처음 속력은 같고 잡은 후 공이 멈추는 것도 같다. 따라서 공의 운동량의 변화량은 같고, 운동량의 변화량이 충격량이므로 두 경우 모두 손이 받는 충격량의 크기도 같다.

오답 바로 알기 ㄷ. 손을 뒤로 빼면서 받으면 공이 멈출 때까지의 시간이 길어진다. 충격량이 같을 때 충격력은 시간에 반비례하는데, A와 B에서 충격량의 크기가 같으므로 B에서 손이 받는 힘의 크기가 작아진다.

17 ㄱ. 운동량은 크기는 질량×속력이므로 충돌 전 A의 운동량의 크기는 $1 \text{ kg} \times 3 \text{ m/s} = 3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.

ㄴ. 충돌 과정에서 B가 받은 충격량의 크기는 B의 운동량의 변화량의 크기와 같다. 충돌 전 B는 정지해 있었고, 충돌 후 1 m/s의 속력으로 운동하였으므로 충돌 과정에서 B가 받은 충격량의 크기는 $2 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s} - 2 \text{ kg} \times 0 = 2 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 충돌 과정에서 A가 받은 충격량의 크기는 $(1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}) - 1 \text{ kg} \times 3 \text{ m/s} = -2 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다. 따라서 충돌 과정에서 운동량의 변화량의 크기는 A와 B가 같다.

18 ㄷ. 안전 장치는 운전자가 힘을 받는 시간을 길게 하여 운전자에게 작용하는 평균힘을 감소시킨다.

오답 바로 알기 ㄱ. 안전 장치가 있을 때 운전자가 받는 충격력은 작아진다. 따라서 안전 장치는 운전자의 가속도를 감소시키는 역할을 한다.

ㄴ. 같은 속력으로 충돌하였고 충돌 후 정지하였으므로 운전자가 받는 충격량은 안전 장치가 있을 때와 없을 때가 같다.

4 일과 에너지

핵심 개념 체크

본문 24~25쪽

- 1 (1) × (2) × (3) ○ 2 100 J 3 8 m/s
4 (1) 50 J (2) 50 J (3) 50 J

출제 예상 문제

본문 26~29쪽

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

01 ㄱ. 속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도를 나타낸다. 물체의 가속도가 2 m/s^2 이므로 물체에 작용하는 합력의 크기는 $2 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 4 \text{ N}$ 이다.

ㄴ. 3초일 때 물체의 속력이 6 m/s 이므로 운동 에너지는 $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (6 \text{ m/s})^2 = 36 \text{ J}$ 이다.

ㄷ. 0초에서 3초까지 합력이 물체에 한 일은 운동 에너지 증가량이므로 36 J 이다.

02 힘-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량을 나타내고, 충격량은 운동량의 변화량(Δp)과 같으며, 운동 에너지는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{(\Delta p)^2}{2m}$ 이다. 1초일 때 운동 에너지는 $\frac{1}{2m}$ 이고, 2초일 때 운동 에너지는 $\frac{9}{2m}$ 이다. 따라서 0초에서 1초까지 운동 에너지 변화량(W_1)은 $\frac{1}{2m}$ 이고, 1초에서 2초까지 운동 에너지 변화량(W_2)은 $\frac{8}{2m} = \frac{4}{m}$ 이다. 운동 에너지의 변화량은 힘이 한 일이므로 $W_1 : W_2 = 1 : 8$ 이다.

03 빗면을 따라 운동하는 물체의 가속도를 a , A와 B가 충돌할 때까지 걸린 시간을 t_0 라 할 때, 처음 순간부터 물체가 충돌할 때까지 A, B가 이동한 거리는 각각 $s_A = 10t_0 - \frac{1}{2}at_0^2$, $s_B = \frac{1}{2}at_0^2$ 이고, $s_A + s_B = 20 \text{ m}$ 이므로 $t_0 = 2$ 초이다. A와 B가 충돌하는 순간 A, B의 속력을 각각 v_A , v_B 라 할 때, $v_A = 10 - at_0$ 이고, $v_B = at_0$ 이다. 충돌하는 순간 $v_A = v_B$ 이므로 $a = 2.5 \text{ m/s}^2$ 이다. 따라서 만나는 순간 A와 B의 속력은 5 m/s 이며, A의 속력은 처음 속력의 $\frac{1}{2}$ 배가 되었으므로 충돌하는 순간 B의 운동 에너지는 $\frac{1}{4}E_k$ 이다.

04 ㄱ. A와 B는 실로 연결되어 함께 운동하므로 가속도는

$$\frac{3 \text{ N}}{(2+1) \text{ kg}} = 1 \text{ m/s}^2 \text{이다.}$$

오답 바로 알기 ㄴ. B에 작용하는 알짜힘(1 N) = 3 N - 실이 B를 당기는 힘이다. 따라서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 2 N 이다.

ㄷ. 2초일 때 물체의 속력은 $1 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ s} = 2 \text{ m/s}$ 이다. 실이 당기는 힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로 $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (2 \text{ m/s})^2 = 4 \text{ J}$ 이다.

05 ㄱ. 힘-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량(운동량의 변화량)을 나타내고, 충격량 = 평균힘 \times 시간이다. 따라서 $\frac{1}{2} \times 2F_0 \times 2t_0 = \text{평균힘} \times 2t_0$ 에서 평균힘 = F_0 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 힘-시간 그래프를 통해 0초일 때 운동량은 0, t_0 일 때 운동량은 F_0t_0 , $2t_0$ 일 때 운동량은 $2F_0t_0$ 임을 알 수 있다. 따라서 운동량의 변화량은 $0 \sim t_0$ 에서와 $t_0 \sim 2t_0$ 에서가 같다.

ㄷ. 알짜힘이 한 일은 운동 에너지의 변화량이고, 운동 에너지는 $\frac{(\Delta p)^2}{2m}$ 이다. 따라서 0에서 t_0 까지 힘이 한 일은 $\frac{(F_0t_0)^2}{2m}$ 이고, t_0 에서 $2t_0$ 까지 힘이 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같으므로

$$\frac{1}{2m}[(2F_0t_0)^2 - (F_0t_0)^2] = \frac{3}{2m}(F_0t_0)^2 \text{이다.}$$

06 ㄷ. 3 m를 이동할 때까지 힘이 한 일이 15 J 이므로 $3 \sim L \text{ m}$ 구간에서 합력이 한 일이 -15 J 이 되어야 L 만큼 이동한 후 정지한다. 따라서 $15 = \frac{1}{2} \times (L-3) \times 9$ 에서 $L = \frac{19}{3}(\text{m})$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 3 m까지는 힘-이동 거리 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이가 양(+)의 값을 가지므로 운동 에너지가 증가한다. 따라서 속력이 최대일 때는 물체가 3 m 이동하였을 때이다.

ㄴ. 물체의 속력은 3 m를 이동할 때까지 증가하다가 이후부터는 감소하여 L 만큼 이동하였을 때 정지한다. 따라서 운동 방향은 바뀌지 않았다.

07 ㄱ. 가속도 = $\frac{\text{힘}}{\text{질량}}$ 이므로 A의 가속도는 $\frac{F}{2}$, B의 가속도는 $\frac{2F}{1}$ 이다. 가속도의 크기는 B가 A의 4배이다.

오답 바로 알기 ㄴ. A의 가속도를 a 라 하면, B의 가속도는 $4a$ 이다. 2초일 때 A와 B가 충돌하였으므로 2초 동안 A와 B의 이동 거리의 합은 5 m 이다. 따라서 $\frac{1}{2} \times a \times 2^2 + \frac{1}{2} \times 4a \times 2^2 = 5(\text{m})$ 에서 $a = \frac{1}{2}(\text{m/s}^2)$ 이다. 2초일 때 A의 속력은 $v_A = at = \frac{1}{2} \times 2 = 1(\text{m/s})$ 이고, B의 속력은 $v_B = 4at = 4 \times \frac{1}{2} \times 2 = 4(\text{m/s})$ 이다. 따라서 충돌 직전 A의 운동량의 크기는 $2 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s} = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.

ㄷ. A에 작용하는 힘은 $F=2\text{ kg}\times\frac{1}{2}\text{ m/s}^2=1\text{ N}$ 이고, 2초 동안 움직인 거리는 $\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\text{ m/s}^2\times(2\text{ s})^2=1\text{ m}$ 이다. 따라서 F 가 한 일은 $1\text{ N}\times 1\text{ m}=1\text{ J}$ 이다.

08 ㄷ. 물체의 위치 에너지의 변화량이 같으므로 중력이 두 물체에 한 일은 서로 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. A와 B의 처음 역학적 에너지가 같으므로 지면에 도달하였을 때 A와 B의 속력은 같다. 지면까지 운동하는 동안 A, B 모두 등가속도 직선 운동을 하였으므로 평균 속력도 서로 같다.

ㄴ. 지면에 도달했을 때 A와 B의 속력이 같으므로 운동량의 크기도 서로 같다.

09 P점에서 물체의 역학적 에너지는 mgH 이고, Q점에서 역학적 에너지는 $mgh+\frac{1}{2}mv^2$ 이다. 역학적 에너지는 보존되므로

$$mgH=mgh+\frac{1}{2}mv^2 \text{에서 } H-h=\frac{v^2}{2g} \text{이다.}$$

10 역학적 에너지는 보존되므로 a점과 c점에서 물체의 역학적 에너지는 같다. 따라서 $\frac{1}{2}m(2v)^2=\frac{5}{4}mv^2+mgh$ 에서

$$mgh=\frac{3}{4}mv^2 \dots\dots ①$$

이다. b점의 높이를 H 라 하면 b점에서의 역학적 에너지는

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

이다. 따라서 ①, ②를 정리하면 $H=2h$ 이다.

11 ㄱ. A와 B의 역학적 에너지의 합은 일정하다. A는 수평면에서 운동하므로 운동 에너지가 증가하고, A의 운동 에너지가 증가한 만큼 B의 역학적 에너지는 감소한다.

ㄴ. A가 s 만큼 이동했을 때 A, B의 운동 에너지 합은 B의 감소한 퍼텐셜 에너지와 같다. $\frac{1}{2}(m+2m)v^2=2mgs$ 이다. 따라서 A의 속력은 $\sqrt{\frac{4}{3}gs}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 운동하는 동안 A와 B의 속력은 같다. A가 s 만큼 이동하였을 때 속력이 $\sqrt{\frac{4}{3}gs}$ 이므로 B의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}\times 2m\times\left(\sqrt{\frac{4}{3}gs}\right)^2=\frac{4}{3}mgs$ 이다.

12 ㄱ. P, Q에서 각각 역학적 에너지 보존 법칙을 적용하면

$$mgh=\frac{1}{2}mv_0^2 \dots\dots ①$$

$$mg(2h)=\frac{1}{2}mv^2 \dots\dots ②$$

이다. ①, ②를 연립하면 $v=\sqrt{2}v_0$ 이다.

ㄴ. 물체의 운동 에너지 변화량은 중력이 한 일과 같다. O에서 P까지 중력이 물체에 한 일은 $\frac{1}{2}mv_0^2$ 이다. PQ 사이의 거리가 h 이므로 PQ 구간에서 중력이 물체에 한 일도 $\frac{1}{2}mv_0^2$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 충격량은 $I=F\Delta t$ 이다. O에서 P까지 이동하는 데 걸린 시간은 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간보다 길다. 두 구간에서 중력은 같으므로 중력이 물체에 작용한 충격량은 OP 구간이 PQ 구간보다 크다.

13 ㄷ. A와 B의 질량을 각각 m_A, m_B 라 하고, B의 낙하 거리를 h 라 하면 $m_Bgh-m_Agh=\frac{1}{2}\times(m_A+m_B)\times v^2$ 이다. 따라서

$$(3-2)\times 10\times 1=\frac{1}{2}\times(3+2)\times v^2 \text{에서 } v=2(\text{m/s}) \text{이다.}$$

오답 바로 알기 ㄱ. 질량이 큰 물체는 낙하하고 질량이 작은 물체는 올라가므로 두 물체 전체의 중력 퍼텐셜 에너지는 감소한다. A와 B의 퍼텐셜 에너지의 합이 감소한 만큼 A와 B의 운동 에너지의 합은 증가한다.

ㄴ. A의 퍼텐셜 에너지 증가량=B의 퍼텐셜 에너지 감소량-(A+B)의 운동 에너지 증가량이다. 그런데 B의 퍼텐셜 에너지 감소량=B의 운동 에너지 증가량이므로 A의 퍼텐셜 에너지 증가량=A의 운동 에너지 증가량이다.

14 ㄴ. 퍼텐셜 에너지는 두 위치의 차이에 의해서만 결정된다. 출발할 때의 처음 위치와 P를 통과할 때의 나중 위치가 같으므로 퍼텐셜 에너지의 변화량은 A와 B가 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. 출발할 때 A의 역학적 에너지는 지면에 대한 퍼텐셜 에너지이고, B의 역학적 에너지는 지면에 대한 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합이다. 따라서 두 공이 같은 높이 h 를 통과할 때의 운동 에너지는 B가 A보다 크므로 속력은 B가 A보다 크다.

ㄷ. 중력은 같고 물체의 변위가 같으므로 높이 h 를 통과할 때까지 중력이 물체에 한 일은 서로 같다.

15 물체의 역학적 에너지는 E_0 이고, t_1 일 때 물체의 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지는 같다. 따라서 t_1 일 때 물체의 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지는 $\frac{E_0}{2}$ 로 같다. 공의 운동량을 p 라 하면 t_1 에서 운동 에너지가 $\frac{E_0}{2}$ 이므로 $\frac{E_0}{2}=\frac{p^2}{2m}$ 에서 $p=\sqrt{mE_0}$ 이다.

16 ㄱ. A의 가속도의 크기는 $\frac{2m-m}{2m+m}g=\frac{1}{3}g$ 이다.

ㄴ. A와 B가 운동하는 동안 역학적 에너지는 처음의 역학적 에너지인 $3mgh$ 로 일정하다. B가 지면에 닿기 직전 A의 높이는 $2h$ 이고, A와 B의 속력은 같으므로 $3mgh=mg\times 2h+\frac{1}{2}\times(3m)\times v^2$ 에서 $v=\sqrt{\frac{2}{3}gh}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. B의 퍼텐셜 에너지 감소량=(A의 퍼텐셜 에너지의 증가량)+(A와 B의 운동 에너지 증가량)이다.

17 중력이 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같다. 운동 에너지는 0초일 때 0이고, 1초일 때 $\frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 = 100(\text{J})$ 이며, 2초일 때 $\frac{1}{2} \times 2 \times 20^2 = 400(\text{J})$ 이다. 따라서 $W_1 = 100 \text{ J}$, $W_2 = 400 - W_1 = 300 \text{ J}$ 이므로 $W_1 : W_2 = 1 : 3$ 이다.

18 ㄴ. 물체를 당기는 힘은 (가)에서가 (나)에서보다 작고, 이동 거리는 (가)에서와 (나)에서가 같다. 따라서 물체를 당기는 힘이 한 일은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

오답 바로 알기 ㄱ. 물체가 빗면을 따라 올라갈수록 속력은 증가하고, 높이도 증가한다. 따라서 역학적 에너지는 q에서가 p에서보다 크다.

ㄷ. 가속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크므로 q에서의 속력은 (나)에서가 (가)에서보다 크다. 따라서 q에서 운동 에너지는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

5

케플러 법칙과 특수 상대성 이론

핵심 개념 체크

본문 30~31쪽

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ 2 $\frac{5}{2} \text{ N}$ 3 8배 4 (1) × (2) × (3) ○
5 (1) × (2) × (3) ○

출제 예상 문제

본문 32~35쪽

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

01 ㄴ. 케플러 제3법칙에 따라 공전 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 공전 주기는 A가 B보다 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. 가속도 \propto 만유인력 $\propto \frac{1}{(\text{거리})^2}$ 이다. 각 궤도의 근일점에서 태양까지의 거리는 A가 B보다 크므로 근일점에서 가속도의 크기는 B가 A보다 크다.

ㄷ. 만유인력 $\propto \frac{1}{(\text{거리})^2}$ 이다. 태양과 원일점 사이의 거리는 A가 B보다 크므로 원일점에서의 만유인력의 크기는 B가 A보다 크다.

02 케플러 제3법칙을 적용하면 (공전 주기) $^2 \propto$ (공전 궤도 긴반지름) 3 이고, 질량과는 무관하다. 따라서 $T_A^2 : T_B^2 = (2R)^3 : R^3$ 이므로 $T_A : T_B = \sqrt{8} : 1 = 2\sqrt{2} : 1$ 이다.

03 ㄱ. A의 공전 궤도의 긴반지름은 $3r$ 이고, B의 공전 궤도의 긴반지름은 $\frac{3}{2}r$ 이다.

ㄴ. 타원 궤도를 공전하는 행성의 속력은 근일점에서 빠르고, 원일점에서 느리다. B의 궤도에서 근일점은 $x = -r$ 이고, 원일점은 $x = 2r$ 이므로 B의 속력은 $x = -r$ 일 때가 $x = 2r$ 일 때보다 크다.

ㄷ. A의 긴반지름이 B의 2배이므로 A의 공전 주기는 B의 $2\sqrt{2}$ 배이다.

04 구심력=만유인력이므로 $m r \omega^2 = G \frac{M m}{r^2}$ 에서 $\omega^2 = G \frac{M}{r^3}$ 이다. 여기에 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 를 대입하면 $\frac{4\pi^2}{T^2} = G \frac{M}{r^3}$ 이고, 이 식을 정리하면 $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$ 이다. $\frac{4\pi^2}{GM}$ 이 상수이므로 $T^2 \propto r^3$ 임을 알 수 있다. 즉, 케플러 제3법칙인 조화 법칙은 (공전 주기) $^2 \propto$ (공전 궤도 긴반지름) 3 이다.

05 ㄴ. 태양과 행성 사이에는 만유인력만이 작용한다. c에서 b까지 이동할 때 행성의 속력이 점점 증가하므로 운동 에너지가 증가한다. 따라서 중력이 행성에 하는 일은 0보다 크다.

ㄷ. 케플러 제3법칙에 의해 행성의 주기는 $\frac{T^2}{(2 \text{ AU})^3} = \frac{(1 \text{ 년})^2}{(1 \text{ AU})^3}$ 에서 $T = 2\sqrt{2}$ 년이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 케플러 제2법칙에 의하면 행성과 태양을 연결하는 직선이 같은 시간 동안 휩쓸고 지나간 면적은 같다. 행성과 태양을 연결하는 직선이 휩쓸고 간 면적은 c에서 b까지 이동할 때가 b에서 a까지 이동할 때보다 크다. 따라서 b에서 a까지 이동하는 데 걸린 시간은 $\frac{T}{2}$ 보다 작다.

06 ㄴ. 케플러 제2법칙에 의해 같은 시간 동안에 행성과 태양을 연결하는 직선이 휩쓸고 간 부채꼴의 면적은 같다. $S_1 = S_2$ 이므로 A점에서 B점까지 이동하는 데 걸리는 시간과 B점에서 C점까지 이동하는 데 걸리는 시간은 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. 지구가 공전하는 동안 가속도의 방향은 태양을 향하는 방향이다. 따라서 A점에서 B점까지 이동하는 동안 지구의 가속도 방향은 일정하지 않다.

ㄷ. 만유인력의 크기는 거리가 멀수록 작아진다. $r_1 < r_2$ 이므로 만유인력의 크기는 C점보다 A점에서 크다.

07 ㄱ. 위성의 속력은 P점에서 가장 빠르다. 따라서 운동 에너지는 P점에서 가장 크다.

ㄴ. 행성을 중심으로 하는 반지름 R인 원궤도를 주기 T로 공전할 때의 위성의 속력은 $\frac{2\pi R}{T}$ 이다. 긴반지름이 R인 타원 궤도의 길이는 $2\pi R$ 보다 짧다. 따라서 긴반지름이 R인 타원 궤도를 공전하는 위성의 평균 속력은 $\frac{2\pi R}{T}$ 보다 작으며, Q점은 원일점이므로 Q점에서 위성의 속력은 평균 속도보다 작다.

오답 바로 알기 ㄷ. 위성이 공전하는 동안 작용하는 만유인력의 방향은 행성을 향하는 방향이다. 따라서 만유인력의 방향은 계속 변한다.

08 지구의 공전 주기가 1년이고, 지구의 공전 궤도 반지름이 1 AU이므로, 케플러 제3법칙에 의해 $\frac{(1 \text{ AU})^3}{(1 \text{ 년})^2} = \frac{(4 \text{ AU})^3}{T^2}$ 이므로 $T = 8$ 년이다. a점에서 b점까지의 면적은 전체 면적의 $\frac{1}{8}$ 이므로 a점에서 b점까지 가는 데 걸린 시간은 $\frac{T}{8}$ 인 1년이다.

09 ㄱ. 행성의 공전 주기의 제곱은 행성의 긴반지름의 세제곱에 비례한다. 긴반지름이 A가 B보다 길므로 공전 주기는 A가 B보다 길다.

ㄷ. 케플러 제2법칙에 의해 같은 시간 동안에 행성과 태양을 연결하는 직선이 휩쓸고 간 부채꼴의 면적이 같으려면 행성이 태양으로부터

더 먼 곳에서는 천천히, 가까운 곳에서는 빠르게 운동하여야 한다. 따라서 A의 속력은 p점을 통과할 때가 q점을 통과할 때보다 빠르므로 A의 운동 에너지는 p점을 통과할 때가 q점을 통과할 때보다 크다.

오답 바로 알기 ㄴ. 두 물체 사이의 만유인력의 크기는 두 물체 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 A에 작용하는 만유인력의 크기는 p점에 있을 때가 q점에 있을 때의 4배이다.

10 ㄱ. A와 B의 질량이 같고, P점에서 지구까지의 거리가 같으므로 A와 B에 작용하는 만유인력의 크기는 같다.

오답 바로 알기 ㄴ. A와 B의 가속도 방향은 만유인력의 방향과 같다. 지구, A, B의 순으로 일직선 상에 있는 순간, A와 B의 가속도의 방향은 지구를 향하는 방향이므로 같다.

ㄷ. 공전 궤도 반지름이 B가 A보다 크므로 공전 주기는 B가 A보다 크다.

11 ㄱ. 근일점에서 P점까지 운동하는 동안 태양과 행성 사이의 거리가 멀어지므로 행성의 속력은 감소한다.

ㄴ. 근일점에서 원일점까지 운동하는 데 걸리는 시간이 $\frac{T}{2}$ 이다. 행성과 태양을 연결한 직선이 P점에서 원일점까지 쏘고 간 면적이 S이므로 P점에서 원일점까지 운동하는 데 걸리는 시간은 $\frac{T}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{T}{6}$ 이다.

ㄷ. 행성의 가속도의 크기는 행성에 작용하는 만유인력의 크기가 클수록 크다. 만유인력의 크기는 원일점보다 근일점에서 크므로 가속도의 크기도 원일점보다 근일점에서 크다.

12 ㄴ. 철수가 측정할 때 두 행성 사이의 거리는 L보다 작으므로 걸리는 시간도 $\frac{L}{c}$ 보다 작다. 따라서 우주선이 B에 도달하는 데 걸리는 시간도 철수가 측정했을 때 영희가 측정했을 때보다 짧다.

오답 바로 알기 ㄱ. 철수가 측정했을 때 빛이 B에 도달하는 데 걸리는 시간은 $\frac{L}{c}$ 보다 짧다.

ㄷ. 빛의 속력은 관찰자의 운동에 관계없이 c로 일정하다.

13 ㄱ. 빛이 왕복하는 동안 우주선이 이동하므로 민수가 관측한 빛의 경로는 사선 방향이 된다. 따라서 빛의 이동 거리는 민수의 측정값이 더 크다.

ㄷ. 영희가 측정한 시간이 고유 시간이다. 따라서 빛의 왕복 시간은 민수가 측정한 시간이 더 크다.

오답 바로 알기 ㄴ. 모든 관성계에서 빛의 진행 속력은 같다.

14 ㄴ. Q에서 R까지 이동하는 데 걸린 시간의 고유 시간은 철수가 측정했을 때이다. 따라서 영희가 측정했을 때에는 이동 시간이 T_0 보다 크다.

ㄷ. 철수의 좌표계에서는 영희가 $0.8c$ 의 속력으로 운동하고 있는 것으로 관측된다.

오답 바로 알기 ㄱ. P와 Q 사이의 고유 길이는 영희가 측정한 길이인 L_0 이다. 철수는 PQ 사이에서 빠르게 운동하고 있으므로 길이 수축이 일어나 PQ 사이의 거리는 영희가 측정한 L_0 보다 작게 측정된다.

15 ㄱ. 철수가 측정한 시간이 t_0 이고, 속력이 v 이므로 우주선의 길이는 vt_0 이다.

ㄴ. 철수가 측정한 시간, 즉 우주선이 A부터 B까지 기준선을 지나가는 데 걸린 시간 t_0 는 고유 시간이다. 따라서 영희가 측정한 우주선 전체가 철수를 지나는데 걸린 시간은 t_0 보다 길다.

오답 바로 알기 ㄷ. 영희가 측정한 길이가 우주선의 고유 길이이므로 우주선의 고유 길이는 $v \times$ (영희가 측정한 우주선 전체가 철수를 지나는데 걸린 시간) $> vt_0$ 이다.

16 ㄴ. 영희가 측정했을 때, A와 B 사이의 거리가 3광년이고, 우주선의 속력이 $0.6c$ 이다. 따라서 영희가 측정한 우주선이 A에서 B까지 가는 데 걸린 시간은 $\frac{3\text{광년}}{0.6c} = 5\text{년}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 우주선의 고유 길이는 철수가 측정한 길이이다. 영희가 측정한 우주선의 길이는 고유 길이보다 짧으므로 우주선의 고유 길이는 60 m보다 크다.

ㄷ. A와 B 사이의 고유 길이는 영희가 측정한 3광년이다. 따라서 철수가 관측했을 때 길이 수축이 일어나므로 A와 B 사이의 거리는 3광년보다 작다.

17 ㄱ. 기차가 오른쪽으로 운동하고 있으므로 영희가 관측했을 때 빛은 A에 먼저 도달한다.

ㄴ. 철수가 측정한 A와 B 사이의 거리는 고유 길이이다. 따라서 L 보다 크다.

ㄷ. P와 Q 사이를 통과하는 데 걸린 시간은 철수가 측정한 시간이 고유 시간이다. 따라서 T 보다 작다.

6 일반 상대성 이론과 블랙홀

핵심 개념 체크

본문 36쪽

1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 2 중력파 3 블랙홀

출제 예상 문제

본문 37~39쪽

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

01 ㄱ. (가)에서 물체는 중력에 의해 등가속도 직선 운동을 한다.
ㄴ. 등속도 운동하는 우주선 내에는 관성력이 작용하지 않으므로 (다)에서 들고 있던 공을 가만히 놓으면 공이 가만히 정지해 있는 것으로 보인다.

ㄷ. 물체의 가속도는 (가)와 (나)에서 각각 g 로 같고, 같은 거리를 이동하였으므로 바닥에 닿는 순간까지 걸린 시간은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

02 ㄱ. 물체에 작용하는 관성력의 방향은 $+y$ 방향이다. 우주선의 가속도의 크기가 중력 가속도의 크기이므로 중력과 관성력의 크기가 같아 물체는 등속도 운동을 한다.

ㄷ. 무중력 상태의 우주 공간에서 등속도 운동을 하므로 물체에는 관성력이 작용하지 않는다. 따라서 물체는 등속도 운동을 한다.

오답 바로 알기 ㄴ. $+y$ 방향으로 운동하면서 속력이 감소하면 우주선의 가속도는 $-y$ 방향이다. 따라서 물체에 작용하는 관성력의 방향은 $+y$ 방향이므로 물체는 $+y$ 방향으로 등가속도 직선 운동을 한다.

03 ㄱ. 철수가 보았을 때 시계 2가 운동하고 있고, 시계 1이 정지해 있으므로 시계 2가 시계 1보다 시간이 느리게 가는 것으로 보인다.
ㄴ, ㄷ. 민수가 보았을 때 시계 2는 관성력을 받고 있으므로 시계 1에 비해 시간이 천천히 흐른다.

04 (가)에서 물체에는 중력이 작용하므로 저울에 나타난 물체의 무게는 $mg = 2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 20 \text{ N}$ 이다. (나)에서 물체에는 운동 방향과 반대 방향으로 관성력이 작용하므로 저울에 나타난 물체의 무게는 $ma = 2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 20 \text{ N}$ 이다.

05 ㄱ. (가)에서 물체는 중력에 의해 등가속도 직선 운동을 한다.
ㄴ. 일반 상대성 이론에서 공간은 중력에 의해 휘어져 있다고 설명한다.

ㄷ. 일반 상대성 이론은 관성력과 중력이 동등하다는 등가 원리를 바탕으로 하는 이론이다. (나)에서 밖이 보이지 않는 우주선 안에 있는

철수는 중력과 관성력을 구분할 수 없다.

06 ㄱ. 수성은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도 운동을 하는데, 이때 근일점이 변하는 세차 운동을 한다. 이는 태양의 중력 효과로 인해 주변의 시공간이 휘어진 것으로 설명하면 정확히 일치한다.

ㄴ. 시공간이 휘어짐에 따라 빛의 경로 역시 휘어진다. 시공간의 휘어짐은 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

ㄷ. 중력에 의해 시간의 흐름이 느려진다. 즉, 중력이 강한 곳일수록 시간의 흐름이 더 느려진다. 이는 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

07 ㄴ. (나)에서 중력에 의한 물체의 무게는 $mg=5 \times 10=50(\text{N})$ 이어야 하는데, 100 N으로 측정되는 것으로 보아 관성력이 50 N만큼 작용함을 알 수 있다. 관성력은 가속도 방향의 반대 방향으로 작용하는 ma 에 해당하는 크기의 힘이므로 $50=5 \times a$ 에서 우주선의 가속도는 위쪽 방향으로 10 m/s^2 이다.

ㄷ. 우주선의 가속도는 (가)에서가 (나)에서보다 크지만, 중력과 관성력의 합은 (가)에서와 (나)에서가 같다. 따라서 우주선의 운동 방향에 수직으로 진행하는 빛을 우주선에서 관측할 때 (가)와 (나)에서 빛이 휘는 정도는 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. 무중력 상태에서 등속도 운동을 한다면 물체의 무게는 0이어야 한다. (가)에서 측정된 무게가 100 N인 것으로 보아 우주선이 화살표 방향으로 20 m/s^2 의 가속도로 운동하고 있음을 알 수 있다.

08 ㉠ 빛은 중력에 의해 휘어진다.

㉡ 블랙홀은 질량이 매우 큰 천체로, 공간을 극단적으로 휘게 만들어 블랙홀 근처를 지나는 빛마저도 흡수한다.

09 ㄷ. (나)에서 퀘이사의 빛은 은하단 주위를 지나면서 휘어져 은하단 주위에서 퀘이사의 상이 여러 개로 보이게 된다. 이를 중력 렌즈 현상이라고 한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 일반 상대성 이론에 의하면 질량을 가진 물체 주위의 공간은 휘어진다.

ㄴ. (가)에서 천체가 블랙홀이 되려면 천체의 부피에 비해 질량이 매우 커야 한다.

10 ㄴ. 세 천체의 반지름은 같으므로 질량이 클수록 천체 표면에서의 중력 가속도의 크기는 크다. 따라서 중력 가속도의 크기는 $C > B > A$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 질량이 클수록 시공간이 많이 휘어지므로 질량은 $C > B > A$ 이다.

ㄷ. 중력의 크기가 클수록 시간은 느리게 흐른다. 천체 표면에서의 시간은 B에서가 A에서보다 느리게 흐른다.

11 ㄱ. (가)의 중력 렌즈 현상은 중력이 공간을 휘게 하여 빛이 휘

어진 공간을 따라 진행하기 때문에 나타난다.

ㄴ. (나)는 블랙홀에 대한 설명으로, 블랙홀은 중력이 너무 커서 공간이 극단적으로 휘어 빛마저도 흡수한다. 중력이 클수록 시간이 천천히 흐르게 되는데, 블랙홀에 다가갈수록 중력이 점점 증가하여 어떤 경계에 도달하면 시간이 멈춘 것처럼 보이게 된다. 이 경계를 사건의 지평선이라 부른다.

ㄷ. (다)는 중력파에 관한 설명이며, 중력파는 아직 검출되지 않았다.

12 ㄴ. 질량을 가진 천체 A에 의해 주변의 시공간이 휘어지므로 빛이 휘어져 보인다.

ㄷ. A의 질량이 증가하면 빛이 휘어지는 정도는 더 커진다. 따라서 별의 실제 위치와 지구에서 관측되는 별의 위치 사이의 간격은 증가한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 빛이 휘어진 공간을 따라 진행하는 것을 중력 렌즈 현상이라고 한다. 이 현상은 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

7

현대 우주론과 기본 입자

핵심 개념 체크

본문 40~43쪽

1 (1) L (2) C (3) T 2 (1) O (2) X (3) O (4) X

3 전자, 쿼크 4 (1) X (2) O (3) O

5 ㉠ 기본 입자, ㉡ 매개 입자 $6 + \frac{2}{3}e, -\frac{1}{3}e$

7 (1)-L (2)-C (3)-T

출제 예상 문제

본문 42~43쪽

01 ㉡ 02 ㉢ 03 ㉡ 04 ㉡ 05 ㉢

06 ㉠ 07 ㉠ 08 ㉠ 09 ㉡

01 T. 우리 은하로부터 멀리 떨어질수록 적색 편이가 커지므로 P는 A, Q는 B의 스펙트럼이다.

L. 우리 은하로부터 멀리 떨어져 있을수록 후퇴 속도는 크다. 따라서 우리 은하로부터 멀어지는 속력은 B가 C보다 크다.

D. 적색 편이는 우주가 팽창함을 나타내는 증거이다.

02 T. 그래프에서 은하까지의 거리가 멀수록 후퇴 속도가 커진다는 것을 알 수 있다.

L. 후퇴 속도-거리 그래프에서 그래프의 기울기는 허블 상수를 나타낸다.

오답 바로 알기 D. 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 크므로 적색 편이 정도가 크다.

03 T. 열린 우주는 계속 팽창하는 우주이므로 외부 은하에서 오는 빛의 적색 편이가 계속 유지된다.

L, D. A는 열린 우주이며, 중력에 의한 에너지보다 팽창하려는 에너지가 큰 경우에 가능하다. 열린 우주의 밀도는 임계 밀도보다 작다. B는 팽창을 멈추고 다시 수축하는 닫힌 우주로, 중력에 의한 에너지가 팽창하려는 에너지보다 큰 경우에 가능하다. 우주의 밀도는 임계 밀도보다 크다. 따라서 우주의 밀도는 B가 A보다 크다.

04 D. 우주 배경 복사는 대폭발 이후 원자핵과 전자가 결합하여 원자가 만들어지면서 원자핵이나 전자와의 상호 작용에서 자유로워진 빛이다.

오답 바로 알기 T. 우주 배경 복사는 우주의 모든 방향에서 관측된다. 이것이 우리 은하가 우주의 중심임을 알려 주는 증거는 아니다.

L. 우주 배경 복사 사진에 나타난 불균일성은 우주의 온도가 균일하지 않고 미세하게 불균일하다는 것을 보여 준다.

05 D. 우주의 대폭발 이후 우주가 팽창하면서 우주의 밀도는 감

소하였다.

오답 바로 알기 T. 그래프에서 기울기는 팽창 속도를 나타낸다. 따라서 우주의 팽창 속도는 일정하지 않음을 알 수 있다.

L. 중력은 끌어당기는 힘이므로 우주를 팽창시키는 원인이 될 수 없다.

06 T. 약한 상호 작용은 중성자가 양성자로 바뀌는 과정(β 붕괴)에 관여한다.

오답 바로 알기 L. ㉠은 쿼크이다. 쿼크에는 위 쿼크, 아래 쿼크, 맵시 쿼크, 아랫한 쿼크, 꼭대기 쿼크, 바닥 쿼크 등이 있다. 전자는 렙톤의 한 종류이다.

D. 광자는 전자기력을 매개하는 입자이다.

07 ① 기본 입자는 쿼크와 렙톤으로 구분할 수 있다. 전자와 뮤온은 렙톤이다.

오답 바로 알기 ② 약한 상호 작용을 매개하는 입자는 W 보손, Z 보손이다.

③ β 붕괴는 중성자가 양성자로 변환되는 과정이다. 이 과정에서 전자와 중성미자가 방출된다.

④ 원자핵을 이루고 있는 양성자와 중성자는 질량이 서로 비슷하지만, 양성자는 양(+)전하를 띠고 있고 중성자는 전기적 성질이 없다. 양성자는 위(u) 쿼크 2개와 아래(d) 쿼크 1개로 이루어져 있고, 중성자는 위(u) 쿼크 1개와 아래(d) 쿼크 2개로 이루어져 있다.

⑤ 쿼크들 사이에 작용하는 강한 상호 작용(핵력)을 매개하는 입자는 글루온이다.

08 L. 쿼크인 A와 B 사이의 강한 상호 작용을 매개하는 입자는 글루온이다.

오답 바로 알기 T. A와 B는 쿼크이다. 중성자에 2개가 있는 A는 아래(d) 쿼크이고, 1개가 있는 B는 위(u) 쿼크이다.

D. 아래(d) 쿼크의 전하량은 $-\frac{1}{3}e$ 이다. 따라서 전자의 전하량은 A의 3배이다.

09 T. A는 수소의 원자핵인 양성자이고, B는 전자이다. A와 B 사이에는 전자기력이 작용하고, 이를 매개하는 입자는 광자이다.

L. 헬륨 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다. C는 중성자이다.

D. D는 전자이고, 전자는 렙톤이다.

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

01 ㄴ. (나)는 그림자가 북쪽을 가리키고 있으므로 태양이 남중할 때이다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)에서 그림자가 중심에서 오른쪽에 있는 시각선(세로선)을 가리키므로 오후이다.

ㄷ. 영침의 그림자가 위치한 절기선(가로선)이 다르므로, (가)와 (나)를 관측한 절기는 다르다. (가)는 여름에 관측하였고, (나)는 겨울에 관측하였다.

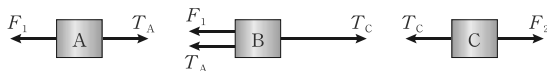
02 ㄷ. 같은 시간 동안 이동한 거리가 변위보다 크므로 평균 속력이 평균 속도의 크기보다 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. 이동 거리는 호 \widehat{AB} 의 길이이므로 $\frac{\pi R}{2}$ 이고, 변위의 크기는 AB의 직선 거리이므로 $\sqrt{2}R$ 이다.

ㄴ. 물체의 속도 방향은 원궤도의 접선 방향이다. 따라서 내려가는 물체의 속도의 방향은 계속 변한다.

03 A와 B가 스쳐 지나가는 순간 A와 B의 이동 거리의 합이 200 m이다. 10초 동안 A의 이동 거리가 200 m이므로, A와 B는 10초 이전에 스쳐 지나간다. 스쳐 지나가는 순간의 시간을 t 라 하면 $20t + 10t = 200$ 이므로 $t = \frac{20}{3}$ (s)이다. 따라서 이 시간 동안 A의 이동 거리는 $20 \text{ m/s} \times \frac{20}{3} \text{ s} = \frac{400}{3} \text{ m}$ 이다.

04 실을 끊기 전 A, B, C는 등속도 운동을 하고 있으므로 알짜힘은 0이다. A와 B를 연결한 실의 장력을 T_A , B와 C를 연결한 실의 장력을 T_C 라 하자. 경사각이 같은 빗면에 놓인 A, B의 빗면 방향의 중력은 같은데, 이를 F_1 이라 하고, C의 빗면 방향의 중력을 F_2 라 하자. 각 물체에 작용하는 힘은 그림과 같다.



a를 끊기 전에 각 물체에 작용하는 힘을 분석하면, A에 작용하는 힘은 $F_1 - T_A = 0$ 이고, B에 작용하는 힘은 $T_A + F_1 = T_C$, C에 작용하는 힘은 $T_C - F_2 = 0$ 이다.

a를 끊은 후 각 물체에 작용하는 알짜힘은 각 물체의 빗면과 나란한 방향으로 작용하는 중력이다. 즉, a를 끊은 후 A, B에 작용하는 알짜힘 F_A, F_B 는 F_1 이고, C에 작용하는 알짜힘 F_C 는 F_2 이므로 $F_A = F_B = F_1 = T_A$, $F_C = F_2 = T_C = 2T_A$ 이다. 따라서

$F_A : F_C = 1 : 2$ 이다.

05 ㄱ. A와 B는 등속도 운동을 하므로 F 의 크기는 $4mg$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. A에 작용하는 알짜힘 = (p가 A를 당기는 힘) - (A의 무게 + q가 A를 당기는 힘)이다. 등속도 운동을 하므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 p가 A를 당기는 힘은 q가 A를 당기는 힘의 크기보다 크다.

ㄷ. B에 작용하는 알짜힘 = (q가 B를 당기는 힘) - (B의 무게)이다. 등속도 운동을 하므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 q가 B를 당기는 힘의 크기는 B의 무게인 $3mg$ 이다.

06 ㄱ. (가)에서 A, B는 정지해 있으므로 각각에 작용하는 알짜힘은 0이다. 실이 A를 당기는 힘의 크기와 B를 당기는 힘의 크기는 같다. A에 작용하는 알짜힘 = (실이 A를 당기는 힘) + (지면이 A를 떠받치는 힘) - (A의 중력)이고, B에 작용하는 알짜힘 = (실이 B를 당기는 힘) - (B의 중력)이다. B에 작용하는 알짜힘이 0이므로 실이 B를 당기는 힘은 $2mg$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. A에 작용하는 알짜힘이 0이고, 실이 A를 당기는 힘의 크기가 $2mg$ 이므로 지면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 mg 이다.

ㄷ. (나)에서 B는 중력 가속도로 낙하하고 있으므로 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 $2mg$ 이다.

07 ㄱ. 0~2초 동안 등가속도 직선 운동을 하므로 물체의 속력은 점점 증가한다. 따라서 운동량의 크기는 증가한다.

ㄷ. 힘-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량을 나타내므로 0~4초 동안 물체가 받은 충격량의 크기는 $30 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다. 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로 4초일 때 물체의 속력은 $\frac{30 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{2 \text{ kg}} = 15 \text{ m/s}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 0~4초 동안 물체의 속력이 계속 증가하므로 운동 방향은 바뀌지 않는다.

08 ㄱ. 속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도를 나타내므로 0~1초 동안 질량 1 kg인 물체의 가속도는 2 m/s^2 이다. 따라서 F 의 크기는 $1 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ N}$ 이다.

ㄴ. 속도-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 이동 거리를 나타내므로 0~1초 동안 수평면에서 이동한 거리는 1 m이다. 따라서 운동 방향과 나란하게 작용한 힘 F 가 한 일은 $2 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 2 \text{ J}$ 이다.

별해 힘이 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같다. 처음에 정지해 있던 물체가 1초일 때 속력이 2 m/s 가 되었으므로 $\frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times (2 \text{ m/s})^2 = 2 \text{ J}$ 이다.

ㄷ. 1~3초 동안 물체의 운동 에너지가 일정하므로 힘 F 가 한 일만큼 퍼텐셜 에너지가 증가한다. 1~3초 동안 이동한 거리는 4 m이다. 따라서 $2 \text{ N} \times 4 \text{ m} = 8 \text{ J}$ 만큼 퍼텐셜 에너지가 증가한다.

09 A의 퍼텐셜 에너지 감소량은 $2mgh = E_0$ 이고, B의 퍼텐셜 에너지 감소량은 $3mgh = \frac{3}{2}E_0$ 이다. A와 B의 퍼텐셜 에너지 감소량의 합은 $\frac{5}{2}E_0$ 이고, 이 값은 두 물체의 운동 에너지 증가량의 합과 같다. 물체의 속력이 같을 때 운동 에너지는 질량에 비례하므로 A가 h 만큼 내려갔을 때 A의 운동 에너지는 $\frac{5}{2}E_0 \times \frac{2}{3} = \frac{5}{3}E_0$ 이다.

10 일·운동 에너지 정리에서 $W = \Delta E_k = F_S$ 이므로 운동 에너지와 변위 x 사이의 그래프에서 그래프의 기울기는 F 를 나타낸다.

11 ㄱ. A에서 B로 이동하는 동안 인공위성의 속력이 감소하므로 인공위성의 운동 에너지는 감소한다.

ㄴ. 만유인력은 거리의 제곱에 반비례한다. B에서 C로 이동하는 동안 지구와 인공위성 사이의 거리가 멀어지므로 만유인력의 크기는 감소한다.

오답 바로 알기 ㄷ. 같은 시간 동안 지구와 인공위성을 연결한 직선이 휩쓸고 간 부채꼴의 면적이 같으므로 인공위성이 A에서 B까지 이동하는 동안 걸린 시간은 T 이고, B에서 C까지 이동하는 데 걸린 시간은 $2T$ 이다. 따라서 A에서 C까지 이동하는 데 걸린 시간이 $3T$ 이므로 인공위성의 주기는 $6T$ 이다.

12 ㄱ. A의 궤도 반지름과 B의 긴반지름이 $2R$ 로 같으므로 케플러 제3법칙에 의해 주기는 A와 B가 같다.

ㄴ. 타원 궤도를 공전하는 인공위성의 속력은 지구에서 가까울수록 빨라지고, 지구에서 멀수록 느려진다. 따라서 B의 속력은 r 에서가 q 에서보다 느리다.

ㄷ. 가속도의 크기는 지구로부터의 거리의 제곱에 반비례한다. A와 B가 p점에 있을 때 지구로부터 떨어진 거리가 같으므로 A와 B의 가속도의 크기는 서로 같다.

13 고유 길이는 관찰자와 측정 대상의 운동 상태가 같아야 하므로 철수가 측정한 우주선의 길이가 고유 길이이다. 따라서 길이 수축에 의해 $L_1 > L_2$ 이다. 고유 시간은 철수가 측정한 시간이므로 영희가 측정한 시간은 시간 팽창이 일어난다. 따라서 $T_1 < T_2$ 이다.

14 ㄱ. 일반 상대성 이론에 의하면 질량을 가진 물체 주위의 공간은 휘어진다.

ㄴ. 천체의 질량이 클수록 주변 공간이 휘어지는 정도도 크다. 질량이 클수록, 즉 휘어지는 정도가 클수록 시간은 느리게 간다.

ㄷ. 중력 렌즈 효과에 따라 별이 여러 개로 보이거나 고리 모양으로 보일 수 있다. 이는 중력이 큰 천체 주위의 공간이 휘어져 있기 때문에 빛의 진행 방향이 휘어져 나타나는 현상이다.

15 ㄱ. \ominus 은 전자이며, 전자는 렙톤이다.

ㄴ. A는 위(u) 쿼크이고, B는 아래(d) 쿼크이다. 아래(d) 쿼크의 전

하량은 $-\frac{1}{3}e$ 이다.

ㄷ. 약한 상호 작용을 매개하는 입자는 W 보손, Z 보손이다.

16 ㄱ. 원자핵은 양(+)전하를 띠는 양성자와 전하를 띠지 않는 중성자로 이루어져 있다. 양성자 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용하지만, 이보다 더 큰 힘이 양성자와 중성자들 사이에 작용하므로 원자핵이 안정된 상태로 존재할 수 있다.

오답 바로 알기 ㄴ. 쿼크는 네 가지 기본 상호 작용을 모두 한다.

ㄷ. 강한 상호 작용을 매개하는 입자는 글루온이다.

17 ㄱ. 우주 배경 복사는 원자가 생성될 때 입자와의 상호 작용에서 자유로워져 우주로 퍼져 나간 빛이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 우주는 미세한 불균일성을 가지고 있다. 이는 우주 배경 복사의 미세한 온도 차이로 설명할 수 있다.

ㄷ. 우주 배경 복사는 파장이 긴 마이크로파의 영역이다.

18 A와 B는 P에서 동시에 출발하여 Q에 동시에 도착하였으므로 이동 거리와 걸린 시간은 A와 B가 같다. A와 B는 모두 등가속도 직선 운동을 하였으므로 A와 B의 이동 거리는 (A의 평균 속도) \times 시간 = (B의 평균 속도) \times 시간이다. 따라서 A와 B의 평균 속력은 같으므로 $\frac{3v_0 + 0}{2} = \frac{2v_0 + v}{2}$ 에서 $v = v_0$ 이다.

19 ㄴ. 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로 벽에 부딪히기 직전 A, B의 운동량은 각각 $100 \text{ N} \cdot \text{s}$, $120 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

ㄷ. 물체가 벽에 충돌하기 직전의 속도는 v 로 같고, 운동량은 B가 A의 1.2배이므로 B의 질량이 A의 1.2배이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 힘-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량(운동량의 변화량)을 나타낸다. 따라서 A, B가 벽에 가한 충격량의 크기는 각각 $100 \text{ N} \cdot \text{s}$, $120 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

20 ㄱ. 물체가 빗면을 따라 이동하는 동안 역학적 에너지는 보존된다. 수평면에서 퍼텐셜 에너지는 0이므로 p에서의 역학적 에너지는 운동 에너지이다. q에서 운동 방향이 바뀌므로 순간적으로 정지하며, q에서의 역학적 에너지는 퍼텐셜 에너지이다. 따라서 p에서의 운동 에너지는 q에서의 퍼텐셜 에너지와 같다.

ㄴ. 빗면을 따라 운동하는 과정에서 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 빗면과 나란한 아래 방향이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 빗면의 경사각이 일정하므로 빗면의 길이의 비는 수직 높이의 비와 같다. p에서의 운동 에너지를 E_0 라 하면, p, q, r에서의 역학적 에너지는 다음과 같다.

구분	퍼텐셜 에너지	운동 에너지
q	E_0	0
r	$\frac{2}{5}E_0$	$\frac{3}{5}E_0$
p	0	E_0

따라서 물체가 빗면을 타고 내려오는 과정에서 운동 에너지의 변화량은 q 에서 r 까지 이동할 때에는 $\frac{3}{5}E_0$ 이고, r 에서 p 까지 이동할 때에는 $\frac{2}{5}E_0$ 이다.

21 ㄱ. P와 Q 사이의 고유 길이는 A가 관측한 길이인 L 이다. 관찰자 B가 측정할 때 우주선의 길이가 수축하므로 두 전등 사이의 거리는 L 보다 작다.

오답 바로 알기 ㄴ. A가 보았을 때 빛의 속도 c 는 일정하므로 두 전등이 켜지는 데 걸리는 시간 차이는 $\frac{L}{c}$ 이다. B가 측정할 때 빛의 속도는 c 이며, 두 전등 사이의 거리는 L 보다 작으므로 두 전등이 켜지는 데 걸리는 시간 차이는 $\frac{L}{c}$ 보다 작다.

ㄷ. 우주선의 속력이 빨라진다 하더라도 빛의 속력은 c 로 같고, 고유 길이는 변하지 않으므로 불이 켜지는 시간 차이는 변하지 않는다.

서술형 문제

본문 49쪽

1 (1) 물체의 가속도의 크기는 속도-시간 그래프의 기울기와 같다. 따라서 가속도는 $\frac{6 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$ 이다.

(2) 물체가 이동한 거리는 속도-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이와 같다. 따라서 이동 거리는 $\frac{1}{2} \times 3 \times 6 = 9(\text{m})$ 이다.

예시답안 (1) 2 m/s^2 (2) 9 m

채점 기준	배점
(1), (2)를 모두 옳게 답한 경우	100 %
(1)과 (2) 중 한 가지만 옳게 답한 경우	50 %

2 **예시답안** (가)에서 방망이에서 떠나는 야구공의 속력이 클수록 공은 멀리 날아간다. 야구 선수가 공에 작용하는 충격력은 한계가 있으므로, 공과의 접촉 시간을 최대한 길게 하여 공의 충격량을 최대가 되게 하려고 방망이를 끝까지 휘두르는 것이다.

(나)에서 착지할 때 무릎을 굽히는 이유는 떨어질 때까지의 충격량(운동량의 변화량)은 일정하므로 무릎을 굽혀 힘을 받는 시간을 최대한 늘려 주기 위해서이다. 시간이 늘어난 만큼 무릎에 가해지는 충격력의 크기는 감소한다.

채점 기준	배점
(가), (나)를 모두 옳게 설명한 경우	100 %
(가), (나) 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50 %

3 **예시답안** • 상대성 원리 : 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.

• 광속 불변 원리 : 모든 관성 좌표계에서 관측할 때, 진공 중에서 진행하는 빛의 속도는 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 일정하다.

채점 기준	배점
두 가지 가정을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
두 가지 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50 %

4 **예시답안** 빛의 속력은 철수가 관측할 때와 영희가 관측할 때가 같지만, 우주선이 왼쪽으로 움직이고 있으므로 영희가 관측하였을 때에는 빛이 B에 먼저 도달한다.

채점 기준	배점
관측 결과와 이유를 모두 옳게 설명한 경우	100 %
이유만 옳게 설명한 경우	70 %
관측 결과만 옳게 답한 경우	30 %

수능 맛보기

본문 50~51쪽

기출 1 ① 1 ①

기출 2 ③ 2 ③

기출 3 ① 3 ③

기출 4 ① 4 ⑤

기출 1 ㄱ. 속도-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 물체의 변위를 나타낸다. 물체가 직선 운동하므로 변위와 이동 거리는 같다. 따라서 이동 거리는 $\frac{1}{2} \times 12 \times 4 = 24(\text{m})$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도를 나타낸다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 $\frac{12 \text{ m/s}}{4 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄷ. 물체에 작용하는 힘의 크기가 6 N이므로 물체의 질량은 $\frac{6 \text{ N}}{3 \text{ m/s}^2} = 2 \text{ kg}$ 이다.

1 물체에 작용하는 힘 = 질량 \times 가속도이므로 $F - F_0 = ma$ 이다. 표에 주어진 값을 대입하면

$$9 - F_0 = 2m \cdots \cdots ①$$

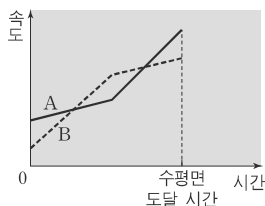
$$15 - F_0 = 5m \cdots \cdots ②$$

이다. ①, ②를 정리하면 $F_0 = 5 \text{ N}$ 이고, $m = 2 \text{ kg}$ 이다.

기출 2 ㄱ. 처음 높이(h)가 같으므로 수평면까지 내려오는 동안 중력이 한 일은 같다.

ㄴ. 물체의 운동 에너지 변화량은 중력이 한 일과 같다. 따라서 운동 에너지의 변화량은 A와 B가 같다.

오답 바로 알기 ㄷ. 높이가 h 인 지점에서 수평면까지 내려오는 동안 이동 거리는 A와 B가 같다. 경사면의 기울기가 클수록 가속도의 크기는 크다.



따라서 높이가 h 인 지점을 통과할 때의 속력은 A가 B보다 커야 동시에 수평면에 도달할 수 있다. 따라서 역학적 에너지는 A가 B보다 크다.

2 ㄱ. 출발선에서 기준선까지의 거리를 L 이라 할 때, 기준선에서 A와 B의 속력은 같으므로 기준선에서의 속력을 v_0 라 하면

$$F_1 L = \frac{1}{2} m v_0^2 \cdots \cdots ①$$

$$F_2 L = \frac{1}{2} \times 2m \times v_0^2 \cdots \cdots ②$$

이다. ①, ②를 정리하면 $F_1 : F_2 = 1 : 2$ 이다.

ㄷ. 기준선에서의 속력을 v_0 , 수평면에서의 속력을 v , 처음 수평면의

높이를 h 라 할 때 $mgh + \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v^2$ 에서 $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ 이다. 따라서 수평면에서의 속력은 A와 B가 같다.

오답 바로 알기 ㄴ. 질량은 B가 A보다 크다. 따라서 수평면에 도달할 때까지 중력이 한 일은 B가 A보다 크다.

기출 3 ㄱ. 위성의 가속도의 크기는 행성과 위성 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 p를 지나는 순간의 가속도의 크기는 A와 B가 같다.

오답 바로 알기 ㄴ. 위성의 속력은 행성과의 거리가 가장 가까운 지점에서 가장 빠르고, 행성과의 거리가 가장 먼 지점에서 가장 느리다. B의 속력이 가장 느린 지점에서 B에 작용하는 만유인력이 $\frac{2GMm}{9R^2}$ 이므로 행성과 B 사이의 거리는 $3R$ 이다. B의 궤도의 긴 지름이 $4R$ 이므로 긴반지름은 $2R$ 이다.

ㄷ. A의 궤도 반지름은 R 이고, B의 궤도 긴반지름은 $2R$ 이다. 케플러 제3법칙에 의해 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$ 배이다.

3 ㄱ. 만유인력의 크기는 가속도의 크기에 비례한다. 따라서 가속도의 크기는 q에서가 p에서의 4배이다.

ㄴ. 만유인력의 크기는 거리의 제곱에 반비례한다. 만유인력의 크기가 q에서가 p에서의 4배이므로 p와 태양 사이의 거리는 q와 태양 사이의 거리의 2배이다. 따라서 p와 q 사이의 거리는 $3R$ 이고, 궤도의 긴반지름은 $\frac{3}{2}R$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 행성이 태양 주위를 공전하는 동안 근일점에서 속력이 가장 빠르고, 원일점에서 속력이 가장 느리다. 따라서 p에서 q로 이동하는 동안 운동 에너지는 증가한다.

기출 4 ㄱ. 양성자가 p에서 q까지 이동하는 것을 A가 측정한 시간은 B가 측정한 시간(T)보다 크다. A가 측정한 p와 q 사이의 거리 $L = 0.9c \times (\text{A가 측정한 시간})$ 이다. 따라서 $L > 0.9cT$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. B가 측정한 시간이 고유 시간(T)이다. 따라서 A가 측정한 시간은 B가 측정한 시간보다 크다.

ㄷ. B가 관찰했을 때 양성자는 정지해 있다. 양성자의 정지 에너지는 정지 질량 \times (광속)²이다.

4 ㄱ. 철수가 측정한 뮤온의 수명이 고유 시간이다. 따라서 뮤온의 수명은 영희가 측정한 것이 철수가 측정한 것보다 크다.

ㄴ. 영희가 측정한 p와 q 사이의 거리가 고유 길이이다. 따라서 영희가 측정한 p와 q 사이의 거리가 더 크다.

ㄷ. 뮤온은 철수가 측정했을 때 정지해 있고, 영희가 측정했을 때 $0.9c$ 의 속력으로 운동하고 있다. 따라서 뮤온의 전체 에너지는 영희가 측정할 때가 더 크다.

II. 물질과 전자기장

1

전기장과 정전기 유도

핵심 개념 체크

본문 54~55쪽

1 밀어내는, 당기는 2 $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 3 전기력선 4 전기장 5 (1) ×
(2) ○ (3) × (4) ○ 6 (1) ○ (2) ○ 7 정전기 유도 8 유전
분극 9 접지 10 방전

출제 예상 문제

본문 56~59쪽

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

01 ㄱ. (가)에서 A가 B에 가하는 힘은 B가 A에 가하는 힘과 작용·반작용 관계이므로 B가 받는 힘의 크기는 F 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. A와 B를 접촉시키면 A와 B가 모두 $+Q$ 의 전하량을 가지게 된다. 따라서 B가 받는 전기력의 방향은 A에서 멀어지는 방향이다.

ㄷ. 전기력의 크기는 (가)와 (나)에서 각각 $F_{(가)} = k \frac{8Q^2}{(2r)^2}$, $F_{(나)} = k \frac{Q^2}{r^2}$ 이므로 (나)에서 A가 받는 힘의 크기는 $\frac{F}{2}$ 이다.

02 ㄱ. (가)에서 A가 B를 당기는 힘은 B가 A를 당기는 힘과 작용·반작용 관계이므로 크기가 같다.

오답 바로 알기 ㄴ. (나)에서 C는 A로부터 당기는 힘을 받고 B로부터 밀어내는 힘을 받는다. 따라서 C가 A와 B로부터 받는 힘의 방향은 모두 왼쪽이므로 C가 받는 전기력은 0이 아니다.

ㄷ. (가)에서 A는 B로부터 당기는 힘을 받고, (나)에서 A는 B와 C로부터 당기는 힘을 받으므로 (가)와 (나)에서 A가 받는 전기력의 방향은 같다.

03 (가)에서는 두 전하의 부호가 반대이므로 서로 당기는 힘이 작용한다. (가)와 (나)에서 A가 받는 전기력의 방향이 반대이므로 (나)에서는 밀어내는 힘이 작용해야 한다. 따라서 Q_C 는 양(+)전하이다.

또한, 전기력의 크기는 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 이므로 (가)에서는 $F = k \frac{Q^2}{(2r)^2}$

이고, (나)에서는 $F = k \frac{Q Q_C}{r^2}$ 이다. (가)와 (나)에서 전기력의 크기가 같다고 했으므로 $k \frac{Q^2}{(2r)^2} = k \frac{Q Q_C}{r^2}$ 에서 $Q_C = \frac{Q}{4}$ 이다.

04 ㄱ. 밀어내는 힘이 작용하므로 A, B는 같은 종류의 전하로 대

전되어 있다.

ㄴ, ㄷ. $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 이므로 대전된 전하량이 클수록 비틀리는 각도가 증가한다. 또한, 전기력은 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 거리가 멀어질수록 A, B 사이에 작용하는 전기력의 크기는 작아진다.

05 ㄱ. 대전된 입자에 전기력이 작용하여 집진 셀에 부착된다.

ㄷ. 이러한 원리는 공장의 굴뚝과 같은 곳에서 오염 물질을 제거하는데 이용된다.

오답 바로 알기 ㄴ. 대전된 입자가 음(-)전하이므로 집진 셀은 양(+)전하로 대전되어야 한다.

06 ㄱ, ㄴ. 전기력선 위의 한 점에서 그은 접선의 방향이 전기장의 방향이다. 따라서 A는 양(+)전하이므로, B는 음(-)전하이다. P와 Q의 거리는 A가 B보다 가까우므로 전하량의 크기는 A가 B보다 작다.

오답 바로 알기 ㄷ. O점에 단위 양(+)전하를 놓으면 A로부터는 밀어내는 힘을 받고 B로부터는 당기는 힘을 받으므로 전기장은 0이 아니다.

07 ㄱ. 전기장의 방향이 $+x$ 방향이고, 물체가 전기장의 방향으로 θ 만큼 기울어져 있으므로 물체는 양(+)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. 전기장의 세기를 세게 하면 전기력이 커지므로 θ 는 커진다.

오답 바로 알기 ㄷ. 전기장의 방향을 반대로 바꾸어도 전기장의 세기는 같으므로 $-x$ 방향으로 θ 만큼 기울어져 정지해 있게 된다.

08 ㄴ. A에서 나오는 전기력선의 수가 B로 들어가는 전기력선의 수보다 많으므로 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전기력선이 A에서 나와 B로 들어가므로 A는 양(+)전하이므로, B는 음(-)전하이다.

ㄷ. A와 B는 전하의 종류가 다르므로 서로 당기는 힘이 작용한다.

09 ㄴ. A로 들어가는 전기력선의 수가 B로 들어가는 전기력선의 수보다 많으므로 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.

ㄷ. A와 B는 전하의 종류가 같으므로 서로 밀어내는 힘이 작용한다. 이때 A가 B에 작용하는 힘은 B가 A에 작용하는 힘과 작용·반작용 관계이므로 힘의 크기는 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전기력선이 A로 들어가므로 A는 음(-)전하이다.

10 ㄱ, ㄴ. (나)에서 전기력선이 A에서 나와 B로 들어가므로 A는 양(+)전하로 대전되어 있고, B는 음(-)전하로 대전되어 있다. 따라서 (가)에서 대전체는 양(+)전하로 대전되어 있고, 전자는 정전기 유도에 의해 A에서 B로 이동한다.

ㄷ. (나)에서 전기력선의 간격이 일정하므로 P와 Q에서 전기장의 세기는 같다.

11 ㄱ. 음(-)전하로 대전된 에보나이트 막대를 가까이 하였을 때 A의 금속박은 더 벌어졌으므로 A는 음(-)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. 금속판에는 에보나이트 막대와 다른 종류의 전하가 유도되므로 금속판과 에보나이트 막대 사이에는 당기는 힘이 작용한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 음(-)전하로 대전된 에보나이트 막대를 가까이 하였을 때 B의 금속박은 오므라들었으므로 B는 양(+)전하로 대전되어 있다. 따라서 대전된 전하의 종류는 A와 B가 다르다.

12 ㄴ. (나)에서 A는 음(-)전하로 대전되어 있고, B는 양(+)전하로 대전되어 있으므로 A와 B 사이에는 당기는 힘이 작용한다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)에서 양(+)전하로 대전된 유리 막대를 가까이 하였으므로 전자는 B에서 A로 이동하여 A는 음(-)전하로, B는 양(+)전하로 대전된다.

ㄴ. (나)는 A와 B를 떼어놓고 유리 막대를 멀리 한 것이므로 A는 음(-)전하로, B는 양(+)전하로 대전되어 있다.

13 ㄱ. (가)에서 B는 양(+)전하로 대전되고, A는 음(-)전하로 대전된다. 따라서 B와 대전체 사이에는 당기는 힘이 작용한다.

ㄴ. A는 음(-)전하로 대전되어 있고, 접지하면 음(-)전하인 전자들이 손을 통해 빠져나간다.

ㄷ. 손을 떼 후 대전체를 멀리 하면 B가 양(+)전하로 대전되어 있으므로 접촉된 A도 양(+)전하로 대전된다.

14 ㄱ. 전기장을 $+y$ 방향으로 걸어 주면 A의 아래 부분에는 음(-)전하가 유도되고, 위 부분에는 양(+)전하가 유도되는 정전기 유도 현상이 일어난다. 마찬가지로 B는 강유전체이므로 아래 부분에는 음(-)전하가 유도되고, 위 부분에는 양(+)전하가 유도되는 유전 분극 현상이 일어난다. 따라서 A와 B 사이에는 서로 당기는 방향으로 전기력이 작용한다.

ㄴ. B는 강유전체이므로 플래시 메모리에 사용되어 정보를 저장할 수 있다.

오답 바로 알기 ㄴ. 전기장의 방향을 $-y$ 방향으로 바꾸어도 A에는 정전기 유도 현상이 일어나고, B에는 유전 분극 현상이 일어나므로 서로 당기는 방향으로 전기력이 작용한다.

15 ㄱ. (가)에서 A와 B 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용하므로 A와 B는 같은 종류의 전하로 대전되어 있다.

ㄴ. (나)에서 C와 밀어내는 힘이 작용하므로 B는 양(+)전하로 대전되어 있다.

오답 바로 알기 ㄴ. A와 B의 전하량의 크기는 (가)와 (나)에서 같지만 떨어진 거리가 (나)가 (가)보다 가까우므로 전기력의 크기는 (나)가 (가)보다 크다.

16 A가 B보다 먼저 도달하였으므로 A가 받은 전기력이 더 크다. 따라서 A의 전하량이 B의 전하량보다 크고, A는 양(+)으로 대전된 입자이며, B는 음(-)으로 대전된 입자이다. 따라서 처음 상태

의 두 전하가 공간 상에 만드는 전기력선의 분포는 ⑤와 같다.

17 ㄱ. (가)에서 A와 B 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용하므로 A와 B는 같은 종류의 전하로 대전되어 있다.

ㄴ. (나)에서 C에는 A와 가까운 쪽에 양(+)전하가 유도되었으므로 A는 음(-)전하로 대전되어 있다. 따라서 (가)에서 B도 음(-)전하로 대전되어 있다.

ㄷ. (나)에서 A는 음(-)전하로 대전되어 있고, C에는 A와 가까운 쪽에 양(+)전하가 유도되었으므로 A와 C 사이에는 서로 당기는 힘이 작용한다.

2

자기장과 자성

핵심 개념 체크

본문 60~61쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 2 비례, 반비례 3 전류, 자기장
4 비례, 반비례 5 전자석 6 강자성, 상자성 7 자기화
8 강자성체 9 상자성체 10 반자성체 11 전자, 스핀

출제 예상 문제

본문 62~64쪽

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

01 ④ 자기력선의 간격이 좁을수록 자기장의 세기가 세다.

오답 바로 알기 ① 자기력선은 N극에서 나와서 S극으로 들어간다.

② N극과 S극에 가까울수록 자기장의 세기가 세다.

③ 자기력선은 도중에 교차하거나 분리되지 않는다.

⑤ 자기력선 위의 한 점에서 그은 접선의 방향은 그 점에서 자기장의 방향이다.

02 ㄱ. 자기력선은 N극에서 나와 S극으로 들어간다.

ㄴ. 자기장의 세기는 자기력선의 간격이 좁을수록 세다. 따라서 q 점보다 p 점에서 세다.

ㄷ. 자기력선 위의 한 점에서 그은 접선의 방향이 자기장의 방향이므로 자기장의 방향은 q에서와 r에서 같다.

03 ㄱ. 전류가 흐르는 원형 도선 주위에 철가루를 뿌리면 철가루는 자기장의 방향으로 배열된다. 이때 철가루는 모두 자기화(자화)되었다.

ㄷ. 도선에 흐르는 전류의 방향이 반대이므로 p점과 q점에서 자기장의 방향은 반대이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 원형 도선에 흐르는 전류가 셀수록, 원형 도선의 반지름이 작을수록 자기장의 세기는 세다. 따라서 자기장의 세기는 p점보다 q점에서 세다.

04 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장은 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다. P, Q점은 도선으로부터 떨어진 거리의 비가 2 : 1이므로 자기장의 세기의 비는 $B_P : B_Q = 1 : 2$ 이다.

05 ㄴ. P점과 Q점에 각각 오른손 법칙을 적용하면 P점에서 두 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 모두 종이면에 수직으로 들어가는 방향이지만 Q점에서 두 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 거리가 더 가까운 도선에 의한 자기장이 더 세게 나타나므로 종이면에서 수직으로 나오는 방향이 된다. 따라서 자기장의 세기는 Q점보다 P

점에서 세고, 방향은 반대이다.

ㄷ. P점은 두 도선으로부터 떨어진 거리가 같으므로 두 도선에 흐르는 전류의 방향이 같으면 오른손 법칙에 의해 P점에서의 자기장은 0이 된다.

오답 바로 알기 ㄱ. 두 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 P점과 Q점에서 반대이다.

06 ㄱ. P점에서 자기장이 0이므로 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 반대이다.

오답 바로 알기 ㄴ. A에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 P점에서 A에 의한 자기장의 세기가 B에 의한 자기장의 세기보다 세지므로 P점에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄷ. 오른손 법칙을 적용하면 P점에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 A를 B에 가까이 하면 P점에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 더 세지므로 P점에서 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

07 ㄴ, ㄷ. b와 c는 두 도선과 떨어진 거리가 같고, Y에 흐르는 전류의 세기가 X의 2배이므로 Y에 의한 자기장이 X보다 크게 나타난다. 따라서 b점에서의 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고, c점에서의 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 또한 c점에서 두 도선에 의한 자기장의 방향은 모두 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, X에 의한 자기장의 세기가 B_0 라면 Y에 의한 자기장의 세기는 $2B_0$ 이다. b점에서는 두 도선에 의한 거리는 c와 같고 두 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 반대이므로 $B_b = 2B_0 - B_0 = B_0$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. a점에서 자기장이 0이므로 오른손 법칙을 적용하면 Y에는 +y 방향으로 전류가 흘러야 한다. 또한 Y로부터 a점까지 떨어진 거리가 X의 2배이므로 Y에 흐르는 전류의 세기는 X의 2배이다.

08 ㄱ. O점에서 자기장이 0이므로 세 도선에 오른손 법칙을 적용하면 A에 의해서는 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 O점에 작용해야 한다. 따라서 A에 흐르는 전류의 방향과 B에 흐르는 전류의 방향은 같다.

ㄴ. B와 C에 흐르는 전류는 O점에서 종이면에서 수직으로 나오는 자기장을 만든다. B와 C에서 O점까지의 거리는 같고, B와 C에 흐르는 전류의 세기는 같다. 따라서 O점에서 A가 만드는 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이어야 하고, 자기장의 세기는 B와 C가 만드는 자기장의 세기의 합과 같아야 하므로 A에 흐르는 전류의 세기는 $2I$ 이다.

ㄷ. A에 흐르는 전류의 세기는 B의 2배이고, O점은 A와 B에서 떨어진 거리가 같으므로 (나)의 O점에서 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

09 ㄴ. 나침반과 도선 사이의 거리는 A만 닫았을 때 B만 닫았을 때보다 가까우므로 나침반의 자침이 회전한 각도는 A만 닫았을 때 B만 닫았을 때보다 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전류가 흐르는 직선 도선에 오른손 법칙을 적용하면 나침반 자침의 N극은 서쪽으로 회전한다.

ㄷ. A와 B를 모두 닫으면 두 도선에 흐르는 전류의 방향이 같으므로 나침반의 자침은 서쪽으로 회전한다.

10 오른손 법칙을 적용하면 두 도선에 흐르는 전류의 방향이 같아야만 두 도선 사이에 자기장이 0인 지점이 생긴다. 또한, 자기장의 세기는 떨어진 거리에 반비례하므로 d 점에서 자기장이 0이라면 전류의 세기는 B가 A보다 2배 커야 한다.

11 P점에서 자기장이 0이므로 두 도선에 흐르는 전류의 방향은 반대이다. 또한 원형 도선에 의한 자기장은 원형 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 반지름에 반비례하므로 세기가 $3I_0$ 인 전류가 흐르는 원형 도선의 반지름은 세기가 I_0 인 전류가 흐르는 원형 도선의 반지름의 3배인 $3r$ 이다.

12 ㄷ. 솔레노이드에 의한 자기장의 세기는 솔레노이드 내부에서 가장 세므로 자기장의 세기는 q점보다 p점에서 세다.

오답 바로 알기 ㄱ. 오른손 법칙을 적용하면 p점에서 자기장의 방향이 $+x$ 방향이므로 전원 장치의 a는 음(-)극이다.

ㄴ. q점은 p점과 같은 중심축 상에 있으므로 q점에서 자기장의 방향은 $+x$ 방향이다.

13 ㄱ. 자석이 오른쪽으로 운동하였으므로 솔레노이드의 오른쪽은 N극이 되어야 한다. 따라서 오른손 법칙을 적용하면 엄지손가락이 가리키는 방향이 자기장의 방향이고, 네 손가락이 감아쥐는 방향이 전류의 방향이므로 전원 장치의 a는 양(+)극이다.

ㄴ. 엄지손가락이 가리키는 방향이 오른쪽이므로 전류에 의한 솔레노이드 내부의 자기장의 방향은 자석의 운동 방향과 같은 오른쪽이다.

ㄷ. 솔레노이드 내부의 자기장의 세기는 단위 길이당 감은 수에 비례하므로 감은 수를 증가시키면 자석이 받는 자기력은 증가한다.

14 ㄱ. 자석을 밀어내는 것으로 보아 A는 자기화가 유지되는 강자성체이다.

ㄷ. P가 S극이므로 (가)에서 오른손 법칙을 적용하면 a는 양(+)극이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 자석을 밀어내므로 Q는 N극이고, P는 S극이다.

15 ㄱ. 도선에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 자기장의 세기는 세다.

ㄴ. 전자의 궤도 운동과 스핀으로 인해 물질의 자성이 나타난다.

ㄷ. 전자의 회전 방향(스핀)이 반대인 전자가 원자 내에 존재하면 자기장의 효과가 상쇄되어 자기장의 세기는 작아진다.

3 전자기 유도

핵심 개념 체크

본문 65~66쪽

1 전자기 유도 **2** 셀수록, 많이, 빠를수록 **3** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × **4** 600 V **5** 패러데이 **6** 자속(자기력선속) **7** 밀어내는 **8** 당기는 **9** 유도 기전력 **10** 역학적(운동), 역학적(운동), 전기

출제 예상 문제

본문 67~68쪽

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

01 ㄱ. 도선이 a 방향으로 운동할 때와 b 방향으로 운동할 때 모두 원형 도선을 통과하는 자속(자기력선속)이 감소하므로 자속이 증가하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 유도 전류의 방향은 같다.
ㄴ. 도선이 d 방향으로 운동하면 자석과 가까워지므로 원형 도선을 통과하는 자속은 증가한다.

ㄷ. 원형 도선이 c 방향으로 운동하면 자석과 멀어지므로 자석과 원형 도선 사이에는 원형 도선이 멀어지지 못하도록 당기는 힘이 작용한다.

02 ㄱ. (가)에서 전류의 방향이 $a \rightarrow \textcircled{c} \rightarrow b$ 이므로 오른손 법칙에 따라 코일의 위쪽이 N극이 된다. 이것은 자석의 N극이 가까워졌기 때문이므로 A는 N극이다.

ㄴ. (가)에서 자석이 가까이 오면 자속이 증가하므로 코일은 자속이 증가하지 못하도록 코일의 위쪽에 N극을 만들어 가까이 오지 못하도록 한다. 이때 자석과 코일 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다. 따라서 자석에 작용하는 자기력의 방향은 자석의 운동 방향과 반대이다.

ㄷ. (나)에서 자석의 S극이 멀어지므로 코일은 자석이 멀어지지 못하도록 코일의 위쪽에 N극을 만든다. 오른손 법칙을 적용하면 코일에 흐르는 전류의 방향은 $a \rightarrow \textcircled{c} \rightarrow b$ 이다.

03 ㄷ. 자석을 반대 방향으로 운동시키면 검류계에 흐르는 유도 전류의 방향은 A와 B가 반대가 된다.

오답 바로 알기 ㄱ, ㄴ. A는 자석이 멀어지므로 멀어지지 못하도록 오른쪽에 S극을 만들어 당기는 힘을 작용하고, B는 자석이 다가오므로 다가오지 못하도록 왼쪽에 S극을 만들어 밀어내는 힘을 작용한다. 즉, A와 B가 자석에 가하는 힘의 방향은 왼쪽으로 같다. 그러나 오른손 법칙을 적용하면 검류계에 흐르는 유도 전류의 방향은 A와 B가 반대이다.

04 ㄱ. 도선이 자석에 접근할 때는 도선을 통과하는 자속이 증가하고 빠져나갈 때는 도선을 통과하는 자속이 감소하므로 유도 전류

의 방향은 반대이다.

ㄷ. 도선의 속력을 증가시키면 단위 시간당 도선을 통과하는 자속이 증가하므로 발생하는 유도 전류의 최댓값은 증가한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 도선이 자석에 접근할 때 도선을 통과하는 자속이 증가하므로 자속이 증가하지 못하도록 밀어내는 힘이 작용한다.

05 ㄱ. 전류가 $p \rightarrow$ 저항 $\rightarrow q$ 방향으로 흐르므로 도체 막대에 오른손 법칙을 적용하면 도체 막대가 움직일 때 자속이 증가하므로 자속이 증가하지 못하도록 유도 전류가 흐른 것이 된다. 따라서 도체 막대의 운동 방향은 오른쪽이다.

ㄴ. 도체 막대가 일정한 속력으로 운동하므로 도체 막대가 지날 때 자속의 변화가 일정하다. 따라서 저항에 흐르는 전류의 세기는 일정하다.

ㄷ. 도체 막대의 속력을 증가시키면 자속의 변화가 커지므로 저항에 흐르는 전류의 세기는 증가한다.

06 ㄴ. t_2 일 때 자속의 변화가 없으므로 저항에는 전류가 흐르지 않는다.

오답 바로 알기 ㄱ. t_1 일 때 도선을 통과하는 자속이 감소하므로 자속을 증가시키는 방향으로 전류가 흐른다. 오른손 법칙을 적용하면 저항에 흐르는 전류의 방향은 $b \rightarrow R \rightarrow a$ 이다.

ㄷ. 저항에 흐르는 전류의 세기는 단위 시간당 자속의 변화가 클수록 세다. 즉, 그래프의 기울기의 크기는 유도 전류의 세기를 의미한다. 따라서 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 크다.

07 ㄴ. 두 원형 도선 모두 자석에 접근하므로 자속은 증가한다.

ㄷ. 두 원형 도선의 속력은 같지만 A가 자석과 더 가까운 거리를 지나므로 유도 전류의 세기는 A의 중심이 P점을 지날 때가 B의 중심이 Q점을 지날 때보다 세다.

오답 바로 알기 ㄱ. A가 P점에 가까워질 때 S극이 다가오므로 다가오지 못하도록 도선의 아래쪽에 S극이 유도된다. 또한, B가 Q점에 가까워질 때 N극이 다가오므로 다가오지 못하도록 도선의 위쪽에 N극이 유도된다. 따라서 오른손 법칙을 적용하면 A와 B에 흐르는 유도 전류의 방향은 같다.

08 ㄱ. 바퀴가 회전하면 코일을 통과하는 자속이 변하므로 코일에는 유도 전류가 흐른다. 다이오드는 코일에 직렬로 연결되어 있으므로 전류가 흘렀다 안 흘렀다를 반복한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 그림을 보면 발광 다이오드 2개는 N극이 다가오지만 나머지 2개는 S극이 다가온다. 즉, N극이 다가오면 코일은 N극이 다가오지 못하도록 N극을 만들고, S극이 다가오면 S극이 다가오지 못하도록 S극을 만들게 되므로 오른손 법칙을 적용하면 흐르는 전류가 반대가 된다. 발광 다이오드는 순방향으로 전류가 흐를 때 불이 들어오므로 2개의 발광 다이오드가 동시에 켜지고 동시에 꺼진다.

ㄷ. 바퀴의 회전 방향이 반대로 바뀌어도 자속은 계속해서 변하므로 코일에는 전류가 흘렀다 안 흘렀다를 반복한다.

4

원자 구조와 전도성

핵심 개념 체크

본문 69~70쪽

1 불연속적 **2** 흡수 **3** 방출 **4** 라이먼, 발머, 파셴 **5** 흡수, 방출 **6** 파울리 배타 **7** 띠틈, 없다 **8** 원자가띠, 전도띠 **9** 자유 전자, 양공 **10** (1) - ㉠ (2) - ㉠ (3) - ㉠

출제 예상 문제

본문 71~73쪽

01 ③ **02** ① **03** ② **04** ① **05** ①
06 ⑤ **07** ③ **08** ③ **09** ④ **10** ③
11 ⑤ **12** ① **13** ④

01 ㄱ. 전기력은 두 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 원자핵과 전자 사이에 작용하는 전기력의 크기는 반지름이 가장 작은 (가)에서 가장 크다.

ㄴ. 양자수가 클수록 전자가 가지는 에너지가 크므로 (다)에서가 (가)에서보다 크다.

오답 바로 알기 ㄷ. 방출하는 에너지는 $n=2$ 에서 $n=1$ 로 전이할 때가 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때 보다 크다. $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$ 이므로 방출하는 빛의 파장은 (나)에서 (가)로 전이할 때가 (다)에서 (나)로 전이할 때보다 짧다.

02 ㄱ. 방출하는 에너지는 $n=2$ 에서 $n=1$ 로 전이할 때가 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때보다 크다. $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$ 이므로 방출하는 빛의 파장은 $\lambda_a > \lambda_b$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. E_3 에서 E_1 으로 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 $E_3 - E_1 = (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1)$ 이므로 $\frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda_a} + \frac{hc}{\lambda_b}$ 에서 $\lambda' = \frac{\lambda_a \lambda_b}{\lambda_a + \lambda_b}$ 이다.

ㄷ. 에너지 준위는 양자수가 클수록 크다. 따라서 전자의 에너지는 $n=1$ 일 때가 $n=3$ 일 때보다 작다.

03 ㄴ. $E_3 - E_1 = (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1)$ 이므로

$$\frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_2} + \frac{hc}{\lambda_3} \text{에서 } \lambda_1 = \frac{\lambda_2 \lambda_3}{\lambda_2 + \lambda_3} \text{이다.}$$

오답 바로 알기 ㄱ. 방출하는 에너지는 $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$ 이므로 가장 작은 에너지를 방출하는 a가 빛의 파장이 가장 길다.

ㄷ. a과정에서 방출하는 빛의 파장이 가장 길다. 따라서 a 과정에 해당하는 파장은 λ_3 이고, 빛에너지는 E_a 이다. b과정에서 방출하는 빛의 파장이 가장 짧으므로 해당하는 파장은 λ_1 이고, 빛에너지는 E_a 이

다. c과정에서 방출하는 빛의 파장은 λ_2 이고, 빛에너지는 E_β 이다. 따라서 $E_\beta = E_a - E_\gamma$ 이다.

04 ㄱ. 전자는 양자화된 에너지를 가지므로 에너지 준위는 불연속적이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 흡수하는 빛에너지는 $n=1$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때가 $n=2$ 인 상태에서 $n=3$ 인 상태로 전이할 때보다 크므로 E_a 는 E_b 보다 크다.

ㄷ. $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 E_b 를 흡수할 때 빛의 파장은 E_c 를 흡수할 때 빛의 파장보다 짧다.

05 ㄱ. 전자는 양자화된 에너지를 가지므로 에너지 준위는 불연속적이다.

오답 바로 알기 ㄴ. $E_3 - E_1 = (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1)$ 이므로

$$\frac{hc}{\lambda_3} = \frac{hc}{\lambda_1} + \frac{hc}{\lambda_2} \text{에서 } \lambda_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \text{이다.}$$

ㄷ. 광자 1개의 에너지는 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 파장에 반비례한다.

ㄹ. $n=3$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때가 $n=2$ 인 상태에서 $n=1$ 인 상태로 전이할 때보다 방출하는 빛에너지가 작으므로 광자 1개의 에너지는 λ_1 일 때가 λ_2 일 때보다 작다.

06 ㄱ. 전자가 가지는 에너지 준위는 불연속적이며, 양자화되어 있다.

ㄴ. 전자가 $n=3$ 인 상태에서 $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수는 $n=2$ 인 상태에서 $n=1$ 인 상태로 전이할 때와 $n=3$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때의 진동수의 합과 같다. 따라서 $f_A + f_B$ 이다.

ㄷ. 두 에너지 준위 차이만큼 빛으로 방출되므로 광자 1개의 에너지는 f_A 일 때가 f_B 일 때보다 크다.

07 ㄱ. 바닥 상태는 전자가 $n=1$ 인 궤도에 있는 상태이다.

ㄴ. 전자가 $n=1$ 인 낮은 에너지 준위에서 $n=2$ 인 높은 에너지 준위로 전이하려면 에너지를 흡수해야 한다.

오답 바로 알기 ㄷ. $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 진동수는 에너지에 비례한다.

ㄹ. $n=2$ 인 상태에서 $n=1$ 인 상태로 전이할 때의 에너지는 10.2 eV이고, $n=4$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때의 에너지는 2.55 eV이므로 진동수는 4배이다.

08 ㄷ. a 과정에서 방출되는 빛의 에너지가 가장 크므로 이때의 빛의 스펙트럼은 파장이 가장 짧은 λ_3 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전자가 가지는 에너지 준위는 양자수가 클수록 크므로 전자가 가지는 에너지는 $n=1$ 일 때가 가장 작다.

ㄴ. 방출하는 에너지는 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때가 $n=2$ 에서

$n=1$ 로 전이할 때보다 작다. 따라서 광자 1개가 갖는 에너지는 b가 c보다 작다.

09 ㄱ. (가)에서 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 파장이 짧아질수록 방출되는 광자 1개의 에너지는 크다.

ㄷ. 백열등에서 나오는 스펙트럼은 연속 스펙트럼이므로 (나)가 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼이다. (가)는 수소 원자에서 관측되는 스펙트럼이다.

오답 바로 알기 ㄴ. (가)는 수소 원자에서 전자가 전이할 때 관측되는 불연속적인 스펙트럼이므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

10 ㄷ. E에 해당하는 진동수는 f_5 , A에 해당하는 진동수는 f_3 , C에 해당하는 진동수는 f_5 이고, A 과정과 E 과정에서 방출되는 진동수의 합은 C 과정에서 방출되는 빛의 진동수의 합과 같으므로 $f_5 = f_3 + f_3$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. ㄴ. $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 진동수는 에너지에 비례한다. 양자수 차이가 클수록 방출하는 에너지가 크므로 C에 해당하는 진동수는 f_5 , D에 해당하는 진동수는 f_4 , E에 해당하는 진동수는 f_3 , A에 해당하는 진동수는 f_3 , B에 해당하는 진동수는 f_1 이다. 따라서 방출하는 광자 1개의 에너지는 A일 때가 E일 때보다 작다.

11 ㄴ. 떠튬은 도체인 구리보다 반도체인 실리콘이 크다.

ㄷ. 전기 전도성은 도체인 (가)가 가장 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. 떠튬의 간격이 가장 넓은 (나)가 절연체인 나무이고, 떠튬이 거의 없는 (가)는 도체인 구리, 중간에 해당하는 (다)가 반도체인 실리콘이다.

12 ㄱ. ㉠은 원자가떠와 전도떠 사이의 전자가 존재할 수 없는 에너지 간격으로, 떠튬(떠 간격)이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 구리는 전기 전도성이 나무보다 좋으므로 떠튬이 나무보다 작다.

ㄷ. 나무는 절연체이다. 전도떠에 전자가 채워져 있는 물질은 도체인 구리이다.

13 ㄱ. 에너지 구조가 떠의 구조를 가지므로 고체의 에너지떠 구조이다.

ㄷ. 떠튬이 작을수록 원자가떠의 전자가 전도떠로 쉽게 전이할 수 있으므로 전기 전도성이 좋다.

오답 바로 알기 ㄴ. 원자가떠에 있는 전자들의 에너지 준위는 파울리 배타 원리에 의해 모두 다르다.

5

반도체와 신소재

핵심 개념 체크

본문 74~75쪽

- 1 n형 2 p형 3 순방향, 흐른다 4 역방향, 흐르지 않는다
5 가까워지는, 멀어지는 6 정류, 증폭 7 컬렉터, 순방향, 역방향
8 초전도체 9 임계 온도 10 (1) × (2) ○ 11 강유전체
12 액정 13 걸리지 않으면, 걸리면 14 그래핀

출제 예상 문제

본문 76~78쪽

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

01 ㄴ. B는 양공이 많아지도록 도핑한 p형 반도체이므로 순수한 실리콘(Si)보다 전기 전도도가 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. A는 전도띠에 전자가 많으므로 n형 반도체이다. ㄷ. B는 p형 반도체이므로 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가하였다.

02 ㄱ. A에 걸린 전압이 순방향이므로 전원 장치의 양(+)극과 연결된 X는 p형 반도체이다.

오답 바로 알기 ㄴ. (나)에서 X는 p형 반도체이고, 역방향 전압이 걸렸으므로 a는 양(+)극이다.

ㄷ. B에 역방향 전압이 걸렸으므로 n형 반도체의 전자는 접합면에서 멀어지는 방향으로 이동한다.

03 ㄱ. 자석의 N극이 다가오므로 코일은 위쪽에 N극을 만들게 되고, 오른손 법칙을 적용하여 전류의 방향을 찾으면 다이오드에는 순방향 전압이 걸려 전류가 흐른다.

ㄴ. 자석의 아래쪽은 N극이고 코일의 위쪽은 N극이므로 코일이 만드는 코일 내부의 자기장의 방향은 자석의 운동 방향과 반대이다.

ㄷ. 자석의 극을 반대로 바꾸면 자석이 P점을 지날 때 다이오드에는 역방향 전압이 걸려 전류에는 불이 들어오지 않는다.

04 ㄱ. 스위치를 b에 연결하면 X가 연결된 다이오드에는 순방향 전압이 걸리므로 X와 Y는 모두 불이 켜진다.

ㄴ. 스위치를 a에 연결하였을 때 X가 불이 켜지지 않았으므로 X가 연결된 다이오드에는 역방향 전압이 걸려 있다. 따라서 A는 n형 반도체이다. n형 반도체는 주로 전자에 의해 전류가 흐른다.

ㄷ. A는 n형 반도체이므로 원자가 전자가 5개인 원소로 도핑한다.

05 ㄴ. n형 반도체의 전자가 p형 반도체의 양공과 결합할 때 빛이 방출된다.

ㄷ. 띠틈이 작을수록 작은 에너지가 방출된다. 적색이 에너지가 가

장 작으므로 띠틈이 가장 작은 발광 다이오드로 만들어진 것은 적색이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 순방향 전압이 걸려야 빛이 방출되므로 p형 반도체에는 양(+)극이, n형 반도체에는 음(-)극이 연결되어 있다. 따라서 전류의 방향은 b이다.

06 ㄱ, ㄴ. 빛이 방출되고 있으므로 발광 다이오드에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 A는 n형 반도체이고, B는 p형 반도체이다. ㄷ. B는 p형 반도체이므로 양공이 많아지도록 도핑되었다.

07 ㄴ. A와 B 모두 빛이 방출되고 있으므로 n형 반도체의 전자가 p형 반도체의 양공과 결합한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 빛이 방출되고 있으므로 발광 다이오드에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 전류의 방향은 b이다.

ㄷ. B는 파란색 빛이고, 파란색은 빨간색보다 빛에너지가 더 크므로 전자가 더 큰 띠틈을 전이하여 양공과 결합한 것이다. 따라서 B는 A보다 더 큰 띠틈으로 만들어진 발광 다이오드이다.

08 ㄱ. 이미터와 베이스 사이의 전압은 순방향이어야 하므로 A는 p형 반도체이고, B는 n형 반도체이다.

ㄴ. 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸려야 한다. 즉, B와 C 사이에는 역방향 전압이 걸려 있다.

ㄷ. 전하량은 보존되므로 이미터로 들어간 전류는 베이스와 컬렉터로 나간 전류의 합과 같아야 한다. 따라서 $I_1 = I_2 + I_3$ 이다.

09 ㄷ. 다이오드는 p-n 접합 구조이며, 트랜지스터는 p-n-p형과 n-p-n형이 있다.

오답 바로 알기 ㄱ, ㄴ. A를 지난 전기 신호는 정류되었고, B는 지난 전기 신호는 증폭되었으므로 A는 다이오드이고, B는 트랜지스터이다.

10 초전도체는 임계 온도 이하에서 외부 자기장을 밀어내는 성질이 있기 때문에 자석 위에 뜨게 된다. 이러한 현상을 마이스너 효과라고 하며, 극을 바꾸어도 외부 자기장을 밀어내므로 떠 있게 된다. 이러한 현상은 자기 부상 열차나 MRI 등에 이용된다.

11 ㄱ, ㄴ. 특정 온도에서 외부 자기장을 밀어내는 초전도 현상을 보이는 신소재는 초전도체이며, 이때 초전도체는 외부 자기장과 반대 방향의 자기장을 만든다.

오답 바로 알기 ㄷ. 초전도체는 임계 온도 이하에서 초전도 현상을 보이므로 물체의 온도는 임계 온도보다 낮다.

12 ㄱ. 액정은 고체와 액체의 중간 성질을 갖는다.

ㄴ. 전압이 걸리면 액정 분자들이 한쪽 방향으로 정렬하여 빛을 차단시킨다.

ㄷ. 편광판을 지난 빛은 편광된 빛이다.

대단원 **종합** 문제

본문 79~84쪽

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

01 ㄷ. (나)에서 B를 제거하면 직선 상에 놓여 있는 음(−)전하인 A와 C로 인해 p점에서 전기장의 방향은 +x 방향이다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)에서 p점에서 거리가 더 먼 B에 의한 전기장이 나타나므로 B는 양(+)전하이다.

ㄴ. p점에서 전기장이 0이라면 C에 의한 전기장은 오른쪽이 되어야 하므로 C는 음(−)전하이다.

02 ㄱ. 연직선과 이루는 각이 (가)에서 (나)에서보다 크므로 전기력의 크기는 (가)에서 (나)에서보다 크다.

ㄷ. 전기력의 크기는 전하량의 곱에 비례하므로 전하량의 크기는 B가 C보다 크다.

오답 바로 알기 ㄴ. (가)에서 A와 B는 서로 당기므로 전하의 종류가 다르고, (나)에서 A와 C는 밀어내므로 전하의 종류가 같다. 따라서 B와 C는 다른 종류의 전하로 대전되어 있다.

03 ㄴ. 전기력선의 수가 같으므로 전하량의 크기는 A와 B가 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. q점에서 전기장의 방향이 +x 방향이므로 A는 양(+)전하이므로, B는 음(−)전하이다.

ㄷ. 전기력선의 간격이 좁을수록 전기장이 세다. 따라서 전기장의 세기는 p점이 q점보다 약하다.

04 (가)에서 B는 A를 밀어내므로 양(+)전하로 대전되어 있고, (나)에서 C는 A를 당기므로 음(−)전하로 대전되어 있다. 전기력은 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 이고, (가)와 (나)에서 두 전하 사이의 거리가 같으므로 전하량은 B가 C의 2배이다. 따라서 이에 해당하는 전기력선 분포는 ⑤이다.

05 ㄱ. (나)에서 P가 금속구를 밀어내므로 P는 유전 분극 상태가 계속 남아 있는 강유전체이다.

ㄴ, ㄷ. (가)에서 오른쪽 방향으로 전기장이 형성되어 있으므로 P의 오른쪽이 양(+)으로 대전되어 있다. (나)에서 A가 밀어내는 힘을 받았으므로 A는 양(+)전하로 대전되어 있고, P와 A 사이에는 밀어내는 전기력이 작용한다.

06 ㄱ. a점에서 자기장이 0이므로 a점에서 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이어야 한다. 따라서 오른손 법칙을 적용하면 도선에 흐르는 전류의 방향은 +y 방향이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 도선에 흐르는 전류의 방향이 +y 방향이므로 b점에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄷ. 도선에 흐르는 전류의 방향을 반대로 하면 b점에서 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이 된다. b점은 a점보다 도선과 떨어진 거리가 가까우므로 두 자기장을 합성할 때 a점보다 자기장의 세기는 세다. 따라서 b점에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

07 ㄴ. 직선 도선을 a 방향으로 이동시키면 P점과 거리가 가까워지므로 P점에서 전류에 의한 자기장의 세기는 증가한다.

ㄷ. 직선 도선을 b 방향으로 이동시키면 직선 도선과 P점은 멀어지므로 P점에서 직선 도선에 의한 자기장의 세기는 약해진다. 따라서 P점에서 전류에 의한 자기장의 방향은 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향인 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 P점에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 P점에서 자기장이 0이라면 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 P점에서 종이면에 수직으로 들어가는 방향이 되어야 한다. 따라서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은 오른손 법칙에 따라 -y 방향이다.

08 ㄱ. A에 흐르는 전류에 의해 A의 오른쪽은 S극이 된다. 따라서 자석이 정지해 있으면 B로부터 밀어내는 힘을 받아야 한다. 즉, B의 왼쪽이 N극이 되어야 하므로 B에 흐르는 전류의 방향은 A와 같다.

ㄷ. I_1 을 크게 하면 B가 밀어내는 힘이 커지므로 자석은 A쪽으로 운동한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 자석이 정지해 있으므로 B는 자석에 밀어내는 힘을 작용해야 한다.

09 ㄱ. (가)에서 강자성체와 상자성체가 자기장이 형성된 영역에 놓여 있으므로 강자성체와 상자성체는 모두 자기화되어 있다.

ㄷ. (다)에서 강자성체는 계속 자기화를 유지한다. 강자성체의 오른쪽이 N극으로 자기화되어 있으므로 나침반 자침의 N극은 q방향으로 회전하게 된다.

오답 바로 알기 ㄴ. (나)에서 상자성체는 자기장 영역에서 벗어나면 자기화가 사라지므로 나침반 자침의 N극은 회전하지 않는다.

10 ㄱ, ㄷ. θ 가 증가하려면 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장이 커져야 한다. 따라서 I 를 증가시키거나 코일의 단위 길이당 감은 수를 증가시켜야 한다.

오답 바로 알기 ㄴ. I 의 방향을 반대로 바꾸면 나침반 자침의 N극이 동쪽으로 회전할 뿐 θ 는 변하지 않는다.

11 ㄱ. N극이 코일에 다가오므로 코일은 위쪽에 N극을 만들고, 오른손 법칙을 적용하면 코일에 흐르는 전류의 방향은 $a \rightarrow \odot \rightarrow b$ 이다.

ㄴ, d 가 클수록 자석에 접근하는 속력이 커지고, 단위 시간당 자속 변화가 크므로 코일에 흐르는 전류의 세기의 최댓값은 커진다.

오답 바로 알기 ㄷ, 코일은 위쪽에 N극을 만들므로 자석에 밀어내는 자기력을 작용한다. 따라서 자기력의 방향과 자석의 운동 방향은 반대이다.

12 ㄴ, 3~4초 사이에는 A의 전류가 일정하므로 B에는 자속의 변화가 생기지 않아 전류가 흐르지 않는다.

오답 바로 알기 ㄱ, A에 흐르는 전류에 의해 P점에서는 종이면에서 수직으로 나오는 자기장이 나타난다. 1초일 때 A의 전류는 증가하므로 B를 통과하는 자속도 증가한다. 따라서 B에는 증가하는 자속을 방해하기 위해 오른손 법칙에 따라 시계 방향으로 전류가 흐른다. ㄷ, A에 흐르는 전류는 0~3초까지 증가하고, 4~6초까지는 감소하므로 자속도 0~3초까지 증가하고, 4~6초까지는 감소한다. 따라서 자속의 변화가 반대이므로 B에 흐르는 전류의 방향은 2초일 때와 5초일 때가 반대이다.

13 도선에 흐르는 전류의 방향이 $a \rightarrow R \rightarrow b$ 인 경우가 되려면 오른손 법칙에 따라 정사각형 도선을 통과하는 자속이 증가해야 한다. 자속이 증가하려면 정사각형 도선이 $+x$ 방향으로 운동하거나 자기장의 세기가 증가해야 한다. 정사각형 도선을 $+y$ 방향이나 $-y$ 방향으로 운동시키면 자속의 변화가 없으므로 전류가 흐르지 않는다.

14 ㄱ, A를 통과하는 자속이 증가하므로 A에는 자속을 감소시키는 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 A에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.

ㄷ, A와 B에 흐르는 전류의 방향이 같으므로 B에도 자속이 증가하여야 한다. 따라서 자기장의 방향은 영역 I과 영역 II가 같다.

오답 바로 알기 ㄴ, B의 속력이 A보다 크므로 도선에 흐르는 전류의 세기는 B가 A보다 크다.

15 ㄱ, A, B, C는 모두 자속이 증가하므로 유도되는 전류의 방향은 시계 반대 방향으로 모두 같다.

ㄴ, 자기장 영역에 도선 전체가 들어가는 시간은 B가 가장 길다. 따라서 자속의 변화가 일어나는 시간도 B가 가장 길므로 유도 전류가 흐르는 시간도 B가 가장 길다.

ㄷ, 도선에 흐르는 전류의 세기는 같은 시간 동안 자속의 변화가 가장 큰 C가 가장 크다.

16 ㄴ, $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 λ_2 일 때가 λ_1 일 때보다 더 큰 에너지를 방출한다. 따라서 $\lambda_1 > \lambda_2$ 이다.

ㄷ, $E_3 - E_1 = (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1)$ 이므로 $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_1} + \frac{hc}{\lambda_2}$

에서 $\lambda = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ, 양자수가 작을수록 에너지 준위는 낮다. 따라서

전자가 $n=2$ 인 궤도에서 $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 전자의 에너지 준위는 감소한다.

17 ㄱ, λ_1 은 가장 짧은 파장이므로 에너지 준위 차이가 가장 클 때이다. 따라서 전자가 $n=3$ 인 궤도에서 $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 빛의 파장이다.

ㄴ, λ_2 는 가장 긴 파장이므로 전자가 $n=3$ 인 궤도에서 $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출된다. 따라서 이때 방출되는 빛에너지는 $E_3 - E_2$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ, 전자가 $n=2$ 에서 $n=1$ 로 전이할 때 방출하는 빛의 파장은 $E_2 - E_1 = (E_3 - E_1) - (E_3 - E_2)$ 이므로

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2} \text{에서 } \lambda = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \text{이다.}$$

18 ㄱ, 전기력은 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고, 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 전자가 $n=1$ 인 궤도에 있을 때 원자핵과 전자 사이의 거리가 가장 가까우므로 원자핵과 전자 사이에 작용하는 힘이 가장 크다.

ㄴ, 두 에너지 준위 차이가 클수록 흡수하거나 방출하는 빛에너지는 크다. 따라서 E_2 는 E_0 보다 크다.

ㄷ, 전자가 $n=2$ 인 궤도에서 $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 방출하는 에너지가 E_1 이므로 전자가 $n=1$ 인 궤도에서 $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 흡수하는 에너지의 크기도 E_1 이다.

19 ㄱ, 전지의 극에 상관없이 계속 불이 들어오는 전구에 연결된 A는 도체이다.

ㄴ, 전지의 극이 바뀌었을 때 불이 들어온 전구와 연결된 B는 순방향 전압이 걸려 불이 켜진 것이므로 다이오드이고, 전류 작용을 할 수 있다.

오답 바로 알기 ㄷ, C는 절연체이므로 락튠은 C가 B보다 크다.

20 ㄱ, X에 연결된 전구에 불이 들어왔으므로 X에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 X의 p형 반도체는 태양 전지의 p형 반도체와 연결되어야 하므로 태양 전지의 A는 n형 반도체이다. Y에 연결된 전구에는 불이 들어오지 않았으므로 Y에는 역방향 전압이 걸려 있다. 따라서 B는 n형 반도체이다. 즉, A와 B는 같은 종류의 반도체이다.

ㄷ, Y와 연결된 전구에는 불이 들어오지 않았으므로 Y에는 역방향 전압이 걸려 있다.

오답 바로 알기 ㄴ, X에는 순방향 전압이 걸려 있으므로 n형 반도체의 전자는 접합면으로 이동한다.

21 ㄱ, 전기력은 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 이다. p점에서 A와 B에 의한 전기장이 0이므로 B는 양(+)전하이므로, 전하량의 크기는 B가 A의 4배이다.

오답 바로 알기 ㄴ. p점에서 A, B에 의한 전기장이 0이므로 B는 양(+)전하이므로, q점에서 A, B, C에 의한 전기장이 0이므로 C는 음(-)전하이므로. 따라서 B와 C는 다른 종류의 전하이므로.

ㄷ. C는 음(-)전하이므로 p점에서 C에 의한 전기장의 방향은 +x 방향이다.

22 ㄱ, ㄷ. 자석이 화살표 방향으로 운동하면 N극이 다가오므로 코일은 자석이 다가오지 못하도록 위쪽에 N극을 만들어 밀어내는 힘을 작용한다. 따라서 코일이 자석에 작용하는 힘의 방향은 자석의 운동 방향과 반대이다. 또한, A에 순방향 전압이 걸렸으므로 오른손 법칙을 적용하면 X는 n형 반도체이다.

ㄴ. X가 n형 반도체이므로 B에는 역방향 전압이 걸린다. 따라서 B의 p형 반도체의 양공은 접합면에서 멀어진다.

23 ㄴ. a에 연결할 때 전구에 불이 들어왔으므로 P와 R에는 순방향 전압이 걸린다.

오답 바로 알기 ㄱ. P와 R에 순방향 전압이 걸리므로 A는 p형 반도체이고, B는 n형 반도체이다. n형 반도체는 전자가 많아지도록 도핑되었다.

ㄷ. 스위치를 b에 연결하면 Q에는 역방향 전압이 걸리므로 전구에는 불이 들어오지 않는다.

24 ㄱ. B는 초전도 현상을 보이고 있으므로 전기 저항은 0이다.

ㄷ. A는 T_0 에서 초전도 현상이 나타나지 않으므로 A의 임계 온도는 T_0 보다 낮다. 따라서 A의 그래프는 Y이다.

오답 바로 알기 ㄴ. B의 온도가 T_0 보다 작아져도 임계 온도 이하이므로 B는 자석 위에 떠 있다.

서술형 문제

본문 85쪽

1 같은 종류의 전하 사이에는 밀어내는 힘이 작용하며, 다른 종류의 전하 사이에는 당기는 힘이 작용한다.

예시답안 금속박에서 금속판으로 전자가 이동하여 금속판에는 음(-)전하가 유도되고, 금속박에는 양(+)전하가 유도된다.

채점 기준	배점
금속박에서 금속판으로 전자가 이동함을 설명하여 각 판의 대전 상태를 설명한 경우	100 %
금속박과 금속판의 대전 상태만 설명한 경우	70 %
전자의 이동만 설명한 경우	30 %

2 오른손으로 도선을 감아쥐었을 때 엄지손가락이 가리키는 방향이 전류의 방향이고, 감아쥐는 네 손가락의 방향이 자기장의 방향이다. 자기장의 세기는 도선으로부터 멀어질수록 작아진다.

예시답안 화살표 방향으로 전류가 흐르면 A의 자침의 N극은 서쪽으로, B의 자침의 N극은 동쪽으로 회전한다. 회전하는 정도는 자기장의 세기에 비례한다. 도선으로부터 더 가까운 B의 자기장의 세기가 더 세므로 B의 자침이 더 많이 회전한다.

채점 기준	배점
A, B의 자침의 N극의 회전 방향과 회전하는 정도를 모두 옳게 설명한 경우	100 %
A, B의 자침의 N극이 회전하는 정도만 옳게 설명한 경우	70 %
A, B의 자침의 N극의 회전 방향만 옳게 설명한 경우	30 %

3 자속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 생긴다. 에너지의 총량은 보존되지만 형태가 다른 에너지로 전환될 수 있다.

예시답안 자석이 코일 위를 지나면 자속이 변하여 유도 전류가 흐른다. 자석이 다가올 때와 멀어질 때 자속의 변화가 반대이므로 검류계의 바늘은 좌우로 진동하게 된다. 또한 자석의 역학적 에너지가 전기 에너지로 계속 전환되므로 자석이 코일을 지날 때의 속력은 점점 줄어들고 진폭도 줄어든다. 따라서 단위 시간당 자속의 변화도 줄어들어 전류의 세기는 점점 줄어든다.

채점 기준	배점
전류의 방향과 세기 변화를 자속의 변화와 에너지 보존으로 설명한 경우	100 %
전류의 방향 및 세기 변화만을 설명한 경우	50 %

4 피침이 좁을수록 원자가피의 전자가 쉽게 전도띠로 이동할 수 있다. 이러한 피침을 기준으로 도체, 절연체, 반도체의 전기 전도성이 결정된다.

예시답안 도체는 피침이 반도체나 절연체에 비해 매우 작거나 없기 때문에 원자가피의 전자가 전도띠로 쉽게 올라갈 수 있어서 전류가

잘 통한다. 그러나 절연체는 띠틈이 매우 커서 전자가 잘 올라갈 수 없으므로 전류가 잘 통하지 않는다. 반도체는 띠틈이 도체와 절연체의 중간 정도로, 도체보다 전류가 잘 흐르지 못하지만 절연체보다는 잘 흐른다.

채점 기준	배점
띠틈의 간격과 원자가띠에서 전도띠로 전자가 이동할 때의 특성을 언급하여 도체, 반도체, 절연체를 설명한 경우	100 %
띠틈만으로 도체, 반도체, 절연체를 설명한 경우	50 %

5 원자가 전자가 4개인 실리콘에 원자가 전자 3개 또는 5개인 원소를 도핑하면 양공이나 (과잉) 전자가 생기게 되어 전기 전도성이 좋은 반도체가 된다.

예시답안 (1) (가)는 n형 반도체이고, (나)는 p형 반도체이다.
(2) (가)는 Si(실리콘)에 원자가 전자가 5개인 As(비소)를 첨가하여 전자가 많아지도록 도핑한 반도체이고, (나)는 Si(실리콘)에 원자가 전자가 3개인 Ga(갈륨)를 첨가하여 양공이 많아지도록 도핑한 반도체이다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)를 모두 설명한 경우	100 %
(1)과 (2) 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	70 %
(1)과 (2) 중 일부분만 설명한 경우	30 %

수능 맛보기

본문 86~87쪽

기출1 ⑤	1 ②	기출2 ⑤	2 ⑤
기출3 ②	3 ⑤	기출4 ④	4 ③

기출1 ㄱ, ㄴ. 금속판은 대전체와 다른 종류의 전하로 대전되고, 금속막은 대전체와 같은 종류의 전하로 대전되므로 (가)에서 대전된 전하의 종류는 대전체와 금속막이 같다. 또한, 대전된 전하의 종류는 대전체와 금속판이 반대이므로 (가)에서 대전체와 금속판 사이에는 당기는 전기력이 작용한다.

ㄷ. 대전체를 금속판에 접촉시키면 금속판과 금속막 모두 대전체와 같은 종류의 전하로 대전된다. 따라서 금속막은 떨어져 있다.

1 ㄷ. B를 금속판에 접촉시키면 B의 음(-)전하가 검전기로 이동하여 금속판과 금속막은 모두 B와 같은 음(-)전하로 대전된다. 따라서 금속막은 벌어진다.

오답 바로 알기 ㄱ, ㄴ. A를 금속판에 가까이 하면 정전기 유도에 의해 금속판에는 A와 다른 종류의 전하인 음(-)전하가 유도되고, 금속막에는 같은 종류의 전하인 양(+)전하가 유도된다. 따라서 A와 금속판 사이에는 당기는 전기력이 작용하고, 금속막은 벌어진다.

기출2 ㄱ. (나)에서 B를 원형 도선에 통과시킬 때 원형 도선에 전류가 흐르므로 B는 강자성체이고, (다)에서 B와 C 사이에 척력이 작용하므로 C는 반자성체이다. 따라서 A는 상자성체이고, 원형 도선에 통과시켜도 원형 도선에 유도 전류가 발생하지 않으므로 ㉠은 ×이다.

ㄴ. A는 상자성체이고, B는 강자성체이므로 A는 B에 의한 자기장의 방향으로 자기화되어 A와 B 사이에는 인력이 작용한다. 따라서 ㉡은 인력이다.

ㄷ. C는 반자성체이므로 (가)에서 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.

2 ㄱ. 균일한 자기장 속에서 강자성체는 자기장과 같은 방향으로 자기화되고, 반자성체는 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 따라서 (가)에서 상자성체와 A는 서로 당기는 힘을 작용하므로 자기화의 방향이 같고, (나)에서 상자성체와 B는 서로 밀어내는 힘을 작용하므로 자기화의 방향이 반대이다. 따라서 A는 강자성체이고, B는 반자성체이다.

ㄴ. (가)에서 균일한 자기장을 없애도 강자성체인 A는 자기화가 유지되므로 상자성체는 A의 자기장에 의해 자기화가 일어난다. 따라서 상자성체와 A 사이에는 당기는 자기력이 작용한다.

ㄷ. 자기장을 없애도 A는 강자성체이므로 자기화를 유지하게 된다. 따라서 A와 B를 가까이 하면 B는 반자성체이므로 A의 자기장에 의해 반대 방향으로 자기화되어 A와 B 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

기출3 ② 수소 기체 방전관에서 나오는 빛은 밝은 선이 띄엄띄엄

나타나는 방출 선 스펙트럼이므로 C이다.

오답 바로 알기 ① LCD 화면에서 나오는 빛의 스펙트럼은 빨강, 초록, 파랑의 빛의 3원색이므로 특정 영역이 나타나는 D이다.

③ 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼은 연속 스펙트럼이므로 A이다.

④ 저온 기체관을 통과한 백열등 빛의 스펙트럼은 특정한 파장의 빛만 흡수된 흡수 선 스펙트럼이므로 B이다. B는 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼인 C와 나타나는 선의 위치가 다르므로 저온 기체관에 들어 있는 기체는 수소가 아니다.

⑤ C의 선이 띄엄띄엄 나타나므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

3 나. 고전압이 걸린 방전관의 수소 기체로부터 방출된 빛으로 인해 나타난 스펙트럼이므로 방출 스펙트럼이다.

다. 간격이 불연속적으로 나타나는 것으로 보아 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적임을 알 수 있다.

오답 바로 알기 가. 햇빛을 프리즘에 통과시켰을 때 나타나는 스펙트럼은 연속 스펙트럼이다.

기출 4 나. 실리콘(Si)에 a를 첨가한 반도체는 n형 반도체이므로 a의 원자가 전자는 5개이다.

다. 다이오드에 순방향 전압을 걸어 주면 다이오드에 전류가 흐르므로 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

오답 바로 알기 가. 고체를 구성하는 원자의 에너지 준위는 영향을 주는 원자의 수만큼 미세하게 변한다. 따라서 원자가띠에 있는 전자의 에너지는 미세한 에너지 준위의 차이가 있으므로 에너지가 모두 다르다.

4 가. 띠틈에는 전자가 존재할 수 없다.

나. (나)에서 전구에 불이 켜졌으므로 p-n 접합 다이오드에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 A는 p형 반도체이고, B는 n형 반도체이다. n형 반도체는 원자가 전자가 5개인 불순물을 첨가하여 전자가 많아지도록 만든 반도체이다.

오답 바로 알기 다. (나)에서 순방향 전압이 걸렸으므로 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

1 소리의 특징과 성질

핵심 개념 체크

본문 90~91쪽

- 1** 진동, 에너지 **2** (1) - ㉠, ㉡ (2) - ㉠, ㉡, ㉢ **3** 0.5 m
4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **5** 속력, 파장 **6** 굴절
7 길, 줄을 **8** 초음파 **9** (1) - ㉢ (2) - ㉠ (3) - ㉠

출제 예상 문제

본문 92~94쪽

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

01 가. 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하므로 종파이다.

오답 바로 알기 나. 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란한 종파의 예로는 지진파의 P파, 음파, 초음파 등이 있다. 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직인 횡파의 예로는 지진파의 S파, 전자기파 등이 있다.

다. 파동이 진행할 때 매질은 파동과 함께 이동하지 않고 제자리에서 진동만 한다.

02 ① 진폭은 진동의 중심으로부터 마루까지의 거리 또는 골까지의 거리이다. 따라서 이 파동의 진폭은 3 m이다.

오답 바로 알기 ② 파장은 마루에서 이웃한 마루까지의 거리 또는 골에서 이웃한 골까지의 거리이다. 또는 파동이 한 번 진동할 때의 파동의 거리를 의미한다. 파동이 1.5번 진동할 때 파동의 길이가 12 m이므로 이 파동의 파장은 8 m이다.

③ 주기는 한 번 진동하는 데 걸리는 시간이다. A점이 C점으로 내려가는 데 4초가 걸렸으므로 다시 A점으로 오는 데 걸리는 시간은 4초의 4배인 16초이다. 따라서 주기는 16초이다.

④ 진동수는 1초 동안 진동한 횟수이며, 주기와 역수 관계이다. 따라서 진동수는 $\frac{1}{16}$ Hz이다.

⑤ 매질은 파동과 함께 이동하지 않고 제자리에서 진동만 하므로 A 점은 4초 후 C점으로 이동한다.

03 이 파동의 파장은 8 m이고, 주기는 16초이므로 파동의 속력은 $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{8 \text{ m}}{16 \text{ s}} = 0.5 \text{ m/s}$ 이다.

04 변위-시간 그래프에서 파동의 진폭이 3 cm, 주기가 4초임을 알 수 있고, 진동수는 주기의 역수이므로 $\frac{1}{4}$ Hz이다.

05 ③ A와 B는 1초 동안 진동한 횟수가 같으므로 진동수는 A와 B가 서로 같다.

오답 바로 알기 ①, ② A와 B의 진폭은 같고, B의 파장은 A의 2배이다.

④ $\text{속력} = \frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \text{파장} \times \text{진동수}$ 에서 진동수가 같으므로 속력은 파장에 비례한다. 따라서 파동의 속력은 B가 A의 2배이다.

⑤ 한 번 진동하는 데 걸린 시간인 주기는 A와 B가 같다.

06 2초 후에 처음과 같은 모습의 파동이 되었으므로 파동의 주기는 2초이고, 파장은 4 cm이다. 파동의 전파 속력 = $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{4 \text{ cm}}{2 \text{ s}} = 2 \text{ cm/s}$ 이다.

07 ⑤ 주기가 12초이고, 파장은 6 m이므로 파동의 속력 = $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{6 \text{ m}}{12 \text{ s}} = 0.5 \text{ m/s}$ 이다.

오답 바로 알기 ①, ② A는 마루, B는 골이며, 진폭은 5 m이다.

③, ④ 파장은 6 m이고, 진동수는 $\frac{1}{12}$ Hz이다.

08 ㄱ. 진폭은 진동의 중심에서 마루 또는 골까지의 거리이므로 1 m이다.

ㄴ. 주기가 4초이므로 진동수는 주기의 역수, 즉 $\frac{1}{4} \text{ Hz} = 0.25 \text{ Hz}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 주어진 그래프에서 파장은 알 수가 없다.

09 ㄴ, ㄷ. 동일한 매질에서 파동의 속력은 변하지 않으므로 파동의 속력 = 진동수 \times 파장에 의해 진동수가 커질 때 파장은 감소하며, 진동수와 역수 관계인 주기도 감소한다.

오답 바로 알기 ㄱ, ㄹ. 진동수가 커지더라도 동일 매질에서 파동의 속력은 변하지 않으며, 진폭도 변화가 없다.

10 ㄱ. (가)의 파장은 1.2 m, (나)의 파장은 0.75 m이므로 파장은 (가)가 (나)보다 길다.

ㄷ. (가)는 횡파, (나)는 종파이며, 소리는 종파의 형태로 전달된다.

오답 바로 알기 ㄴ. (가)와 (나)의 진동수는 동일하므로, 파동의 속력 = 진동수 \times 파장에 의해 파동의 속력은 파장에 비례한다. 따라서 파장이 긴 (가)가 (나)보다 파동의 속력이 빠르다.

11 ① 소리는 물체의 진동으로 발생한다.

오답 바로 알기 ② 소리는 매질이 반드시 필요하다.

③ 매질이 없는 진공에서는 소리가 전달되지 않는다.

④ 소리의 속력은 공기 중에서보다 물속에서 더 빠르다.

⑤ 소리는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 서로 나란한 종파이다.

12 ㄱ. 소리가 진행하는 도중 매질이 달라지면 소리의 속력도 달라진다.

ㄴ. 진동수는 파원에 의해 결정되며, 소리가 진행하는 도중에는 진동수가 변하지 않는다.

오답 바로 알기 ㄷ. 파장이 길수록 회절 현상이 잘 일어나므로, 높은 음의 소리보다 낮은 음의 소리가 회절이 더 잘 일어난다.

ㄹ. 소리는 진공에서는 전달되지 않으며, 소리의 속력은 고체 > 액체 > 기체 순이다.

13 ㄱ, ㄴ, ㄷ. 낮에는 지면이 상공에 비해 공기의 온도가 높아 소리의 속력이 빠르며, 소리의 파장이 길다.

오답 바로 알기 ㄹ. 소리가 진행하는 동안 진동수는 변하지 않는다.

14 (가) 근정전의 회랑은 임금님의 소리가 반사되어 신하들에게 잘 들리도록 해 준다.

(나) 밤에 소리의 진행 방향이 아래쪽으로 휘어지는 것은 소리의 굴절 때문이다.

(다) 담 너머에서 대화하는 소리가 들리는 것은 소리의 회절 때문이다.

15 ㄴ. (가)와 (나)는 동일한 높이의 음이므로 진동수가 같고, 주기도 같다.

ㄷ. 소리는 모두 종파의 형태로 전달된다.

오답 바로 알기 ㄱ. 소리의 맵시는 파형에 의해 결정되며, (가)와 (나)는 소리의 파형이 달라 다르게 들린다.

16 진폭이 클수록 큰 소리가 나고, 진동수가 클수록 높은 소리가 난다. 따라서 진폭이 가장 큰 C가 가장 큰 소리이고, 진동수가 가장 큰 B가 가장 높은 소리이다.

17 ④ A(초음파)와 B(소리)는 모두 매질의 진동으로 파동이 전달된다.

오답 바로 알기 ① 진동수는 A가 B보다 크다.

② 파장이 길수록 회절이 잘 일어난다. 파장은 B가 A보다 길므로 B가 A보다 회절이 더 잘 된다.

③ 진공 속에서는 A와 B 모두 전달되지 않는다.

⑤ 초음파, 소리와 같은 음파는 공기 중보다 물속에서 더 빨리 진행한다.

2

소리와 악기

핵심 개념 체크

본문 95~96쪽

- 1 간섭 2 (1) - ㉠, ㉡ (2) - ㉢ 3 배, 마디 4 (1) × (2) ○
5 (1) × (2) ○ 6 공명 7 1 : 2

출제 예상 문제

본문 97~98쪽

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

01 파동의 독립성에 의해 두 펄스가 중첩된 후 다시 분리되어 처음 모습을 그대로 유지한 채 처음과 같은 방향으로 진행한다.

02 •영희 : 소음을 제거할 때는 상쇄 간섭을 이용하여 진폭을 줄인다.

오답 바로 알기 •철수 : 진폭이 클수록 큰 소리가 난다.

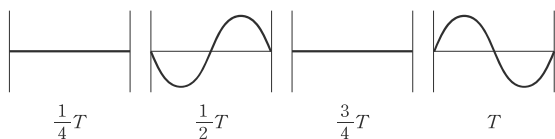
•민수 : 두 파동의 마루와 골이 만나 중첩되면 상쇄 간섭이 일어나 진폭이 작아진다.

03 ㄴ. 진폭이 각각 2 cm, 1 cm인 두 파동이 만나 합성된 파동의 최대 진폭은 3 cm이다.

ㄷ. 두 파동의 중첩이 끝나면 파동의 독립성에 의해 원래의 파형대로 진행한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 마루와 마루, 또는 골과 골이 만날 때는 보강 간섭이 일어나지만 마루와 골이 만날 때는 상쇄 간섭이 일어난다.

04 주기를 T 라 할 때, 시간에 따른 정상파의 모습은 다음과 같다.



05 정상파의 파장이 2 m이므로 $v = f\lambda$ 에서 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340 \text{ m/s}}{2 \text{ m}} = 170 \text{ Hz}$ 이다.

06 ㄱ. x 는 파장을 의미하므로 4 m이다.

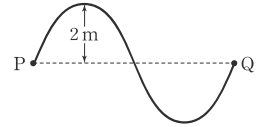
ㄴ. 속력이 1 m/s이고 파장이 4 m이므로 $v = \frac{\lambda}{T}$ 에서

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{4 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 4 \text{ s} \text{이다.}$$

ㄷ. P와 Q 사이에는 마디가 1개 존재한다.

07 주기가 4초이므로 $\frac{1}{2}$ -주기인 2초

후 정상파의 모습은 그림과 같다.



08 ④ (가), (나), (다)의 파장은 각각 $2L$, L , $\frac{2L}{3}$ 이다. 따라서 (가), (나), (다)에서 정상파 파장의 비는 6 : 3 : 2이다.

09 ㄱ. 정상파의 파장은 (가)에서가 $4L$, (나)에서가 L 이므로 (가)에서가 (나)에서의 4배이다.

ㄴ. 공기의 온도가 같으므로 정상파의 속력은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

ㄷ. 정상파의 속력이 같으므로 $v = f\lambda$ 에서 파장과 진동수는 반비례한다. 따라서 진동수는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다. 관에서 발생한 소리의 높이는 진동수에 의해 결정되므로, (나)에서가 (가)에서보다 높은 소리가 발생한다.

10 A, B, C의 파장은 각각 $4L$, $\frac{4L}{3}$, $\frac{4L}{5}$ 이므로 A, B, C의 파장의 비는 15 : 5 : 3이다. 세 관 속의 공기의 온도가 같으므로 A, B, C의 속력은 같고, 진동수는 파장에 반비례한다. 따라서 A, B, C의 진동수의 비는 1 : 3 : 5이다.

11 ④ 병 속의 정상파는 간섭에 의해 만들어진다.

오답 바로 알기 ①, ② 정상파의 파장은 a 가 b 보다 길고, 병 속 공기의 온도는 같으므로 속력은 a , b 가 동일하다.

③ 속력이 같을 때 파장과 진동수는 반비례하므로, 진동수는 b 가 a 보다 크다.

⑤ a , b 의 끝에 마디가 생긴 것으로 보아 관의 한쪽 끝이 닫혀 있음을 알 수 있다.

12 ㄱ. 관악기는 관 내부의 공기의 공명을 이용하여 소리를 낸다.

오답 바로 알기 ㄴ. 관의 길이가 길수록 파장이 길어지므로 진동수는 작아지며, 이때 낮은 음의 소리가 난다.

ㄷ. 소리의 속력은 관의 길이와는 무관하며, 매질인 공기의 온도와 관계있다.

13 ② a , c , d 는 줄의 길이와 관계있는 각각의 고유 진동수를 가지고 있다.

오답 바로 알기 ①, ④ 줄의 길이가 같으면 진자의 질량, 진폭에 관계없이 주기가 같다. 따라서 b , e 의 주기는 같으며, 진동수도 같다.

③ b , e 는 고유 진동수가 같으므로 b 의 진동이 e 에 공명을 일으켜 e 가 큰 진폭으로 진동하게 된다.

⑤ a , c , d 의 길이를 b 와 같게 하면 a , c , d 에도 공명 현상이 일어나 큰 진폭으로 진동하게 된다.

14 ③ (가)의 주기는 T 이고, (나)의 주기는 $\frac{T}{2}$ 이므로 (나)의 주기

는 (가)의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

오답 바로 알기 ①, ②, ④ (가)의 주기는 T , (다)의 주기는 $\frac{2T}{3}$

이므로 진동수의 비는 (가):(다)=1:1.5이다. 따라서 (가)의 음은 '도' 이므로 (다)의 음은 '솔' 이다.

⑤ (가)와 (나)의 진동수의 비는 1:2이므로 (가)와 (나)의 음은 한 옥타브 관계이다.

15 나. (가)에서의 파장은 $4L$, (나)에서의 파장은 $2L$ 이므로 진동하는 줄의 파장은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

다. 동일한 줄 A 이므로 파동의 진행 속력은 같다. 따라서 파장과 진동수는 반비례하므로 진동수는 (나)에서가 (가)에서의 2배이며, 이때 (가)와 (나)에서 발생하는 소리의 음은 한 옥타브 관계이다.

오답 바로 알기 가. 동일한 줄 A 이므로 파동의 속력은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

3

마이크와 광전 효과

핵심 개념 체크

본문 100~101쪽

- 1** 전자기 유도, 소리, 전기 신호 **2** 자기력, 전기 신호, 소리
3 (광)전자 **4** 진동수 **5** (1) - ㉠ (2) - ㉡ (3) - ㉢ (4) - ㉣
6 (1) × (2) × (3) × **7** (1) - ㉣ (2) - ㉡ **8** 광센서
9 태양 전지

출제 예상 문제

본문 102~104쪽

- 01** ④ **02** ③ **03** ㉠ 큰, ㉣ 개수, ㉢ 최대 운동 에너지
04 ③, ⑤ **05** ⑤ **06** ⑤ **07** ② **08** ⑤
09 ② **10** ③ **11** ① **12** ① **13** ③
14 ③ **15** ⑤

01 가. 마이크는 전자기 유도 현상을 이용하여 소리를 전기 신호로 바꾼다.

나. 마이크의 코일에 흐르는 전류는 전자기 유도 현상에 의해 흐르는 전류이다.

오답 바로 알기 다. 진동판의 진동에 의해 코일에는 전류의 세기와 방향이 계속 바뀌는 교류가 흐른다.

02 가. 진동판은 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장과 자석에 의한 자기장 사이에 작용하는 자기력에 의해 진동한다.

나. 자석의 자기장의 세기가 셀수록 작용하는 자기력이 커지므로 진동판이 더 크게 진동하게 되고 더 큰 소리를 만들어낸다.

오답 바로 알기 다. 코일에는 교류가 흐르므로 전류가 만드는 자기장과 영구 자석 사이에 작용하는 자기력의 방향은 계속 바뀐다.

03 광전 효과는 금속판에 문턱 진동수보다 큰 진동수를 가진 빛을 비추었을 때 금속판에서 전자가 방출되는 현상이다. 전자가 방출될 때 빛의 세기를 세게 하면 광자의 개수가 많아지게 되므로 방출되는 전자의 개수가 증가하고, 빛의 진동수만 증가시키면 광자 1개의 에너지가 커지므로 방출되는 전자의 최대 운동 에너지가 증가한다.

04 ③ 광전 효과가 일어나기 위해서는 금속판에 비추는 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 커야 한다.

⑤ 문턱 진동수가 작은 금속판으로 바꾸면 광전 효과가 일어날 수 있다.

오답 바로 알기 ① 광전 효과를 일으키기 위해서는 광자 1개의 진동수가 문턱 진동수보다 커야 한다. 광자 1개의 진동수가 문턱 진동수보다 작을 경우 단색광의 세기를 아무리 세게 해도 전자는 금속판에서 방출되지 않는다.

② 파장이 짧은 단색광으로 바꾸어야 한다. 파장이 길면 진동수가 작

으므로 광자 1개가 가지는 에너지는 작아진다.

④ 문턱 진동수보다 작은 진동수를 가진 단색광을 아무리 오래 비추어도 광전 효과는 일어나지 않는다.

05 ⑤ 문턱 진동수보다 큰 진동수를 가진 빛을 쏘여 주면 빛의 세기가 약하더라도 광전자가 방출된다. 다만 빛의 세기가 약하므로 광자의 개수가 적어 방출되는 전자의 개수는 많지 않다.

오답 바로 알기 ① 광전 효과는 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

② 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 빛이 가진 에너지에서 일함수를 뺀 값과 같다.

③ 광전자의 최대 운동 에너지는 쏘여 준 광자 1개의 에너지와 관계 있으며, 광자 1개의 진동수가 클수록 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

④ 문턱 진동수보다 작은 진동수를 가진 빛은 아무리 세게 그리고 오래 비추어도 광전자를 방출시킬 수 없다.

06 ⑤ A의 진동수가 문턱 진동수보다 크므로 A와 B를 동시에 비추면 A로 인해 금속판에서 전자가 방출된다.

오답 바로 알기 ① 광전 효과는 빛의 입자성의 증거이다.

② 광자 1개의 에너지는 A가 B보다 크다.

③ B만 비출 때 전자가 방출되지 않으므로 B의 진동수는 문턱 진동수보다 작다.

④ B의 진동수는 문턱 진동수보다 작으므로 아무리 세게 비추어도 전자가 방출되지 않는다.

07 ② 빛의 진동수 f 가 문턱 진동수 f_0 보다 크면 빛의 세기가 아무리 약해도 전자가 즉시 방출된다.

오답 바로 알기 ① 광자 1개의 에너지가 일함수보다 커야 전자가 방출된다.

③ 광전 효과를 일으키는 진동수의 빛이라면 빛의 세기가 아무리 약해도 전자가 즉시 방출된다.

④, ⑤ 빛의 진동수 f 가 문턱 진동수 f_0 보다 작으면 빛의 세기가 아무리 세더라도 전자가 방출되지 않는다.

08 ⑤ 광전 효과가 일어나기 위해서는 광자 1개의 에너지가 일함수보다 커야 한다.

오답 바로 알기 ①, ③ 광자 1개가 가진 에너지(hf) 중 일부는 전자를 떼어내는 데(hf_0) 쓰이고, 나머지는 광전자의 운동 에너지로 전환된다. 따라서 광전자의 최대 운동 에너지 $E_k = hf - hf_0$ 이다.

② $hf > hf_0$ 이어야 광전 효과가 일어나므로 $f > f_0$ 일 때 광전 효과가 일어난다.

④ 금속판에서 전자를 떼어내는 데 필요한 최소한의 에너지인 일함수는 문턱 진동수에 의해 결정되며, 그 크기는 hf_0 이다.

09 ㄷ. 광전 효과가 일어나는 경우 단색광의 세기가 셀수록 단위 시간당 방출되는 광전자의 개수가 많아져 전류의 세기가 증가한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전자는 아연판에서 튀어나온다.

ㄴ. 전류는 양(+)극에서 음(-)극으로 회로를 따라 흐른다.

ㄷ. 세기는 같으나 진동수가 더 큰 단색광을 비추면 방출되는 광전자의 수는 변함없고, 광전자의 최대 운동 에너지가 커진다.

10 진동수 f 인 단색광을 문턱 진동수가 f_A 인 금속판 A에 비추었을 때 광전 효과가 일어났으므로 $f > f_A$ 이다. 진동수 f 인 단색광을 문턱 진동수가 f_B 인 금속판 B에 비추었을 때 광전 효과가 일어나지 않았으므로 $f_B > f$ 이다. 따라서 $f_B > f > f_A$ 이다.

11 ㄱ. (가)에서는 광전 효과가 일어나고 있으므로 단색광의 세기만 세게 하면 방출되는 광전자의 개수가 증가한다.

오답 바로 알기 ㄴ. (가)에서 광전 효과가 일어나지만 진동수는 변함없고 단색광의 세기만 세어졌으므로 광전자의 최대 운동 에너지는 그대로이고, 광전자의 개수만 증가한다.

ㄷ. (나)는 광전 효과가 일어나지 않으므로 빛의 세기를 아무리 세게 해도 광전자는 방출되지 않는다.

12 ㄱ. A를 비추었을 때는 금속박에 변화가 없으므로 전자가 방출되지 않았다. B를 비추었을 때 금속박이 점점 오므라들었으므로 전자가 방출되었다. 따라서 단색광의 진동수는 B가 A보다 크다.

오답 바로 알기 ㄴ. (라)에서 금속박이 다시 벌어진 것은 광전 효과에 의해 전자가 방출되어 검전기가 음(-)전하에서 중성이 되고, 계속해서 광전 효과가 일어나 검전기가 양(+)전하를 띠기 때문이다.

ㄷ. 단위 시간당 방출되는 광전자의 개수는 빛의 세기가 더 센 (라)에서가 (다)에서보다 많다.

13 ㄱ, ㄷ. 광다이오드, 태양 전지, CCD는 광전 효과를 이용하여 빛에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치의 예이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 광전 효과는 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

14 ③ A를 비추면 광전 효과가 일어나므로 A의 세기가 약하더라도 검류계에 전류가 흐른다.

오답 바로 알기 ① A는 광전 효과를 일으키고, B는 광전 효과를 일으키지 못하므로 광자 1개의 진동수는 A가 B보다 크다.

② A는 광전 효과를 일으키므로 광자 1개의 에너지는 E_0 보다 크다.

④ B를 오랜 시간 동안 비추더라도 광전 효과는 일어나지 않는다.

⑤ B는 광전 효과를 일으키지 못하므로 광다이오드에서 빛에너지가 전기 에너지로 전환되지 못한다.

15 ⑤ 전자가 방출되지 않을 때 빛의 세기를 세게 하여 오래 동안 비추더라도 광전 효과는 일어나지 않는다.

오답 바로 알기 ①, ② ㉠은 전자이고, ㉡ 광전 효과는 빛의 입자성의 증거이다.

③ 광전 효과가 일어나려면 빛의 진동수가 문턱 진동수보다 커야 한다.

④ 광전 효과가 일어날 때 단위 시간당 방출되는 전자의 개수는 빛의 세기가 셀수록 많아지고, 빛의 진동수와는 관계없다.

4

색채 인식과 영상 장치

핵심 개념 체크

본문 105~106쪽

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ 2 검은 3 빨간 4 막대
5 원뿔 6 빨강, 초록, 파랑
7 (1) - ㉠ (2) - ㉡ (3) - ㉢ (4) - ㉣ 8 적원뿔, 녹원뿔
9 밝게 10 화소 11 A : 빨강, B : 초록, C : 파랑

출제 예상 문제

본문 107~109쪽

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

01 ㄴ. S_1 은 청원뿔 세포, S_2 는 녹원뿔 세포, S_3 는 적원뿔 세포이다. 따라서 노란색 빛이 들어오면 S_2 와 S_3 가 주로 반응한다.

오답 바로 알기 ㄱ. S_1 은 청원뿔 세포이며, 주로 파란색 빛에 강하게 반응하는 원뿔 세포이다.

ㄷ. S_3 는 적원뿔 세포이며, 주로 빨간색 빛에 강하게 반응하는 원뿔 세포이다. 강한 빛에서 주로 색을 구별한다.

02 ⑤ (나)의 노란색 빛이 눈에 들어오면 적원뿔 세포와 녹원뿔 세포가 크게 반응한다.

오답 바로 알기 ① (가)의 노란색 빛이 눈에 도달하면 적원뿔 세포와 녹원뿔 세포가 크게 반응한다.

② (가)의 노란색 빛은 단색광이므로 프리즘에 통과시켰을 때 빛이 나뉘지 않는다.

③ (나)에서 노란색 빛을 만들기 위해 꺼진 빛은 파란색 빛이다.

④ (나)에서 노란색 빛을 만들기 위해 꺼진 a, b는 초록색 빛과 빨간색 빛이다.

03 ㄴ. 적원뿔 세포는 빨간색 빛에 가장 크게 반응하고, 녹원뿔 세포는 초록색 빛에 가장 크게 반응하며, 청원뿔 세포는 파란색 빛에 가장 크게 반응한다. 파장은 빨간색 빛 > 초록색 빛 > 파란색 빛이므로 파장이 짧은 빛에 반응하는 정도는 청원뿔 세포가 적원뿔 세포에 비해 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. 파란색 빛이 눈에 들어오면 청원뿔 세포가 적원뿔 세포와 녹원뿔 세포에 비해 반응하는 정도가 크다.

ㄷ. 원뿔 세포는 막대 세포에 비해 강한 빛에 더 민감하게 반응하여 색을 구별한다.

04 ③ A는 광전 효과를 일으키고, 노란색 단색광과 B는 광전 효과를 일으키지 못한다. 따라서 동일한 금속판에 B를 비추면 광전자가 방출되지 않는다.

오답 바로 알기 ①, ② 빛의 3원색인 A와 B가 합성되어 노란색이 되었고, 파장은 A가 B보다 짧으므로 A는 초록색 빛, B는 빨간색 빛이다. 파장의 크기는 $B > \text{노란색 단색광} > A$ 이다.

④ 노란색 단색광과 A를 함께 비추면 A에 의해 광전 효과가 일어나 광전자가 방출된다.

⑤ A는 초록색 빛이고, B는 빨간색 빛이므로 A와 B가 합성된 빛이 눈에 들어오면 적원뿔 세포와 녹원뿔 세포가 주로 반응한다.

05 ③ A는 원뿔 세포이며, A에는 파장에 따라 반응하는 정도가 다른 적원뿔 세포, 녹원뿔 세포, 청원뿔 세포 세 종류가 있다.

오답 바로 알기 ① A는 원뿔 세포이다.

② A는 강한 빛에서 색을 구별한다.

④ B는 막대 세포이며, B에 이상이 생기면 야맹증이 나타난다.

⑤ B는 약한 빛에서 명암을 구별한다.

06 a와 b가 겹쳐진 부분은 자홍색이고, a와 c가 겹쳐진 부분은 주황색이므로 자홍색과 주황색을 만들 수 있는 a는 빨간색 빛이 된다. 또한 빨간색 빛인 a가 b와 겹쳐져 자홍색이 되었으므로 b는 파란색 빛이고, c는 초록색 빛이다.

ㄱ. a가 빨간색 빛, b가 파란색 빛, c가 초록색 빛이므로 파장은 $a > c > b$ 이다.

ㄷ. (나)의 흰 종이에서 빨간색 빛인 a와 초록색 빛인 c가 만들어진 빛의 색이 주황색이므로 c는 초록색 빛이다.

오답 바로 알기 ㄴ. b는 파란색 빛이므로 b가 눈에 들어올 때 가장 크게 반응하는 원뿔 세포는 청원뿔 세포이다.

07 ㉠은 빨강과 합쳐져 자홍을 만들어내므로 파랑이다.

㉡은 ㉠(파랑)과 합쳐져 청록을 만들어내므로 초록이다.

㉢은 빨강과 ㉡(초록)이 합쳐져 만들어진 빛의 색이므로 노랑이다.

08 ㄱ. 빛의 3원색 중 B와 C를 함께 켜면 노란색 빛을 만들 수 있다. C가 파장이 가장 긴 빛이므로 C는 빨간색 빛이고, B는 초록색 빛이다. 따라서 A는 파란색 빛이 된다. A와 B를 같은 세기로 켜면 파란색 빛과 초록색 빛이 합성되어 청록색 빛이 된다.

ㄴ. 파란색 빛인 A가 초록색 빛인 B보다 파장이 짧다.

ㄷ. 빨간색 빛인 C가 눈에 들어오면 적원뿔 세포가 가장 크게 반응한다.

09 ④ 빨간색 빛과 초록색 빛을 2 : 1의 세기로 켜면 주황색이 된다.

오답 바로 알기 ① 화면의 화소를 구성하는 색은 빨간색, 초록색, 파란색이다.

② 빨간색 빛, 초록색 빛, 파란색 빛의 세기를 적절히 조절하여 다양한 색을 표현한다.

③ (나)에서 노란색으로 보이는 부분은 빨간색 빛과 초록색 빛의 세기가 1 : 1일 때 표현되므로 파란색 빛은 꺼져 있다.

⑤ 노란색은 빨간색 빛과 초록색 빛이 합성되어 나타나므로 빨간색 빛이 꺼지면 초록색으로 표현된다.

10 ④ (가)의 ㉠을 화소라고 한다.

오답 바로 알기 ① 빛의 3원색이 같은 세기로 모두 켜지면 빨간색 빛, 초록색 빛, 파란색 빛이 모두 합성되어 흰색으로 표현된다.

② 빛의 3원색이 모두 꺼지면 검은색으로 표현된다.

③ 빛의 3원색을 적절하게 조절하면 다양한 색을 구현할 수 있다.

⑤ 노란색을 구현할 때는 빨간색 빛과 초록색 빛이 비슷한 세기로 합성되어야 한다.

11 (나)에서는 빨간색 빛과 초록색 빛이 2 : 1의 세기로 켜져 있고, 파란색 빛은 꺼져 있으므로 주황색이 구현된다.

12 ⑤ ㉠은 파란색 빛, ㉡은 빨간색 빛, ㉢은 초록색 빛이다. ㉡(빨간색 빛)과 ㉢(초록색 빛)의 상대적인 빛의 세기가 1 : 1이 되면 노란색이 구현된다.

오답 바로 알기 ① ㉠은 파란색 빛이다.

② ㉡은 빨간색 빛이다.

③ 파장은 ㉡(빨간색 빛)이 가장 길고, ㉢(초록색 빛), ㉠(파란색 빛) 순으로 짧아진다. 따라서 파장은 ㉡이 ㉢보다 길다.

④ ㉢(초록색 빛)이 눈에 들어오면 주로 녹원뿔 세포가 강하게 반응한다. 그러나 녹원뿔 세포만 반응하는 것은 아니다.

5 전자기파의 종류와 발생

핵심 개념 체크

본문 110~111쪽

1 파장 **2** (1) × (2) × (3) ○ **3** (1) - ㉠ (2) - ㉡ (3) - ㉢
(4) - ㉣ **4** 자기장, 전자기파 **5** 안테나 **6** (1) ○ (2) ×
7 (1) - ㉣ (2) - ㉡ **8** 진동수 변조(FM)

출제 예상 문제

본문 112~114쪽

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

01 전기장의 세기가 최대인 지점에서 자기장의 세기도 최대이다.

02 ㄱ. 전기장과 자기장의 진동 방향이 서로 수직이며, 파동의 진행 방향이 전기장과 자기장 각각에 수직이다. 따라서 전자기파는 횡파이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 전자기파의 파장은 2λ 이다.

ㄷ. 파장의 절반인 a 가 길수록 파장이 길며, 진동수는 작다.

03 ①, ③ 전자기파는 매질이 없어도 진행할 수 있으며, 종류에는 파장에 따라 감마(γ)선, X선, 자외선, 가시광선, 적외선, 마이크로파, 라디오파가 있다.

오답 바로 알기 ②, ④, ⑤ 음파, 초음파, 지진파의 S파는 반드시 매질이 있어야 전달된다.

04 ㄷ. (가)는 X선, (나)는 적외선, (다)는 라디오파이다. 라디오파는 파장이 길어 회절이 잘 되므로 TV, 라디오 등과 같은 무선 통신에 이용된다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전자레인지에서 음식을 데울 때 이용하는 것은 마이크로파이다. X선은 인체 내부의 뼈 또는 장기의 이상을 알아보는 데 주로 이용되며, 물질의 특성 및 공장에서 물품 검사를 하는 데에도 이용된다.

ㄴ. 적외선은 강한 열작용을 하여 열선이라고도 하며, 적외선 온도계, 적외선 카메라, 광통신, 적외선 센서 등 다양한 곳에 이용된다. 살균 소독기에 이용되는 것은 자외선이다.

05 ④ 적외선 카메라는 사람이나 물체에서 나오는 열을 감지하는 사진기로, 적외선 카메라로 찍은 사진은 온도에 따라 다른 색으로 나타난다.

오답 바로 알기 ① 감마(γ)선은 의료에서는 암을 치료하는 데 이용되며, 투과력과 에너지가 매우 커 화상, 암 유발, 유전자 변형을 일으키기도 한다.

② X선은 투과력이 강해 인체 내부의 뼈 또는 장기의 이상을 알아보는 데 주로 이용되거나 공항에서 물품 검사를 하는 데 이용되기도 한다.

③ 자외선은 작은 미생물을 파괴할 수 있을 만큼 에너지가 커서 살균 소독기에 이용된다.

⑤ 마이크로파는 레이더와 위성 통신, 전자레인지에서 음식을 데우는 데 이용된다.

06 ㄱ. 기상 관측에 필요한 레이더와 위성 통신 등에 이용되는 전자기파 A는 마이크로파이다. 원자핵이 붕괴할 때 나오는 투과력이 매우 강한 전자기파 B는 감마(γ)선이다. 따라서 파장은 A가 B보다 길다.

ㄴ. 진동수는 A(마이크로파)가 B(감마(γ)선)보다 작다.

오답 바로 알기 ㄷ. 진공에서의 속력은 전자기파의 종류에 관계없이 빛의 속력과 같다. 따라서 A와 B의 속력은 같다.

07 ④ 전자레인지에 이용되는 A는 마이크로파이고, 식기 소독기에 이용되는 B는 자외선이다. 큰 투과력을 이용하여 공항 검색대에서 물품 검사에 이용되는 C는 X선이다. 회절 현상은 파장이 길수록 잘 일어나므로 A(마이크로파), B(자외선), C(X선) 중 A가 회절이 가장 잘 일어난다.

오답 바로 알기 ① A(마이크로파)는 B(자외선)보다 진동수가 작다.

② B(자외선)는 C(X선)보다 투과력이 작다.

③ 진공 중에서 A(마이크로파)와 C(X선)는 속력이 같다.

⑤ 위조지폐를 감별하는 데 이용되는 전자기파는 B(자외선)이다.

08 초음파(③)는 전자기파가 아니라 음파의 한 종류이다. 따라서 진공 속에서 파동이 전달되지 않는다.

09 ㄷ. 전하가 가속 운동을 할 때 주변의 전기장이 변하고, 변하는 전기장이 변하는 자기장을 유도하며, 변하는 자기장은 또 변하는 전기장을 유도하면서 전자기파가 발생하게 된다. 전하가 가속 운동을 하기 위해서는 교류가 흘러야 한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 정지해 있는 전하는 주변의 전기장이 변하지 않으므로 전자기파가 발생하지 않는다.

ㄴ. 직류가 흐르는 도선은 전하가 가속되지 않고 일정한 속도로 운동을 하므로 전자기파가 발생하지 않는다.

10 ㄱ. 구리선 사이에서 불꽃 방전과 함께 전자기파가 발생하여 공기 중으로 전달되므로 안테나에는 교류가 유도된다.

ㄴ. 구리선은 전자기파를 발생시키고 송신하는 안테나 역할을, 안테나는 전자기파를 수신하는 안테나 역할을 한다.

오답 바로 알기 ㄷ. 진공 속에서 이 실험을 하더라도 전자기파가 발생하고 전달되므로 발광 다이오드에 불이 들어온다. 또한 진공 속에서가 공기 중에서보다 전자기파의 전파 속력이 더 크다.

11 안테나에는 교류가 흐르기 때문에 발광 다이오드의 단자를 바꾸어 연결하더라도 발광 다이오드에서 빛이 방출된다.

12 ㄱ. 전하가 가속되면서 구리선 사이에서 불꽃 방전이 일어나므로 이때 전자기파가 발생한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 전자기파는 매질이 없어도 진행할 수 있다.

ㄷ. 구리선 원형 안테나와 알루미늄박 사이의 거리가 멀어질수록 네온관 불이 어두워진다.

13 교류 전원에 의해 진동하는 전기장(㉠)이 생기고, 진동하는 전기장이 진동하는 자기장(㉡)을 유도한다. 라디오 안테나에서 전자기파를 수신하면 복조(A) 과정을 거쳐 전자기파로부터 전기 신호가 분리된다. 스피커에서는 자기력에 의해 전기(B) 신호가 음성(C) 신호로 전환된다.

14 ㄱ. 마이크에서는 소리가 전기 신호로 전환되며, 이때 전자기 유도 현상을 이용한다.

ㄷ. AM 방송은 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 진폭을 변화시키고, FM 방송은 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 진동수를 변화시킨다.

오답 바로 알기 ㄴ. ㉠은 전기 신호를 교류 신호에 첨가하는 변조이다. 복조는 전파에서 전기 신호를 분리하는 것이다.

15 ㄷ. 스피커에서는 자기력을 이용하여 전기 신호를 소리로 전환한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전파가 안테나에 도달하면 안테나 속의 전자가 전기장과 반대 방향으로 힘을 받아 진동하고 안테나에는 교류가 흐르게 된다.

ㄴ. ㉠은 전파에서 전기 신호를 분리하는 복조이다.

6

교류 회로와 전자기 신호

핵심 개념 체크

본문 115~116쪽

1 (1) × (2) ○ (3) × (4) × 2 작을, 작을 3 코일 4 축전기
5 LC, 교류 6 공명 7 전파

출제 예상 문제

본문 117~119쪽

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

01 코일은 교류 전원의 진동수를 증가시키면 저항 효과가 커져 전류의 흐름을 방해하는 정도가 커진다. 축전기는 교류 전원의 진동수를 증가시키면 저항 효과가 작아져 전류의 흐름을 방해하는 정도가 작아진다. 저항은 교류 전원의 진동수를 변화시키더라도 전류의 흐름을 방해하는 정도가 변하지 않는다. 따라서 A, B, C는 각각 코일, 축전기, 저항이다.

02 A는 진동수가 커질수록 전류도 증가하고 있다. 즉, 진동수가 커질수록 저항 효과가 작아졌으므로 A는 축전기이다. B는 진동수가 커지더라도 전류가 일정하다. 즉, 진동수가 커지더라도 전류의 흐름을 방해하는 정도는 변하지 않으므로 B는 저항이다. C는 진동수가 커질수록 전류가 감소하고 있다. 즉, 진동수가 커질수록 저항 효과가 커졌으므로 C는 코일이다.

03 ④ 직류 회로에서 A(축전기)는 큰 저항 역할을 한다. 그 이유는 축전기가 충전될 때까지 전류가 흐르다가 충전 후 전류가 흐르지 못하기 때문이다.

오답 바로 알기 ① A(축전기)의 저항 효과, 즉 용량 리액턴스는

$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 이므로 진동수가 클수록 축전기의 저항 효과가 작으므로 전류의 흐름을 방해하는 정도도 작다.

② B(저항)는 전류의 흐름을 방해한다.

③ 진동수가 클수록 C(코일)의 저항 효과, 즉 유도 리액턴스는

$X_L = 2\pi fL$ 이므로 진동수가 클수록 코일의 저항 효과도 커진다. 즉, C의 저항 효과는 진동수에 비례한다.

⑤ 일정한 세기와 방향의 전류가 흐르는 직류 회로에서 C(코일)에는 유도 기전력이 발생하지 않는다.

04 ④ 저항과 코일이 직렬 연결된 회로에서 교류 전원의 진동수를 감소시킬 때 코일의 저항 효과가 감소하므로 저항과 코일에 흐르는 전류는 커진다. 따라서 저항에 걸리는 전압도 커진다.

오답 바로 알기 ① 저항의 저항값은 교류 전원의 진동수에 의해 변

하지 않는다.

② 교류 전원의 진동수를 감소시킬 때 코일의 저항 효과는 작아진다.

③ 교류 전원의 진동수를 감소시킬 때 저항에 흐르는 전류는 커진다.

⑤ 교류 전원의 진동수를 감소시킬 때 저항에 걸리는 전압은 커지고, 코일에 걸리는 전압은 작아진다.

05 교류 전원의 진동수를 증가시킬 때 축전기의 저항 효과가 작아지므로 회로에 흐르는 전류는 점점 커지다가 일정한 값($= \frac{\text{전압}}{\text{저항}}$)에 가까워진다.

06 ㄱ, ㄴ. 스위치 S를 닫으면 전류가 점점 작아지다가 0이 되므로 (가)는 축전기임을 알 수 있다. 축전기는 직류 전원이 연결된 회로에서 큰 저항 역할을 한다.

오답 바로 알기 ㄷ. 축전기가 교류 전원에 연결되면 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 인 저항 효과를 가진다.

07 ㄴ. S₁만 닫으면 저항과 코일이 직렬로 연결된 회로가 된다. 교류 전원의 진동수를 크게 하면 코일의 저항 효과가 커져 저항과 코일에 흐르는 전류는 감소한다.

오답 바로 알기 ㄱ. S₁만 닫으면 저항값 R와 코일에 의한 저항 효과가 있고, S₂만 닫으면 저항값 R만 있다. 따라서 전류계의 눈금은 S₁만 닫은 경우가 S₂만 닫은 경우보다 작다.

ㄷ. S₂만 닫으면 저항값 R만 존재하므로 교류 전원의 진동수를 변화시키더라도 저항에 흐르는 전류는 변하지 않는다.

08 ㄱ. 교류 전원의 진동수가 f_0 에서 $2f_0$ 로 증가하면 코일이 전류의 흐름을 방해하는 정도인 X_L 이 증가한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 회로의 고유 진동수가 f_0 이므로 교류 전원의 진동수가 f_0 일 때 최대 전류가 흐른다. 따라서 f_0 가 $2f_0$ 로 변하면 저항, 코일, 축전기에 흐르는 전류의 세기는 줄어든다.

ㄷ. 회로의 고유 진동수는 $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이므로 L, C에 의해서만 결정되며, 교류 전원의 진동수와는 무관하다.

09 ㄱ. 교류 전원의 진동수와 회로의 고유 진동수가 같으므로 회로에는 전류가 최대로 흐른다.

ㄴ. 회로의 고유 진동수는 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이므로 축전기의 전기 용량만 2배로 되면 회로의 고유 진동수는 $\frac{f_0}{\sqrt{2}}$ 이 된다.

ㄷ. 코일의 자체 유도 계수만 2배로 되면 전체 전류가 감소하고 저항에 걸리는 전압은 감소한다.

10 ③ (가)에서 진동수가 클수록 축전기에 걸리는 전압이 작아지고, 저항과 스피커에 걸리는 전압이 커진다.

오답 바로 알기 ① 스피커에서는 자기력을 이용하여 전기 신호가 소리로 전환된다.

② (가)는 고음용 스피커이다.

④ (나)에서 진동수가 작을수록 코일에 걸리는 전압이 작아지며, 저항에 걸리는 전압이 커진다.

⑤ (나)에서 코일은 진동수가 큰 전기 신호를 잘 흐르지 못하게 하는 성질이 있다.

11 ㄱ. 교류 전원에서 1차 코일에 교류가 흐르면 1차 코일에 자기장의 변화가 생긴다. 이때 전자기 유도에 의해 안테나에 연결된 2차 코일에 유도 전류가 흐른다.

ㄴ. 안테나에서 방출되는 전자기파는 전기장과 자기장이 파동의 진행 방향과 수직인 방향으로 각각 진동하므로 횡파이다.

ㄷ. 1차 회로에 고유 진동수의 교류가 흐르고, 1차 코일에서 자기장의 변화가 발생한다. 전자기 유도에 의해 2차 코일에 1차 코일의 진동수와 같은 진동수의 교류가 흐르며, 안테나에서 같은 진동수의 전자기파가 발생한다.

12 ④ 가변 축전기를 조절하여 수신 회로의 고유 진동수를 f_B 또는 f_C 에 맞추면 B 또는 C에 의한 방송도 들을 수 있다.

오답 바로 알기 ① 안테나는 전자기파 A ~ C를 모두 수신한다.

② 안테나에서 수신한 전자기파에 의해 1차 코일에는 교류가 흐른다.

③ 라디오에서 A에 의한 방송이 크게 나온다면 전자기파의 진동수 f_A 와 수신 회로의 고유 진동수가 일치하는 것이므로 2차 코일에 흐르는 전류의 진동수는 f_A 와 같다.

⑤ 가변 축전기를 조절하면 수신 회로의 고유 진동수는 변할 수 있다.

13 ㄱ. 전파 수신 장치에는 안테나에서 자기장의 변화가 생겨 유도 전류가 흐른다.

ㄴ. 전파 발생 장치와 전파 수신 장치에서 전자기파 공명이 일어나므로 전파 수신 장치의 고유 진동수는 f_0 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 전파 수신 장치에서 전자기 유도에 의해 교류가 발생하므로 발광 다이오드의 극을 바꾸어도 불이 켜진다.

14 RFID는 전파를 이용하여 접촉하지 않고 물체의 정보를 수집, 판독, 저장, 처리하는 기술이다.

7

정보 저장과 광통신

핵심 개념 체크

본문 120~121쪽

- 1** 전자기 유도 **2** (1) < (2) > (3) > **3** (1) - ㉠ (2) - ㉡
(3) - ㉢ **4** (1) > (2) > (3) = (4) < **5** 임계각
6 (1) ○ (2) × (3) ○

출제 예상 문제

본문 122~125쪽

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

01 ㄱ. 하드 디스크는 자기적 성질을 이용하여 정보를 저장하므로 외부 자기장에 의해 정보가 손상될 수 있다.

ㄴ. 플래터는 강자성체인 산화철로 얇게 코팅되어 있어 코일에 전류가 흐르면 산화철이 전류에 의한 자기장에 의해 자기장과 같은 방향으로 정렬(자기화)된다.

오답 바로 알기 ㄷ. 하드 디스크에서는 정보가 저장된 플래터에 의해 헤드에 유도 전류가 흘러 기록된 정보를 재생한다.

02 • 철수 : 입력되는 전류가 만드는 자기장에 의해 산화철이 정렬(자기화)되면서 정보가 저장된다.

• 영회 : 강자성체인 산화철은 전류가 만드는 자기장과 같은 방향으로 정렬(자기화)된다.

오답 바로 알기 • 민수 : 정보는 전류가 만드는 자기장에 의해 자기 테이프에 기록되므로 앙페르 법칙을 이용한다.

03 ① 철심에 코일을 감은 헤드라고 하는 전자석의 자극 주위로 테이프를 지나가게 하면 코일에 흐르는 전류가 만드는 자기장에 의해 산화철이 정렬(자기화)되면서 정보가 저장된다. 즉, 정보가 저장될 때 이용되는 물리 법칙은 앙페르 법칙이다.

㉠ 정보가 기록된 테이프가 헤드를 지나게 되면 자기화된 산화철에 의해 헤드의 코일에는 전자기 유도 현상으로 유도 전류가 흐르게 된다. 즉, 정보가 재생될 때 이용되는 물리 법칙은 패러데이 법칙이다.

04 ④ 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장에 의해 산화철이 자기화되며 정보가 기록되므로 정보의 저장 과정은 앙페르 법칙으로 설명할 수 있다.

오답 바로 알기 ① 산화철은 강자성체이다.

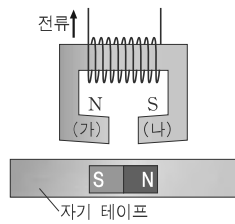
② 자기적 성질을 이용한 저장 매체이므로 외부 자기장에 의해 정보가 손상될 수 있다.

③ 강자성체인 산화철은 자기장과 같은 방향으로 자기화된다.

⑤ 플래터에는 산화철이 자기장 방향과 같은 방향으로 정렬(자기화)되면서 정보가 저장된다.

05 ㄴ. (가)는 N극, (나)는 S극이므로 코일에 흐르는 전류의 방향은 a이다.
ㄷ. 강자성체에 저장되는 정보는 디지털 정보이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 코일에 흐르는 자기장에 의해 (가)는 N극, (나)는 S극이다.



06 ㄷ. (가)와 (나)는 0과 1을 사용하는 디지털 신호로 정보가 기록된다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가) 하드 디스크는 자기적 성질을 이용한 저장 매체이다.

ㄴ. (나) DVD는 빛을 이용한 저장 매체이다.

07 ① 플래시 메모리는 반도체 소자를 이용한 저장 매체이다.

오답 바로 알기 ② 플래시 메모리는 반도체 소자로 된 셀의 특성을 이용하여 정보를 읽거나 저장한다.

③ 하드 디스크는 자기적 성질을 이용한 저장 매체이다.

④ 자기적 성질을 이용하는 저장 매체가 아니므로 외부 자기장에 의해 정보가 손상되지 않는다.

⑤ 플래시 메모리는 전원이 제거되어도 정보를 그대로 유지하는 비휘발성 기억 장치이다.

08 ④ CD와 DVD는 빛을 이용하여 정보를 기록한다.

오답 바로 알기 ① 무늬 사이의 간격은 (가)의 경우 $0.74 \mu\text{m}$ 이고, (나)의 경우 $1.60 \mu\text{m}$ 이므로 (나)가 (가)보다 크다.

② (가)는 DVD, (나)는 CD이며, 사용하는 레이저의 파장은 CD가 DVD보다 길다.

③ 트랙 간격이 좁은 (가)가 (나)보다 더 많은 정보를 저장한다.

⑤ CD와 DVD는 피트와 랜드에서 반사된 빛의 세기 변화를 이용하여 정보를 읽는다.

09 ㄷ. 플래시 메모리는 전기적 성질을 이용한 저장 매체이다.

오답 바로 알기 ㄱ. CD는 빛을 이용한 저장 매체이다.

ㄴ, ㄷ. 하드 디스크와 마그네틱 카드는 자기적 성질을 이용한 저장 매체이다.

10 ① CD는 DVD보다 긴 파장의 빛을 사용한다.

오답 바로 알기 ②, ③ 플래시 메모리는 전원이 제거되어도 정보를 그대로 유지하는 비휘발성 기억 장치로, 반도체 소자의 성질을 이용하여 정보를 저장한다.

④ 자기 기록 카드는 자기적 성질을 이용한 저장 매체이므로 외부 자기장에 의해 정보가 손상될 수 있다.

⑤ (가)~(다)는 디지털 신호로 정보가 저장된다.

11 ④ 반사 법칙에 의해 입사각 θ_1 과 반사각 θ_2 의 크기는 항상 같다.

오답 바로 알기 ① 매질 I이 매질 II보다 굴절률이 작으므로, 매질 I에서 매질 II로 빛이 입사할 때는 전반사가 일어나지 않는다.

② 파장은 매질 I에서 매질 II에서보다 길다.

③ 굴절률은 매질 I에서 매질 II에서보다 작다.

⑤ 빛이 반사하거나 굴절하더라도 빛의 진동수는 변하지 않는다.

12 빛의 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 빛이 진행할 때, 입사각이 임계각보다 큰 경우에 일어난다.

13 ⑤ 굴절률이 작은 매질인 B에서 굴절률이 큰 매질인 A로 빛이 입사하면 전반사가 일어날 수 없다.

오답 바로 알기 ① 전반사가 일어났으므로 입사각 θ 는 임계각보다 크다.

② 광섬유 속에서 빛이 전반사하는 것을 이용하여 광통신을 한다.

③ 반사 법칙에 의해 입사각과 반사각의 크기는 같다.

④ 빛이 매질 A에서 B로 진행할 때 전반사가 일어났으므로 굴절률은 A에서 B에서보다 크다.

14 ㄴ. 빛이 진행하는 동안 반사 또는 굴절하더라도 빛의 진동수는 변하지 않는다. 따라서 a와 b의 진동수는 같다.

ㄷ. 입사각보다 굴절각이 크므로 매질 A의 굴절률이 매질 B의 굴절률보다 크다.

오답 바로 알기 ㄱ. 빛의 속력은 매질 A에서 매질 B에서보다 느리므로, a의 속력이 b의 속력보다 작다.

ㄷ. 빛의 속력은 매질 A에서 매질 B에서보다 느리고 빛의 진동수는 동일하므로, 빛의 파장은 a가 b보다 짧다.

15 ㄱ. 물줄기 속으로 입사시킨 빛이 전반사하므로 물의 굴절률이 공기의 굴절률보다 크다.

ㄴ. 빛의 속력은 굴절률이 작은 공기에서 굴절률이 큰 물속에서보다 크다.

ㄷ. 빛이 전반사하므로 물과 공기의 경계에서 빛의 입사각은 임계각보다 크다.

16 ② 광섬유 속에서 빛이 전반사하므로 코어의 굴절률이 클래딩의 굴절률보다 크다.

오답 바로 알기 ① 광섬유는 광통신에 이용된다.

③ (나)와 같이 광섬유 속 빛의 전반사를 이용한 광통신은 외부 전파의 간섭을 적게 받는다.

④ 코어와 클래딩은 투명한 재질을 사용한다.

⑤ 코어와 클래딩의 굴절률 차이가 클수록 임계각은 작아진다.

17 ㄱ. 광섬유는 광통신에 이용된다.

오답 바로 알기 ㄴ. 빛이 전반사하면서 진행하는 동안 빛의 진동수

는 변하지 않는다.

ㄷ. 광섬유는 한번 끊어지면 다시 연결하기 어렵다.

18 ㄴ. 광섬유의 코어와 클래딩은 투명해야 한다. 불투명하면 코어와 클래딩이 정보를 담은 빛을 일부 흡수하게 되므로 정보의 손실이 생길 수 있다.

ㄷ. 광통신은 광섬유 속에서 빛이 전반사하는 것을 이용한 통신 방식이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 빛이 진행할 때 일어날 수 있다. 따라서 단색광이 굴절률이 작은 공기에서 굴절률이 큰 물 쪽으로 진행할 때는 전반사가 일어날 수 없다.

19 ㄱ. 광통신은 코어와 클래딩의 이중 구조로 된 광섬유 내에서 빛이 전반사하는 현상을 이용한다.

ㄴ. 광통신은 외부 전파에 의한 간섭이나 혼선이 없고 도청이 어려워 통신의 비밀이 보장된다.

ㄷ. 광섬유 내에서 정보는 빛 신호로 변환되어 전달된다.

20 광통신에 이용되는 광섬유는 굴절률이 큰 코어를 굴절률이 작은 클래딩이 감싸고 있는 이중 구조이다. 코어를 B로 만들었다면 클래딩은 B보다 굴절률이 작은 물질로 만들어야 하므로, 클래딩으로 사용할 수 있는 물질은 A이다.

대단원 종합 문제

본문 126~130쪽

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

01 ㄷ. (가)는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하므로 종파이며, 그 예로는 소리, 지진파의 P파 등이 있다. (나)는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직이므로 횡파이며, 그 예로는 전자기파, 지진파의 S파 등이 있다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가), (나)에서 용수철이 한 번 진동하는 데 걸리는 시간이 같으므로 (가)와 (나)의 주기는 같다. 따라서 주기의 역수인 진동수도 (가)와 (나)가 같다.

ㄴ. $v=f\lambda$ 이므로 진동수 f 가 동일하다면 파동의 속력 v 는 파장 λ 에 비례한다. 파장은 (나)에서가 (가)에서보다 길기 때문에 파동의 속력도 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

02 ㄴ. x 는 공기의 압력이 높은 곳(밀한 곳) 사이의 거리이므로 한 파장을 나타낸다.

오답 바로 알기 ㄱ. 소리는 공기(매질)의 진동 방향과 소리의 진행 방향이 나란하므로 종파이다.

ㄷ. 소리는 반드시 매질이 있어야 진행할 수 있다.

03 ㄱ. 초음파의 진동수는 사람이 들을 수 있는 가청 진동수(약 20~20000 Hz)보다 크다.

오답 바로 알기 ㄴ. 초음파는 매질이 있어야 진행할 수 있으며, 매질의 상태가 액체일 때가 기체일 때보다 초음파의 속력이 크다. 따라서 초음파의 속력은 바닷물 속에서가 공기 중에서보다 크다.

ㄷ. 초음파는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란한 종파이다.

04 ⑤ (가)와 (나)에서 발생한 정상파의 진동수는 (나)가 (가)의 2배이다. 이 정상파는 공기를 진동시켜 음파를 발생시키는데, 파동이 진행할 때 줄에서 공기로 매질이 바뀌어도 파동의 진동수는 변하지 않는다. 따라서 (가), (나)에서 발생한 음파의 진동수도 (나)가 (가)의 2배이다.

오답 바로 알기 ① 정상파의 파장은 (가)가 $2L$, (나)가 L 이므로 (가)가 (나)의 2배이다.

② (가), (나)에서 발생한 정상파의 진동수는 (나)가 (가)의 2배이고, 진동수와 역수 관계인 주기는 (가)가 (나)의 2배이다.

③ 줄에 의해 발생한 음파의 속력은 줄에서의 정상파의 속력과 다르므로 (가)에서 음파의 파장은 줄에서의 정상파의 파장 $2L$ 과 같지 않다.

④ (나)에서 발생한 정상파의 파장은 L 이다.

05 (가), (나)에서 같은 높이의 소리가 발생하므로 (가), (나)에서

발생하는 정상파의 진동수는 같다. (가), (나)의 관 속 공기의 속력도 동일하므로, $v=f\lambda$ 에 의해 (가), (나)의 파장 λ 도 같아야 한다. (가)에서 발생하는 정상파의 파장은 $4L_1$ 이고, (나)에서 발생하는 정상파의 파장은 $2L_2$ 이므로 $4L_1=2L_2$ 에서 $L_1:L_2=1:2$ 이다.

06 ⑤ 소리의 주기는 A가 B의 2배이고, 진동수는 B가 A의 2배이다. 따라서 A와 B에서 발생한 소리의 음정은 한 옥타브이다.

오답 바로 알기 ① 공기 중에서 소리의 속력은 같고, 소리의 진동수는 B가 A의 2배이므로 소리의 파장은 A가 B의 2배이다.

② 진동수는 B가 A의 2배이므로 B가 A보다 높은 음이다.

③ 파장이 길수록 회절이 잘 일어나므로 회절은 파장이 긴 A가 B보다 잘 일어난다.

④ 마이크는 패러데이 법칙을 이용하여 소리를 전기 신호로 변환시킨다.

07 ⑤ (나)에서 코일에 흐르는 전류는 방향과 세기가 주기적으로 변하는 교류이다.

오답 바로 알기 ① (가)에서 소리는 전기 신호로 바뀐다.

②, ③ (가)에서 공기에 의해 진동판이 진동하면 전자기 유도에 의해 코일에 전류가 흐른다.

④ (나)에서 코일에 흐르는 전류에 의해 자기장이 발생한다.

08 ㄱ. 광전 효과를 이용하므로 빛의 입자성을 이용한 소자이다.

ㄴ. 광센서는 빛에너지를 전기 에너지로 변환시킨다.

오답 바로 알기 ㄷ. 광원으로 주로 가시광선 또는 적외선을 사용한다.

09 ㄴ. 파란색 빛과 빨간색 빛이 같은 세기로 합성되면 자홍색이 구현된다. 따라서 ㉠은 초록색이다.

오답 바로 알기 ㄱ. A는 원뿔 세포로, 밝은 빛에서 색을 구별한다.

ㄷ. 검은색은 빛의 3원색인 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 꺼질 때 구현된다.

10 ② B는 적외선 영역의 전자기파로, 강한 열작용을 하며 광센서, 온도계, 카메라 등에 다양하게 이용된다.

오답 바로 알기 ① A는 자외선이다.

③ C는 라디오파로, 다른 전자기파 영역에 비해 투과력이 약하고, 에너지가 작은 편이다.

④ 전자기파는 횡파의 형태로 전달된다.

⑤ 전자기파는 매질이 없어도 전달되는 파동으로, 진공 속에서도 진행한다.

11 ㄱ. 구리선 사이에서 전자가 가속되며 불꽃 방전이 일어날 때 전자기파가 발생한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 안테나에는 주기적으로 방향과 세기가 변하는 교류가 흐른다.

ㄷ. 안테나에 교류가 흐르므로 발광 다이오드의 단자만 서로 바꾸어 연결하고 고전압을 발생시키면 발광 다이오드에는 불이 켜진다.

12 ② 소리가 전자기 유도에 의해 세기와 방향이 변하는 전기 신호(교류)로 변환된다.

오답 바로 알기 ① 마이크에서는 전자기 유도에 의해 소리가 전기 신호로 변환된다.

③ ㉠ 과정은 전기 신호가 교류 신호에 첨가되는 변조이다.

④ 송신 안테나에서는 진동하는 전자에 의해 전자기파가 발생한다.

⑤ 송신 안테나에서 발생하는 전자기파는 전기장과 자기장의 진동으로 전파된다.

13 ㄱ. 교류 전원의 진동수를 점점 증가시킬 때 (가)의 축전기의 저항 효과는 작아지고, (나)의 코일의 저항 효과는 커진다. 따라서 저항에 흐르는 전류의 세기는 (가)에서 (나)에서보다 커진다.

ㄴ. (가)에서 축전기의 저항 효과가 작아지므로 축전기에 걸리는 전압도 작아진다.

ㄷ. (나)에서 코일의 저항 효과가 커져 코일에 걸리는 전압이 커지므로 저항에 걸리는 전압은 작아진다.

14 ㄱ. (나)에서 전기 신호의 주기는 $C > B > A$ 순이므로 진동수는 $A > B > C$ 순이다. 따라서 A가 가장 고음을 낸다.

오답 바로 알기 ㄴ. P에 코일을 연결하면 진동수가 작을수록 저항과 스피커에 걸리는 전압이 크다. 따라서 진동수가 가장 작은 C가 가장 큰 소리를 낸다.

ㄷ. P에 축전기를 연결하면 진동수가 클수록 저항과 스피커에 걸리는 전압이 크다. 따라서 진동수가 가장 큰 A가 가장 큰 소리를 낸다.

15 ② 안테나 속 자유 전자는 전기장과 반대 방향으로 전기력을 받는다.

오답 바로 알기 ①, ③ 전파는 안테나의 자유 전자를 진동시키며, 안테나에 교류가 흐르게 한다.

④ 전파의 진동수와 수신 회로의 고유 진동수가 일치하여 공명을 일으킬 때 최대 전류가 흘러 원하는 방송을 들을 수 있다. 진동수가 f_A 인 방송만 나오고 있으므로 수신 회로의 고유 진동수는 f_A 이다.

⑤ 수신 회로의 고유 진동수는 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이므로 코일과 축전기의 특성을 조절하면 수신 회로의 고유 진동수를 바꿀 수 있다.

16 ㄱ. RFID 시스템은 안테나와 IC 칩이 내장된 태그, 태그로 전파를 보내고 받는 리더, 리더에서 수집하고 판독한 정보를 저장·처리하는 호스트로 구성되며, 교통 카드는 태그에 해당한다.

ㄷ. 태그와 리더의 고유 진동수가 같을 때 전자기파 공명 현상이 일어나 정보를 주고받는다.

오답 바로 알기 ㄴ. RFID 시스템은 전파를 이용하여 물체의 정보를 비접촉 방식으로 수집, 판독, 저장, 처리하는 기술이다.

17 ㄴ. 태그에는 IC 칩이 내장되어 있어 아파트 동호수를 식별할 수 있는 정보가 담겨 있다.

ㄷ. 태그와 리더 사이에는 전자기파 공명 현상을 이용한 정보 교환이 일어난다.

오답 바로 알기 ㄱ. 리더는 전파를 이용하여 태그의 정보를 읽는다.

18 ㄴ. 트랙 간격은 (나)가 (가)보다 작다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)는 CD, (나)는 DVD이다.

ㄷ. 정보를 재생할 때 이용하는 빛의 파장은 (나)가 (가)보다 짧다.

19 ㄴ. 전기적 성질을 이용한 저장 매체는 외부 자기장에 의한 손실이 거의 없다.

오답 바로 알기 ㄱ. 디지털 정보로 저장한다.

ㄷ. 플래시 메모리는 전원이 꺼져도 저장된 정보가 사라지지 않는다.

20 ㄱ. 빨강 빛만 비추었을 때는 광전 효과가 일어나지 않았고, 빨강 빛과 초록 빛을 동시에 비추었을 때는 광전 효과가 일어났으므로, 광자 1개의 에너지는 초록 빛이 빨강 빛보다 크다.

ㄴ. 파랑 빛의 파장이 초록 빛보다 짧으므로 파랑 빛을 비추었을 때 전자가 금속판에서 방출되는 광전 효과가 일어난다.

오답 바로 알기 ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는 광자 1개의 진동수와 관계있다. 따라서 광자 1개의 진동수가 큰 파랑 빛만 비추었을 때가 빨강 빛과 초록 빛을 동시에 비추었을 때보다 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

21 ㄷ. 교류 전원의 진동수가 f_0 일 때, X와 Y의 저항 효과가 같으므로 저항에 흐르는 전류가 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. X는 축전기, Y는 코일이다.

ㄴ. Y는 코일이며, 진동수가 큰 신호를 잘 흐르지 못하게 하는 성질이 있다.

22 회로에서 저항의 크기만을 크게 할 경우 회로의 고유 진동수에는 변화가 없으며, ㄷ과 같이 전류의 세기만 작아진다. 코일의 L 값만 증가시킬 경우 회로의 고유 진동수는 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이므로 고유 진동수가 작아진다. 따라서 ㄱ과 같이 전류가 최대로 흐르는 전원 장치의 진동수도 작아진다.

23 ㄱ. 입사각 θ_1 이 굴절각 θ_2 보다 작으므로 굴절률은 A가 B보다 크다.

ㄴ. 입사각이 θ_1 으로 같을 때 (가)의 경우 전반사가 일어나지 않았고, (나)의 경우 전반사가 일어났다. 따라서 A와 B 사이의 임계각 $> \theta_1 > A$ 와 C 사이의 임계각이다.

오답 바로 알기 ㄷ. (가)에서 굴절률은 $A > B$ 이고, (나)에서 굴절률은 $A > C$ 이다. 굴절률 차이가 클수록 임계각이 작으므로, A와 C의 굴절률 차이가 A와 B의 굴절률 차이보다 크다. 따라서 굴절률은 $A > B > C$ 이다. A, B, C를 이용하여 광섬유를 만들 때 코어를 B로 만들었다면 클래딩은 굴절률이 B보다 작은 C로 만들어야 한다.

서술형 문제

본문 131쪽

1 (가)의 상태에서 처음으로 (나)의 상태로 되는 데 걸리는 시간은 $\frac{1}{4}$ 주기이며, 파동의 속력 = $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이다.

예시답안 (1) 파동의 주기는 12초이다.

(2) 파장은 $\frac{2}{3}L$ 이고, 주기는 12초이므로 속력은 $\frac{L}{18}$ 이다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)의 답을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
(2)만 옳게 설명한 경우	70 %
(1)만 옳게 설명한 경우	30 %

2 공기 기둥 공명 장치에서는 닫힌 관에서의 정상파가 생기며, 정상파가 만들어질 때 크게 올리는 소리가 들린다. 정상파의 반 파장은 $50 - 30 = 20(\text{cm})$ 이며, 소리의 진동수는 소리굽쇠의 고유 진동수와 같다.

예시답안 (1) 첫 번째 공명이 일어나는 수면까지의 거리 L 은 파장의 $\frac{1}{4}$ 에 해당하는 10 cm이다.

(2) $v = f\lambda$ 에 의해 소리의 진동수는 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340 \text{ m/s}}{0.4 \text{ m}} = 850 \text{ Hz}$ 이며, 소리굽쇠의 진동수는 소리의 진동수인 850 Hz와 같다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)의 답을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
(2)만 옳게 설명한 경우	70 %
(1)만 옳게 설명한 경우	30 %

3 빛의 3원색 중 빨간색과 초록색을 같은 세기로 합성하면 노란색이 되고, 빨간색만 세기를 2배로 하면 주황색이 된다. 빛의 진동수가 문턱 진동수보다 크면 광전 효과가 일어나며, 이때 빛의 세기가 커질수록 방출되는 전자의 개수는 많아진다.

예시답안 (1) A는 초록색, B는 빨간색이다.

(2) 빨간색은 광전 효과를 일으키지 않고, 초록색은 광전 효과를 일으킨다. 따라서 $f_A > f_0 > f_B$ 이다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)의 답을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
(2)만 옳게 설명한 경우	70 %
(1)만 옳게 설명한 경우	30 %

4 교류 전원의 진동수가 증가하더라도 저항의 저항값은 변하지 않지만, 축전기와 코일은 교류 전원의 진동수에 따라 저항 효과가 변한다. 교류 전원의 진동수가 증가하면 축전기의 저항 효과는 작아지고, 코일의 저항 효과는 커진다.

예시답안 A의 밝기는 그대로이며, B의 밝기는 밝아지고, C의 밝기는 어두워진다.

채점 기준	배점
A~C의 밝기 변화를 모두 옳게 설명한 경우	100 %
A~C의 밝기 변화 중 둘만 옳게 설명한 경우	70 %
A~C의 밝기 변화 중 하나만 옳게 설명한 경우	30 %

5 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행하고, 입사각이 임계각보다 클 때 매질의 경계면에서 빛은 전반사한다.

예시답안 (1) 매질 A의 굴절률이 B의 굴절률보다 크다.
(2) 굴절각이 90° 가 될 때의 입사각을 임계각이라고 한다.
(3) 입사각 θ 는 임계각보다 크다.

채점 기준	배점
(1), (2), (3)을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
(1), (2), (3) 중 둘만 옳게 설명한 경우	70 %
(1), (2), (3) 중 하나만 옳게 설명한 경우	30 %

수능 맛보기

본문 132~133쪽

기출1 ①	1 ①	기출2 ②	2 ①
기출3 ⑤	3 ④	기출4 ⑤	4 ②

기출1 ㄱ. 소리의 세기가 갑자기 커지는 이유는 관 안에서 공명이 일어나기 때문이다.

오답 바로 알기 ㄴ. f_2 에서 정상파의 반 파장은 8 cm이므로 ㉠은 20 cm이다.

ㄷ. f_1 일 때 파장은 12 cm, f_2 일 때 파장은 16 cm이므로

$$f_1 : f_2 = \frac{1}{12} : \frac{1}{16} = 4 : 3 \text{이다.}$$

1 ㄱ. PVC 관을 물에 담그면 한쪽 끝이 막힌 관이 된다.

오답 바로 알기 ㄴ. 정상파의 파장은 60 cm이다.

ㄷ. 소리굽쇠의 진동수와 정상파의 진동수는 같다.

기출2 ㄴ. (나)는 전자이며, 전기장 안에서 전기장의 방향과 반대 방향의 전기력을 받는다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)는 진동수이다.

ㄷ. (다)는 입자성이다.

2 ㄴ. 광전 효과는 빛의 입자성의 증거이다.

오답 바로 알기 ㄱ. $f > f_0$ 이다.

ㄷ. 단색광의 파장이 짧을수록 방출되는 전자의 운동 에너지가 증가한다.

ㄹ. 단색광의 세기가 셀수록 방출되는 전자의 개수가 증가한다.

기출3 ㄴ. 마이크에서는 소리가 전기 신호로 바뀐다.

ㄷ. 전자기파를 송신하거나 수신하는 역할은 안테나가 한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 휴대 전화 통신에 이용되는 전자기파는 전파이다.

3 ㄱ. 인공위성은 위성 방송을 송신하고 수신하므로 전자기파를 송수신하는 안테나 역할을 한다.

ㄴ. 스피커에서는 전기 신호가 소리로 전환된다.

오답 바로 알기 ㄷ. 위성 통신에 이용되는 전자기파는 전파이다.

기출4 ㄴ. 하드 디스크는 강자성체인 산화철의 배열로 정보를 저장한다.

ㄷ. CD는 빛의 간섭에 의한 빛의 세기를 이용하여 정보를 읽는다.

오답 바로 알기 ㄱ. 플래시 메모리는 외부 전원이 끊어져도 저장된 정보가 사라지지 않는다.

4 ㄴ. (나)는 DVD이며, CD에 비해 기록 밀도가 높다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)는 자기적 성질을 이용한 하드 디스크이며, 정보를 재생할 때 전자기 유도 현상을 이용한다.

ㄷ. (다)는 플래시 메모리로, 강유전체의 유전 분극 현상을 이용한다.

1

전기 에너지의 발생

핵심 개념 체크

본문 136~137 쪽

- 1 V(볼트) 2 (1) 화학 에너지 (2) 빛에너지 (3) 역학적 에너지
3 전자기 유도 4 방해 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○
6 (1) - ㉠ (2) - ㉡ (3) - ㉢ 7 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

출제 예상 문제

본문 138~140 쪽

- | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ⑤ | 03 ③ | 04 ③ | 05 ⑤ |
| 06 (가) a → ㉠ → b, (나) a → ㉡ → b | | | | 07 ④ |
| 08 ④ | 09 ⑤ | 10 ④ | 11 ② | 12 ④ |
| 13 ⑤ | 14 ⑤ | 15 ② | | |

01 ③ 코일과 자석이 같은 방향으로 운동할 때 서로 같은 속력으로 움직이면 코일 주위의 자기장의 세기가 변하지 않는다. 따라서 코일에 유도 전류가 발생하지 않는다.

오답 바로 알기 ① 자석 위로 코일이 떨어지면 코일 주위의 자기장의 세기가 변한다.

② 자석이 코일의 중심을 향해 운동하면 코일 주위의 자기장의 세기가 변한다.

④ 한쪽 코일에 전류가 흐르기 시작하는 순간 코일 주위의 자기장의 세기가 변한다. 그러면 마주 보는 코일 주위의 자기장의 세기도 변하여 코일에 순간 전류가 흐르게 된다.

⑤ 코일과 코일 안에 들어 있는 자석이 반대 방향으로 운동할 때 코일 주위의 자기장의 세기가 변하므로 전류가 흐르게 된다.

02 ⑤ 교류 발전기에서 코일이 운동할 때 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환된다.

오답 바로 알기 ① 코일이 회전하면 코일 주위의 자속은 계속 변한다.

② 슬립링을 통해 발생하는 유도 전류의 세기는 계속 변한다.

③ 코일의 회전 속력을 빠르게 할수록 전구에서 소비하는 전력은 증가한다.

④ 코일의 회전 방향을 반대로 바꾸어도 전구에 불이 켜진다.

03 ㄷ. 렌츠 법칙에 따라 코일이 자석을 통과하기 전에는 a 방향으로, 자석을 통과한 후에는 b 방향으로 전류가 흐른다.

오답 바로 알기 ㄱ. A에서 원형 도선 아래 부분에 N극이 생기도록 유도 전류가 흐르므로 원형 도선에는 a 방향으로 전류가 흐른다.

ㄴ. B에서 원형 도선이 S극에서 멀어지므로 원형 도선 위쪽에 N극이 형성되고, 자석과 도선 사이에는 인력이 작용하므로 도선에는 위쪽으로 자기력이 작용한다.

04 ㄷ. 구리 원판이 회전하는 이유는 회전하는 자석에 의해 구리

원판 주위의 자기장의 세기가 변하게 되어 구리 원판에 전류가 유도되기 때문이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 자석이 회전하면 자석의 N극과 S극이 구리 원판의 자기장을 계속 번갈아가면서 바꾸므로 자속의 크기도 계속 변하게 된다.

ㄴ. 자석이 회전하면 구리판에 전자기 유도 현상이 나타나 구리 원판과 자석이 회전하는 방향이 같다.

05 ㄴ. 구리 판에서는 유도 기전력이 나타나 자석의 속력이 느려진다.

ㄷ. 자석이 낙하하는 동안 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환되었기 때문에 자석의 역학적 에너지는 감소한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 플라스틱 판에서는 전자기 유도 현상이 나타나지 않으므로 자석은 등속도 운동을 하는 것이 아니라 등가속도 운동을 한다.

06 (가)와 (나)에서 자석의 N극이 모두 코일에 가까이 다가가므로 코일의 위쪽에 N극이 생긴다. 따라서 (가)와 (나)의 코일에는 모두 a → ㉠ → b 방향으로 전류가 흐른다.

07 ㄱ. 손으로 줄을 잡아당기면서 전동기의 코일을 운동시키면 코일 주위의 자기장의 세기가 변하게 되어 유도 전류가 발생한다.

ㄴ. 코일의 감은 수를 증가시키면 유도 전류의 세기가 증가하기 때문에 꼬마전구의 밝기는 밝아진다.

오답 바로 알기 ㄷ. 줄을 더 빠르게 잡아당기면 코일이 더 빠르게 돌기 때문에 유도 전류가 더 많이 발생하게 되어 꼬마전구가 밝아진다.

08 ㄱ. 바람개비가 돌아가면 전동기에 있는 코일이 회전하면서 코일 주위의 자기장의 세기가 변하므로 전자기 유도 현상이 발생하여 전구에 불이 들어온다.

ㄷ. 풍력 발전은 이와 같은 현상을 응용하여 전기 에너지를 생산한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 입으로 부는 바람의 세기가 증가하면 바람개비의 회전 속력이 빨라져 전구에 흐르는 전류의 세기가 증가하므로 전구의 밝기는 밝아진다.

09 ㄴ. 관 속에 흐르는 액체의 속력이 빨라지면 코일 주위의 자기장의 세기 변화가 빨라져 유도 전류의 세기가 증가한다.

ㄷ. 유도 전류가 발생하는 과정에서 액체의 운동 에너지가 코일의 전기 에너지로 전환된다.

오답 바로 알기 ㄱ. 관 속에 흐르는 액체의 속력이 일정하면 날개가 등속도로 회전하면서 유도 전류가 흐른다.

10 ㄱ. A는 전자기 유도 현상을 이용하지 않는 발전 방식이므로 태양광 발전 방식이다.

ㄷ. C는 화력 발전으로, 화석 연료를 연소하여 발전하는 방식이므로 발전 과정에서 다량의 이산화 탄소가 발생한다.

오답 바로 알기 ㄴ. B는 수력 발전으로, 발전 과정에서 터빈을 돌려 발전을 하기 때문에 생성되는 전류의 방향이 주기적으로 바뀌는 교류이다.

11 ㄴ. 화력 발전은 화석 연료를 연소시켜 발전기의 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 수력 발전은 물의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지를 이용하여 발전기의 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산한다.

ㄷ. 원자력 발전은 핵에너지를 이용하여 발전기의 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산한다.

12 ㄱ, ㄴ. 수력 발전은 물의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지를 이용하여 발전기의 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산한다.

오답 바로 알기 ㄷ. 수력 발전 과정에서 이산화 탄소가 발생하지는 않지만, 댐 건설을 하면서 생태계에 영향을 준다.

13 원자력 발전은 핵에너지를 이용하여 전기를 생산하는 발전 방식이다.

14 ㄱ. 화력 발전은 비교적 입지 조건이 까다롭지 않으나 화석 연료의 고갈과 이산화 탄소 배출로 인한 대기오염이 발생한다.

ㄴ. (나)에 설명하는 장점과 단점은 원자력 발전 방식에 대한 설명이다.

ㄷ. 수력 발전은 화력 발전에 비해 연료의 고갈 걱정이 없으며, 대기 오염에 대한 우려가 적다.

15 ㄴ. 발전기를 회전시키는 것은 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되는 과정이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 화력 발전은 화석 연료를 연소시켜 증기를 만들고, 이 증기의 힘으로 발전기의 터빈을 돌린다.

ㄷ. 화력 발전은 화석 연료의 고갈과 이산화 탄소 배출로 인한 대기 오염이 발생하는 단점이 있다.

2 전력 수송

핵심 개념 체크

본문 141~142쪽

- 1** 직류 **2** 교류 **3** 3600, 3600 **4** VIt **5** 50 Wh **6** $\frac{V^2}{R}t$
7 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ **8** 송전 **9** 전력 손실
10 20 W **11** $\frac{1}{4}$ 배 **12** 변압기 **13** 110 V
14 (1) ○ (2) × (3) ×

출제 예상 문제

본문 143~145쪽

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

01 ③ 교류는 패러데이 법칙에 의해 발생하는 유도 기전력으로 생성된다.

오답 바로 알기 ①, ② 직류는 시간이 지나도 전류의 방향이 변하지 않는 안정적인 전류로, 가전 제품에 직접 이용할 수 있다.

④, ⑤ 교류는 전자기 유도 현상으로 발생하는 전류로, 전류의 방향과 세기가 주기적으로 변한다. 이러한 교류는 변압기를 사용하여 쉽게 전압을 바꿀 수 있다.

02 ㄱ. (가)의 콘센트는 발전소에서 발생한 전압이 송전되는 것으로, 교류 전압이다.

ㄴ. 휴대 전화 충전 장치는 축전기와 다이오드를 이용하여 교류 전압을 직류 전압으로 변환시켜 준다.

오답 바로 알기 ㄷ. (나)는 직류 전압으로, 주로 가전 제품에 직접 이용한다. 전력 수송에 주로 이용되는 전압은 교류 전압이다.

03 전력은 $P = VI = \frac{V^2}{R}$ 이므로 $R = \frac{V^2}{P}$ 이다. 따라서 전기다 리미의 저항은 $R = \frac{(200 \text{ V})^2}{1000 \text{ W}} = 40 \Omega$ 이다.

04 ㄴ. (나)에서 다이오드는 전류를 한쪽 방향으로 흐르게 하는 정류 작용을 한다. 따라서 발광 다이오드를 교류 전원에 연결하면 순방향으로 연결되었을 때만 불이 켜진다.

오답 바로 알기 ㄱ. (나)의 발광 다이오드가 깜빡이는 것으로 보아 전류의 방향이 바뀌는 교류 전원이다.

ㄷ. (가)의 전구에 직류 전원을 연결하면 전구 안의 필라멘트에 전류가 흐르면서 불이 들어오게 된다.

05 ㄴ. 열량계의 저항이 5Ω 이고, 회로에 흐르는 전류가 4 A 이므로 옴의 법칙에 따라 $V = IR = 4 \text{ A} \times 5 \Omega = 20 \text{ V}$ 이다. 따라서

열량계에 연결된 전압계의 전압은 20 V이다.

ㄷ. 열량계의 소비 전력은 $P = I^2 R$ 이므로 열량계에서 소비되는 전력은 $P = (4 \text{ A})^2 \times 5 \Omega = 80 \text{ W}$ 이다. 또는 $P = VI = 20 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 80 \text{ W}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 전류계에 연결된 (—)단자가 5 A이므로 전류계의 측정값은 4 A이다.

06 ① 회로에 흐르는 전류의 세기가 3 A이므로 옴의 법칙 $V = IR$ 에 의해 회로의 전체 저항은 $R = \frac{9 \text{ V}}{3 \text{ A}} = 3 \Omega$ 이다. 1 Ω의 전구와 전동기가 직렬 연결되어 있으므로 전동기의 저항은 2 Ω이다.

오답 바로 알기 ② 전구에서 소비되는 전력은 $P_{\text{전구}} = I^2 R = (3 \text{ A})^2 \times 1 \Omega = 9 \text{ W}$ 이다.

③ 전동기에서 소비되는 전력은 $P_{\text{전동기}} = I^2 R = (3 \text{ A})^2 \times 2 \Omega = 18 \text{ W}$ 이다.

④ 건전지의 전기 에너지는 전구의 빛에너지와 전동기의 운동 에너지로 전환된다.

⑤ 저항이 2 Ω인 전구를 회로에 연결하면 회로의 전체 저항이 증가하므로 회로에 흐르는 전류의 세기가 감소한다. 따라서 전동기에서 소비되는 전력은 감소한다.

07 발전소에서 변전소로 전력 P_0 를 전압 V_0 로 송전했을 때 $P_0 = V_0 I_0$ 이므로 송전선에 흐르는 전류의 세기는 $I_0 = \frac{P_0}{V_0}$ 이다. 따라서 송전선에서 소비되는 전력은 $P = I_0^2 R = \left(\frac{P_0}{V_0}\right)^2 R$ 이다. 그리고 발전소에서 전력은 그대로 두고 전압을 2배로 높여서 송전하면 송전선에 흐르는 전류의 세기는 $I = \frac{P_0}{2V_0}$ 이므로 소비되는 전력은 $P' = \left(\frac{P_0}{2V_0}\right)^2 R = \frac{1}{4}P$ 이다.

08 A에 흐르는 전류의 세기 I_A 는 $2P = VI_A$ 에서 $I_A = \frac{2P}{V}$ 이고, B에 흐르는 전류의 세기 I_B 는 $P = VI_B$ 에서 $I_B = \frac{P}{V}$ 이다. 두 송전선에서의 전력 손실이 같으므로 $P_{\text{손실}} = I_A^2 R = I_B^2 R_B$ 에서 $\left(\frac{2P}{V}\right)^2 R = \left(\frac{P}{V}\right)^2 R_B$ 이므로 $R_B = 4R$ 이다.

09 ㄴ. 변전소의 변압기에서 출력되는 전압을 증가시키면 송전선에서 단위 시간당 발생하는 열이 감소하므로 전력 손실이 줄어든다.

오답 바로 알기 ㄱ. 원자력 발전은 핵에너지를 이용하여 물을 끓여 증기를 만들고, 이 증기가 발전기의 터빈을 돌려 전기를 생산한다.

ㄷ. 송전선에 흐르는 전류는 발전기에서 생산되는 교류이다.

10 ㄱ. 화력 발전소에서 생산되는 전류는 교류이다.

오답 바로 알기 ㄴ. A에 흐르는 전류를 I_A , B에 흐르는 전류를 I_B

라고 할 때 A에서의 전력 손실은 $-\frac{2}{10}P = I_A^2 R$, B에서의 전력 손실은 $-\frac{2}{10}P = I_B^2 \frac{R}{4}$ 이므로 $I_A^2 R = I_B^2 \frac{R}{4}$ 이다. 따라서 $I_B = 2I_A$ 이므로 B에 흐르는 전류의 세기는 A의 2배이다.

ㄷ. 화력 발전소에서의 송전 전압을 V_A , 변전소에서의 송전 전압을 V_B 라고 하면, A에서의 전력 손실은 $-\frac{2}{10}P = \left(\frac{P}{V_A}\right)^2 R$ 이다.

그리고 A에서 전력 손실이 $-\frac{2}{10}P$ 이므로 변전소에 공급되는 전력은 $P - \frac{2}{10}P = \frac{8}{10}P$ 이다. 따라서 B에서 전력 손실은

$-\frac{2}{10}P = \left(\frac{\frac{8}{10}P}{V_B}\right)^2 \frac{R}{4}$ 이다. A, B에서의 전력 손실이 같으므로

$\left(\frac{P}{V_A}\right)^2 R = \left(\frac{\frac{8}{10}P}{V_B}\right)^2 \frac{R}{4}$ 에서 $V_A = 2.5V_B$ 이다.

11 ㄱ. 원자력 발전소에서는 대용량의 교류를 생산한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 단위를 통일해서 각 송전선에 걸리는 전압의 크기를 정리하면 A는 22400 V, B는 154000 V이고, C는 220 V이다. 따라서 전압의 크기는 $B > A > C$ 이다.

ㄷ. 송전선에서 단위 길이당 전력 손실은 송전 전압이 높을수록 작아진다. 따라서 A와 C가 같은 종류의 도선일 때 단위 길이당 발생하는 전력 손실은 A보다 C에서 크다.

12 변압기에서 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비와 전류의 비는 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$ 이므로 $\frac{2}{1} = \frac{I}{10 \text{ A}}$ 에서 $I = 20 \text{ A}$ 이다.

13 ㄱ. 변압기는 교류의 전압을 변화시켜 주는 장치이므로 V_1 과 V_2 는 교류 전압이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 변압기에서 입력 전류 I_1 , 출력 전류 I_2 는 1차 코일의 감은 수 N_1 , 2차 코일의 감은 수 N_2 및 입력 전압 V_1 , 출력 전압 V_2 와 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$ 의 관계가 있다. 따라서 전류는 전압과 반비례 관계이므로 I_1 과 I_2 는 같지 않다.

ㄷ. $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$ 이므로 $V_2 = \frac{N_2}{N_1}V_1$ 이다.

14 ㄴ. 전력을 일정하게 공급할 때 송전 전압과 송전 전류는 반비례하므로 송전 전압을 높이면 송전 전류가 감소하게 되어 송전선에 흐르는 전류가 감소한다. 송전선에서 전력 손실은 $P = I^2 r$ 이므로 송전선에 흐르는 전류가 작아지면 전력 손실도 줄어들게 된다.

오답 바로 알기 ㄱ. 교류는 시간에 따라 전류의 세기와 방향이 주기적으로 변한다.

ㄷ. 변압기에서 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비와 1차 코일과 2차 코일의 전압의 비는 같다($N_1 : N_2 = V_1 : V_2$). 따라서 변압기

에서 전압을 낮추기 위해서는 2차 코일의 감은 수를 1차 코일의 감은 수보다 작게 해야 한다.

15 ㄱ. 2차 코일의 감은 수가 더 많으므로 변압기를 사용하면 전동기에 걸리는 전압이 증가한다.

ㄴ. 전동기의 저항이 일정하므로 전압이 증가하면 옴의 법칙 $V = IR$ 에서 전동기에 흐르는 전류는 증가한다.

오답 바로 알기 ㄷ. 변압기에서 소비하는 전력이 없으므로 1차 코일에 공급되는 전기 에너지는 2차 코일에서 소비하는 전기 에너지와 같다.

3 핵에너지

핵심 개념 체크

본문 146~147쪽

- 1** (1) 원자핵 (2) 질량 결손 (3) 동위 원소 **2** 143개
3 (가) 56, (나) 92 **4** 헬륨 원자핵(${}^4_2\text{He}$) **5** (1) ○ (2) ○ (3) ×
6 연쇄 반응 **7** 원자로 **8** 고속 증식로
9 (1) - ㉔ (2) - ㉕ (3) - ㉖ **10** 방사선

출제 예상 문제

본문 148~150쪽

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

01 ㄱ. A 과정에서 전자가 방출되는 것으로 보아 β 붕괴 과정이다.
 ㄷ. B 과정에서 전하량 보존 법칙에 따라 $84 = 82 + x$ 이므로 (나)의 원자 번호는 $x = 2$ 이고, 질량수 보존 법칙에 따라 $210 = 206 + y$ 에서 (나)의 질량수는 $y = 4$ 이다. 따라서 (나)는 헬륨(${}^4_2\text{He}$) 원자핵이다.

오답 바로 알기 ㄴ. A 과정은 β 붕괴를 하면서 중성자 1개가 양성자 1개로 변환되는 핵반응 과정이다. 전하량 보존 법칙에 따라 $83 = Z - 1$ 에서 (가)의 원자 번호는 $Z = 84$ 이다.

02 ㄱ. (가)에서 A는 질량수 보존 법칙에 따라 $55 + x = 56$ 이므로 $x = 1$ 이고, 전하량 보존 법칙에 따라 $25 + y = 25$ 이므로 $y = 0$ 이다. 따라서 A는 중성자(${}^1_0\text{n}$)이다.

오답 바로 알기 ㄴ, ㄷ. (나)에서 망간의 질량수와 양성자수가 변하지 않은 것으로 보아 γ 선이 방출되었고, γ 선의 전하량은 0이다. (나)의 핵변환 과정에서는 γ 선만 나타난다.

03 핵반응 후 질량의 합이 핵반응 전 질량의 합보다 줄어든다. 이를 질량 결손이라 하며, 이때 에너지의 크기는 질량 · 에너지 등가 원리에 따라 $E = \Delta mc^2 = (m_1 + m_2 - m)c^2$ 이다.

04 ㄱ. B에서 전하량 보존 법칙에 따라 $1 + 1 = 2 + x$ 이므로 (가)의 원자 번호는 $x = 0$ 이고, 질량수 보존 법칙에 따라 $2 + 3 = 4 + y$ 에서 (가)의 질량수는 $y = 1$ 이다. 따라서 (가)는 중성자(${}^1_0\text{n}$)이다.

오답 바로 알기 ㄴ. A는 무거운 원소가 가벼운 원소로 변환되는 핵분열 과정이고, B는 가벼운 원소가 융합하여 무거운 원소로 변환되는 핵융합 과정이다.

ㄷ. 원자핵 안에 있는 핵자 하나의 질량을 u 라 하면 단위 질량당 얻을 수 있는 총 에너지는 핵분열에서 $\frac{200 \text{ MeV}}{236u} \approx 0.85 \text{ MeV}$ 이고,

핵융합에서 $\frac{21.6 \text{ MeV}}{6u} = 3.6 \text{ MeV}$ 이다. 따라서 단위 질량당 얻을 수 있는 에너지는 핵융합 과정이 더 많다.

05 ㄱ. 전하량 보존 법칙에 따라 핵반응 전과 후의 전하량은 변하지 않는다.

ㄴ. 핵반응에는 무거운 원자가 쪼개져 다른 원자핵으로 변하는 핵분열, 가벼운 원자가 융합하여 무거운 원자로 변하는 핵융합이 있다.

오답 바로 알기 ㄴ. 핵반응이 일어나면 반응 전후의 질량수는 보존되지만 질량은 줄어든다.

06 ㄴ. 원자로에서 핵분열을 일으키기 위해서는 느린 중성자가 필요한데, 이를 위해서 빠른 중성자를 느리게 만들어 주는 감속재가 필요하다.

오답 바로 알기 ㄱ. 무거운 원자핵이 가벼운 원자핵으로 나누어지는 현상은 핵분열이다.

ㄴ. \odot 은 핵융합으로, 반응 전 핵의 질량이 반응 후 핵의 질량보다 크다.

07 ㄴ. 핵반응 시 질량수의 합과 양성자수의 합이 보존된다.

질량수 : $1 + 235 = 92 + 141 + 3 \times (\odot \text{의 질량수}) \therefore \odot \text{의 질량수} = 1$
 양성자수 : $0 + 92 = 36 + 56 + 3 \times (\odot \text{의 양성자수}) \therefore \odot \text{의 양성자수} = 0$

따라서 \odot 은 중성자(${}^1_0\text{n}$)이다.

ㄴ. 핵분열 반응에서 반응 전 원자핵의 질량의 합이 반응 후 원자핵의 질량의 합보다 크고, 그 차이만큼의 질량이 에너지로 방출된다.

오답 바로 알기 ㄱ. 우라늄(${}^{235}_{92}\text{U}$)의 양성자수가 92이고, 235는 질량수이다.

08 ㄱ. 철(${}^{56}_{26}\text{Fe}$)의 핵자당 결합 에너지가 가장 크며, 이때 원자핵이 가장 안정하다.

ㄴ. 원자핵을 핵자별로 분리시키는 데 필요한 에너지를 결합 에너지라고 하며, 원자핵의 결합 에너지를 원자핵 속의 핵자의 수로 나눈 값을 핵자당 결합 에너지라고 한다.

ㄴ. 철보다 무거운 원자핵은 분열하는 것이 보다 안정하게 되는 것이고, 철보다 가벼운 원자핵은 결합하는 것이 보다 안정하게 되는 것이다. 이때 에너지가 방출된다.

09 ㄴ. 철(${}^{56}_{26}\text{Fe}$)보다 무거운 우라늄(${}^{238}_{92}\text{U}$) 원자핵은 가벼운 원자핵으로 쪼개지면서 에너지가 방출되는 핵분열을 한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 일반적으로 가벼운 원소인 수소(H) 4가 모여서 헬륨(${}^4_2\text{He}$) 원자핵 1개가 만들어지면 수소 원자핵 4개의 질량보다 헬륨 원자핵 1개의 질량이 가볍다. 따라서 가벼운 원자핵이 무거운 원자핵으로 변환되는 핵융합 과정은 에너지를 방출하게 된다.

ㄴ. 가장 안정된 원소는 철(${}^{56}_{26}\text{Fe}$)이다.

10 •영희 : 핵융합과 핵분열 두 반응 모두 반응 전 원자핵의 질량이 반응 후 원자핵의 질량보다 크다.

•민수 : 원자로는 우라늄 연료가 핵분열을 일으키는 장소로, 중성자의 속도를 느리게 하여 핵분열을 쉽게 일으키게 하는 물질인 물이나 흑연 등의 감속재를 사용한다.

오답 바로 알기 •철수 : 핵융합은 2개의 원자핵이 융합하여 하나의 무거운 원자핵을 형성하는 현상이고, 핵분열은 무거운 원자핵이 2개의 새로운 원자핵으로 쪼개지는 현상이다.

11 ㄱ. 원자력 발전은 우라늄 연쇄 반응의 속도를 일정하게 유지시켜 핵분열 과정에서 방출되는 에너지를 활용하여 전기를 생산하는 발전 방식이다.

ㄴ. 중수로 발전은 우라늄을 농축하지 않은 천연 우라늄을 사용한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 중수로 발전은 냉각재와 감속재로 중수를 사용한다. 중수를 사용하면 감속 효과가 우수하나 중수를 얻기 어렵다.

12 ㄱ. 크립톤(${}^{92}_{36}\text{Kr}$)의 질량수는 92, 양성자수는 36이다. 따라서 중성자수는 $92 - 36 = 56$ 이다.

ㄴ. 핵분열 반응에서 반응 전 원자핵의 질량보다 반응 후 원자핵의 질량 합이 작으므로 그 질량 차이만큼 질량 결손 에너지가 방출된다.

오답 바로 알기 ㄴ. 원자로에서 빠른 속도로 운동하는 중성자는 우라늄의 핵분열 반응이 잘 일어나지 않게 하므로 그 속도를 줄여 핵분열을 쉽게 일으키게 하는 물질을 감속재라고 한다.

13 ⑤ 냉각재는 핵분열 시 발생하는 열을 식혀 주는 역할을 하는 물질로, 주로 물 또는 이산화 탄소를 사용한다.

오답 바로 알기 ① 반응 전 원자핵의 질량은 반응 후 원자핵의 질량보다 크며, 반응 후 질량 결손만큼 에너지를 방출한다.

② 우라늄(${}^{235}_{92}\text{U}$)은 느린 중성자를 흡수하면 불안정한 우라늄 원자핵이 되어 핵분열을 한다.

③ 제어봉은 중성자를 흡수하여 우라늄의 연쇄 반응의 속도를 일정하게 유지시키는 것을 도와준다.

④ 감속재는 중성자의 속도를 느리게 하여 핵분열을 쉽게 일으키게 하는 물질로, 물이나 흑연 등이 사용된다.

14 ② A는 α 선, B는 β 선, C는 γ 선이다.

오답 바로 알기 ① 투과력이 가장 큰 방사선은 γ 선으로, 전기장의 영향을 받지 않고 직진하는 C이다.

③ 음극선과 성질이 같은 방사선은 β 선으로, B이다.

④ 헬륨 원자핵은 α 입자로, 성질이 같은 방사선은 A이다.

⑤ 전기장이나 자기장 속을 직진하는 방사선은 γ 선으로, C이다.

15 ㄱ. Sv(시버트)는 신체 각 기관별로 작용하는 차이를 고려한 가중치를 곱한 값으로, 1 Sv는 신체 1 kg이 1 J의 에너지를 흡수한 것이다.

ㄴ. 도표에서 보면 1000 mSv 인 인공 방사선이 전신에 노출되면 구토와 권태감이 나타난다.

ㄴ. 강한 방사선에 노출되면 세포가 손상되어 암, 백내장, DNA 변형 등이 일어나고, 심한 경우 사망에 이른다.

4

태양 전지와 신·재생 에너지

핵심 개념 체크

본문 151~152 쪽

- 1 (가) n형, (나) p형, 전류의 방향 : A
 2 (1) 광전 효과 (2) 양공, 전자 (3) 전자, 양공
 3 (1) - ㉠ (2) - ㉡ (3) - ㉢ 4 신·재생 에너지
 5 신·재생 에너지 6 (1) - ㉣ (2) - ㉤ (3) - ㉥ (4) - ㉦
 7 태양열 발전 8 열에너지 9 연료 전지 10 (1) H_2 (2) H_2O

출제 예상 문제

본문 153~155 쪽

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

01 ④ 태양 전지에 빛을 비추면 n형 반도체에 있는 전자들은 위쪽으로, p형 반도체에 있는 양공들은 아래쪽으로 이동한다. 따라서 전자들은 n형 반도체에서 나와 p형 반도체로 이동하므로 전류의 방향은 $b \rightarrow R \rightarrow a$ 이다.

오답 바로 알기 ① 반도체 A에서 전자들이 위쪽으로 이동하는 것으로 보아 반도체 A는 n형 반도체이다.

② 반도체 B에서 양공이 아래쪽으로 이동하는 것으로 보아 반도체 B는 p형 반도체이다.

③ (가)는 전자들이 나오는 쪽이므로 음(-)극이다.

⑤ 반도체에 비추어 주는 빛의 세기가 셀수록 전자들이 많이 발생하므로 저항에 흐르는 전류의 세기가 증가한다.

02 ② 태양 에너지를 활용한 발전은 화석 연료를 연소하여 발전하는 방식에 비해 대기오염 물질을 배출하지 않아 환경오염의 염려가 없다.

오답 바로 알기 ① 태양열 및 태양광 발전은 태양 에너지를 이용하여 전기를 생산하는 발전 방식이다. 연료비가 들지 않으며 환경오염 물질을 배출하지 않는 장점이 있다.

③, ④, ⑤ 태양열 및 태양광 발전은 초기 설비를 위한 투자 비용이 많이 들고, 발전 설비 면적에 비해 생산되는 전기 에너지의 양이 적어 에너지 밀도가 낮으며, 날씨 등 일조 시간에 영향을 받는 단점이 있다.

03 ③ 땅속은 외부 날씨의 영향을 덜 받기 때문에 여름에는 시원하고 겨울에는 비교적 따뜻하다. 이 중 마그마의 높은 열을 이용하여 물을 증기 형태로 변화시켜 발전기를 돌리는 발전 방식을 지열 발전이라고 한다.

오답 바로 알기 ① 바람의 힘으로 발전기의 날개(블레이드)를 회전시켜 전기를 생산하는 발전 방식을 풍력 발전이라고 한다.

② 해수면의 높이 차를 이용하여 터빈을 돌려 전기를 생산하는 발전 방식을 조력 발전이라고 한다.

④ 물의 낙차를 이용하여 터빈을 돌려 전기를 생산하는 발전 방식을 수력 발전이라고 한다.

⑤ 태양 전지를 이용하여 빛에너지를 전기 에너지로 전환하는 발전 방식을 태양광 발전이라고 한다.

04 ㄱ. 태양 전지가 빛을 받으면 p형 반도체에서 양공이 (+)부분으로 이동한다.

ㄴ. LED가 빛을 방출하려면 p형 반도체에 양(+)극을 연결해야 순방향 연결이 되어 전류가 흐르게 된다. 따라서 반도체 A는 p형 반도체이다.

ㄷ. LED가 빛을 방출하려면 p-n 접합면에서 전자와 양공이 락스를 넘어 결합해야 하고, 이때 락스에 해당하는 에너지가 광자로 방출된다.

05 ㄷ. 파력 발전은 파도의 운동 에너지를 이용하여 발전기 안의 공기를 압축해 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 풍력 발전에서 생산되는 전기 에너지는 전자기 유도 현상을 이용하는 발전기를 이용하기 때문에 교류이다.

ㄴ. 태양광 발전은 태양 빛의 양에 의존하여 전기를 생산하기 때문에 날씨에 영향을 많이 받는다.

06 ㄴ. (나)는 풍력 발전으로, 공기의 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다.

ㄷ. (가)~(다)에서 생산하는 에너지는 모두 신·재생 에너지이다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)는 지열 발전으로, 땅속의 열에너지로 물을 끓이기 때문에 온실 기체를 배출하지 않는다.

07 (가) 조류 발전은 바다에서 빠른 해류의 흐름을 이용하여 전기 에너지를 생산하는 발전 방식이다.

(나) 지열 발전은 땅속 마그마의 높은 열을 이용하여 물을 증기 형태로 변화시켜 전기 에너지를 생산하는 발전 방식이다.

(다) 풍력 발전은 바람의 힘으로 발전기의 날개를 회전시켜 날개에 연결되어 있는 발전기를 이용하여 전기를 생산하는 발전 방식이다.

08 ㄴ. 태양광 발전은 물질의 표면에 빛을 쏘여 주면 전자가 튀어나오는 광전 효과의 원리를 응용하여 발전한다.

ㄷ. 풍력과 태양광은 재생 에너지로, 이를 이용한 발전 방식은 모두 에너지원이 고갈될 염려가 없다.

오답 바로 알기 ㄱ. 풍력 발전에서는 공기의 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다.

09 ㄴ. (나)는 수소 연료 전지를 설치한 자동차로, 수소 연료 전지는 수소를 이온화시켜 전류를 흐르게 하는 에너지 전환 기술을 이용한다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)는 반도체에 빛을 쏘여 주었을 때 전자가 방출되는 광전 효과를 응용하여 태양의 빛에너지를 이용해 전기 에너지를 생산하여 엔진을 구동한다.

ㄷ. (가)와 (나) 모두 신·재생 에너지로 대기오염 물질을 배출하지 않는다.

10 ㄱ. 조류 발전은 해류의 흐름이 빠른 해저에 설치하여 전기를 생산하는 방식으로, 물의 역학적 에너지를 활용해 전기 에너지를 생산한다.

ㄴ. 해저에 설치되어 있는 발전기의 터빈이 돌 때 발전기에 설치되어 있는 코일과 영구 자석에 의해 전자기 유도 현상이 발생한다.

ㄷ. 해류는 해수의 흐름이므로 조류 발전은 자원 고갈의 염려가 없다.

11 ㄱ. 수소 연료 전지의 연료극((-)극)에서는 수소 분자가 전자를 방출하고 수소 이온이 된다. 공기극(+)극)에서는 산소를 공급받아 수소 이온과 결합하여 물이 생성된다. 따라서 전자는 연료극에서 공기극으로 이동한다.

ㄷ. (나)에서 반도체 A는 n형 반도체, B는 p형 반도체이며, 다이오드는 p형 반도체에 양(+)극을 연결할 때 전류가 흐른다. 따라서 연료극과 공기극을 바꾸어 연결하면 LED는 빛을 방출하지 않는다.

오답 바로 알기 ㄴ. (나)에서 반도체 B에 연결된 공기극은 양(+)극이므로 p형 반도체이다.

12 연료 전지는 물의 전기 분해의 역과정을 이용한 기술로, 연료를 연소시키지 않고 직접 전기 에너지로 변환하는 신기술이다.

연료극은 (-)극이고, 공기극은 (+)극이므로 전구에서 전류는 a 방향으로 흐른다. 또한 전해질 용액은 수소 이온(H^+)으로 되어 있으며, 반응 후 생성된 부산물은 물(H_2O)이다.

13 ④ 수소 연료 전지는 수소를 이온화시켜 전류를 흐르게 한 후 수소 이온과 산소가 결합하여 물을 만드는 과정으로, 물의 전기 분해의 역과정이다.

오답 바로 알기 ①, ② 기체 (가)는 수소(H_2)로, 연료극에 공급되는 기체이다. 기체 (나)는 산소(O_2)로, 공기극에 공급되는 기체이다.

③ 수소 연료 전지는 수소가 이온화될 때 나온 전자를 이동시켜 전류를 흐르게 하는 장치로 직류가 생성된다.

⑤ 수소 연료 전지는 수소 기체와 산소 기체가 반응 후 물을 만든다.

5 역학적 평형

핵심 개념 체크

본문 156~157쪽

1 돌림힘 **2** 수직 **3** $50\text{ N}\cdot\text{m}$ **4** 지레 **5** 고정 **6** 100 N
7 (1) × (2) × (3) ○ **8** 돌림힘 **9** 무게 중심 **10** 밑면, 낮아
 지면 **11** 복원력 **12** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

출제 예상 문제

본문 158~160쪽

01 ④ **02** ② **03** ③ **04** ① **05** ④
06 ⑤ **07** ② **08** ① **09** ① **10** ⑤
11 ⑤ **12** ③ **13** ③ **14** ③

01 지레에 무게 w 인 물체를 올려놓고 힘 F 를 작용할 때 받침점에서 물체까지의 거리를 a , 힘이 작용하는 곳까지의 거리를 b 라 하면 $w \times a = F \times b$ 의 관계가 성립한다. 따라서 $F = \frac{a}{b}w = \frac{2}{3} \times 60 \times 10 = 400(\text{N})$ 이다.

02 막대의 질량을 무시한 상태에서 B가 매달린 점을 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 계산하면 다음과 같다.

• 시계 방향 : $\tau_1 = (3L + L) \times 0.5 \times 10 = 20L$

• 시계 반대 방향 : $\tau_2 = LF$

이때 돌림힘의 평형에 의해 $\tau_1 = \tau_2$ 이므로 $F = 20\text{ N}$ 이다.

03 축바퀴의 원리에 따라 $10\text{ N} \times 0.3\text{ m} = w \times 0.1\text{ m}$ 이므로 물체의 무게는 $w = 30\text{ N}$ 이다. 따라서 질량은 3 kg 이다.

04 ㄱ. 렌치에서 발생하는 돌림힘의 크기는 $\tau = r \times F = 0.2\text{ m} \times 40\text{ N} = 8\text{ N}\cdot\text{m}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 렌치를 사용하지 않고 너트를 돌리려면 렌치에서 작용하는 돌림힘의 크기와 같은 힘을 작용해야 한다. 따라서 이때 필요한 힘은 $8\text{ N}\cdot\text{m} = 0.02\text{ m} \times F$ 에서 $F = 400\text{ N}$ 이다.

ㄷ. 렌치에 수직으로 힘을 가하지 않고 비스듬히 가하면 돌림힘의 크기는 $\tau = rF\sin\theta$ 이다. 따라서 힘을 비스듬히 가하면 수직으로 작용할 때보다 더 큰 힘이 필요하다.

05 막대에 물체를 올려놓았을 때 움직이지 않고 평형 상태를 유지하고 있으므로 역학적 평형 상태이다. 따라서 받침점 A를 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 구하면 $F \times 2 = 20 \times 10 \times 1.5 + 5 \times 10 \times 1$ 에서 $F = 175(\text{N})$ 이다.

06 ㄱ. 막대와 물체가 두 개의 받침대에 작용하는 힘의 크기의 합은 $200\text{ N} + 400\text{ N} = 600\text{ N}$ 이다.

ㄴ. 막대의 왼쪽 끝점을 회전축으로 할 때 돌림힘의 평형에 의해
 $0 \times F_A - 20 \times 10 \times \frac{1}{4}L - 40 \times 10 \times \frac{1}{2}L + L \times F_B = 0$ 이므로 받
 침대 B가 막대에 작용하는 힘의 크기는 $F_B = 250 \text{ N}$ 이다.
 ㄷ. 물체의 역학적 평형은 힘의 평형과 돌림힘의 평형이 유지되어야
 한다.

07 B를 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 적용하면 다음과 같다.
 • 나무 막대의 무게에 의한 돌림힘의 크기 : $50 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 50 \text{ N} \cdot \text{m}$
 • 쥐의 무게에 의한 돌림힘의 크기 : $m \times 10 \times 4$
 • A가 떠받치는 힘에 의한 돌림힘의 크기 : $10 \text{ N} \times 3 \text{ m} = 30 \text{ N} \cdot \text{m}$
 • 고양이 무게에 의한 돌림힘의 크기 : $50 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 100 \text{ N} \cdot \text{m}$
 따라서 돌림힘의 평형에 의해 $50 + 40m = 30 + 100$ 이므로 쥐의 질
 량은 $m = 2 \text{ kg}$ 이며, 무게는 $w = 20 \text{ N}$ 이다.
 (나)에서 쥐가 고양이 쪽으로 이동할수록 A가 나무 막대를 떠받치는
 힘의 크기는 점점 작아진다. 따라서 나무 막대를 떠받치는 힘이 0이
 되는 순간이 수평을 유지할 수 있는 최댓값이므로 이때 돌림힘의 평
 형을 적용하면 $20 \text{ N} \times (4 - x) + 50 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 50 \text{ N} \times 2 \text{ m}$ 이다.
 따라서 $x = 1.5 \text{ m}$ 이다.

08 받침대를 회전축으로 할 때 돌림힘의 평형에 의해
 $\frac{1}{3}L \times mg = \left(\frac{1}{2}L - \frac{1}{3}L\right) \times Mg$ 이므로 영희의 질량은 $m = \frac{1}{2}M$
 이다. 이때 받침대가 받는 힘의 크기는 $\frac{1}{2}Mg + Mg = \frac{3}{2}Mg$ 이다.

09 막대 p와 q가 수평을 유지하고 있으므로 돌림힘의 합은 0이
 다. 중력 가속도를 g 라 하고 각 막대에 작용하는 돌림힘의 합을 구하
 면 다음과 같다.
 • p에 작용하는 돌림힘의 합 : $m_1g \times L = 3L \times (m_2 + m)g \dots\dots ①$
 • q에 작용하는 돌림힘의 합 : $m_2g \times L = mg \times 3L \dots\dots ②$
 ①, ②에서 $m_2 = 3m$ 이고, $m_1 = 12m$ 이므로
 $m_1 : m_2 = 12 : 3 = 4 : 1$ 이다.

10 중력 가속도를 g 라 하고, 막대가 수평을 유지할 수 있는 비커
 의 무게 조건을 구하면 책상의 오른쪽 끝점을 회전축으로 할 때
 $0.5 \times 8g = 0.5 \times 2g + 2 \times Mg$ 이다. 막대의 수평 조건이 깨지는 순
 간 물과 비커의 질량의 합은 $M = 1.5 \text{ kg}$ 이다. 따라서 비커의 원래
 질량 1 kg 을 빼면 물은 0.5 kg 이다. 물이 1초에 10 g 씩 떨어지므로
 막대가 수평을 유지할 수 있는 최대 시간은 $\frac{500}{10} = 50(\text{s})$ 이다.

11 A, B가 막대에 작용하는 힘의 크기를 F_A , F_B , 철수의 질량
 을 m , 중력 가속도를 g 라 할 때 나무판에 작용하는 모든 힘의 합이
 0이므로
 $F_A + F_B - (100g + 50g + mg) = 0 \dots\dots ①$
 이다. A를 회전축으로 할 때, 나무판에 작용하는 모든 돌림힘의 합

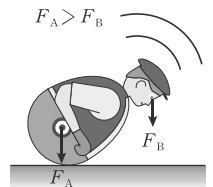
이 0이므로
 $100g \times 2 - (50g \times 1 + mg \times 5 - F_B \times 4) = 0 \dots\dots ②$
 이다. F_A 는 F_B 의 3배이므로
 $F_A = 3F_B \dots\dots ③$
 ①, ②에 ③을 대입하면 $300g = 4mg$ 에서 $m = 75 \text{ kg}$ 이다.

12 받침대 p, q가 나무판을 떠받치는 힘의 크기를 F_p , F_q 라 하
 고, 중력 가속도를 g 라 하고 하면 나무판에서 힘의 평형은 다음과 같다.
 $F_p + F_q = mg + 30g \dots\dots ①$
 p점을 회전축으로 할 때 나무판에 돌림힘의 평형을 적용하면
 $mgL + 30g \times 2L = F_q \times 4L \dots\dots ②$
 이다. ①에 $F_p = 2F_q$ 를 대입하면 $3F_q = mg + 30g$ 이다. 따라서 ②
 는 $mgL + 30g \times 2L = \frac{4L}{3}(mg + 30g)$ 이므로 $mg = 60g$ 에서
 $m = 60(\text{kg})$ 이다.

13 모래주머니의 질량을 M , 막대 B가 A를 받치는 힘을 F 라 하
 고, 받침점을 회전축으로 하여 막대 A에서 돌림힘의 평형을 구하면
 $4mgL = 2mg \times 0.5L + Mg \times 2L - FL$ 이다.
 평형이 깨지는 순간 B가 A를 받치는 힘은 $F = 0$ 이므로, 이때 돌림
 힘의 평형 관계는 $4mgL = 2mg \times 0.5L + Mg \times 2L$ 이다. 따라서
 $M = \frac{3}{2}m$ 이다.

14 ㄱ. (가)에서 오뎅이는 안정한 평형 상태로, 오뎅이에 작용하는
 돌림힘의 합은 0이다.

ㄴ. F_A 를 오뎅이의 질량 중심에 작용하는
 중력이라 하고, F_B 를 오뎅이의 머리에 작
 용하는 중력이라 하면, (나)에서 오뎅이에
 작용하는 힘의 크기는 $F_A > F_B$ 이다. 따라
 서 오뎅이는 시계 반대 방향으로 돌림힘을
 받는다.



오답 바로 알기 ㄷ. (나)에서 오뎅이가 기울어지면서 무게 중심의 높
 이가 올라갔다가 다시 (다)에서 오뎅이의 무게 중심은 (가)의 높이로
 내려온다.

6

유체에서의 압력

핵심 개념 체크

본문 161~162쪽

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) × 2 (1) ρV (2) $\frac{m}{V}$
 3 높아진다 4 $P_0 + \rho gh$ 5 $\rho_{\text{유체}} V g$
 6 (1) - ㉠ (2) - ㉡ (3) - ㉢ 7 크고, 작다
 8 비압축성, 압력 변화 9 반비례
 10 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 11 $P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$

출제 예상 문제

본문 163~165쪽

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

01 바닥의 넓이가 20 cm^2 이고 수면이 2 cm 높아졌으므로 물체의 부피는 40 cm^3 이다. 따라서 물체의 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}} = \frac{20 \text{ g}}{40 \text{ cm}^3} = 0.5 \text{ g/cm}^3$ 이다.

02 압력은 깊이에만 관계한다. 깊은 곳일수록 압력이 높으므로 $c = d > a > b$ 이다.

03 물기둥 10 m 는 대기압 1기압이므로 원통 윗면의 기압 1기압과 물기둥 10 m 에 의한 압력을 더하면 2기압이다.

04 비중은 4°C 물의 밀도를 1로 하였을 때의 상대적인 값이다. 상자의 부피는 0.1 m^3 이므로, 물이라면 $m = \rho V = 1000 \times 0.1 = 100(\text{kg})$ 이 들어가고, 해당 유체는 60 kg 들어간다. 따라서 유체에 의한 압력은 $60 \times 10 \text{ N/m}^2$ 이다. 상자 윗면의 압력이 $100000 \text{ Pa} = 100000 \text{ N/m}^2$ 이므로 바닥의 압력은 $100000 \text{ N/m}^2 + 60 \times 10 \text{ N/m}^2 = 100600 \text{ Pa}$ 이다.

05 ⑤ 부력은 잠기는 방향이 아니라 잠긴 부피와 관계가 있다.

오답 바로 알기 ① 부력은 유체에 작용하는 중력으로 인해 발생하므로 부력의 방향은 중력과 반대 방향이다.

② 유체의 밀도 ρ , 잠긴 부피 V 일 때 부력의 크기는 $\rho V g$ 이므로 밀도가 클수록 부력의 크기가 크다.

③ 부력의 크기는 잠긴 물체의 재질과는 관계가 없다.

④ 물체가 일부만 잠겨도 부력이 작용한다.

06 부력의 크기는 유체의 밀도와 잠긴 부피, 중력 가속도의 곱이

므로, 물체에 작용하는 부력의 크기는 $\rho \times \frac{7}{10} V \times g$ 이다. 이때 부력의 크기는 물체의 무게와 같다. 따라서 물체의 질량을 m , 물체의 밀도를 ρ' 이라 하면 $\frac{7}{10} \rho V g = mg$ 이고, $m = \rho' V$ 이므로 물체의 밀도는 $\rho' = \frac{7}{10} \rho$ 이다.

07 물체와 상자의 밀도가 물의 밀도보다 작거나 같아야 가라앉지 않는다. 물체와 상자의 부피는 $1 + V$ 이고, 비중이 2이므로 질량은 $2\rho_{\text{물}} \times 1$ 이다. 따라서 $\frac{2\rho_{\text{물}}}{1+V} \leq \rho_{\text{물}}$ 이어야 하므로 상자의 최소한의 부피는 $V = 1(\text{m}^3)$ 이다.

08 유체 속에 정지해 있던 물체는 밀도가 유체의 밀도보다 클 때 가라앉고, 같을 때 정지해 있으며, 작을 때 위로 뜬다. 따라서 그대로 정지해 있는 ρ_1 인 물체는 물과 밀도가 같고, ρ_2 인 물체는 물보다 크며, ρ_3 인 물체는 물보다 작다. 따라서 밀도를 비교하면 $\rho_2 > \rho_1 = \rho_{\text{물}} > \rho_3$ 이다.

09 양쪽 유체의 높이가 같으므로 양쪽의 압력이 같다. $F = PA$ 이므로 왼쪽과 오른쪽에 작용하는 힘의 크기는 넓이에 비례한다. 왼쪽과 오른쪽에 작용하는 힘의 크기의 비가 $1 : 5$ 이므로 넓이의 비 $A_1 : A_2 = 1 : 5$ 이다.

10 ㄴ. b와 c는 아래쪽이 동일한 유체로 채워져 있고 힘의 평형을 이루고 있으므로 압력이 같다.

오답 바로 알기 ㄱ. 왼쪽 관의 기름 표면과 오른쪽 관의 물 표면의 압력이 대기압으로 같다. 따라서 a의 압력은 대기압 + a보다 위쪽의 기름에 의한 압력이므로 a의 압력이 d의 압력보다 크다.

ㄷ. 기름이 b에 작용하는 압력과 c 위쪽의 물이 c에 작용하는 압력의 크기가 같으므로 $\rho_{\text{기름}} V_{\text{기름}} g = \rho_{\text{물}} V_{\text{물}} g$ 이다. 기름의 부피가 더 크므로 $\rho_{\text{기름}} < \rho_{\text{물}}$ 이다.

11 ㄱ. 뚜껑의 아래쪽 유체가 동일한 유체이고, 높이가 같으므로 두 지점의 압력은 서로 같다.

오답 바로 알기 ㄴ. $P = \frac{F}{A}$ 이다. B가 힘을 작용하는 오른쪽은 A

보다 넓이와 힘의 크기 모두 3배이므로 A, B가 각 관에 작용하는 압력은 서로 같다. 따라서 뚜껑을 동시에 놓으면 평형이 유지된다.

ㄷ. 파스칼 법칙에 따라 A에 작용하는 압력은 B에 동일하게 전달된다. 따라서 넓이가 3배인 B에는 $3F$ 의 힘이 추가로 작용한다.

12 ㄱ. 물 기둥의 왼쪽이 오른쪽보다 높으므로 압력은 왼쪽(P)이 오른쪽(Q)보다 낮다.

ㄷ. 단면적이 좁은 곳이 넓은 곳보다 유체의 속력이 빠르고, 유체의 속력이 빠른 곳이 느린 곳보다 압력이 낮다. 따라서 단면적은 압력이 낮은 P가 Q보다 좁다.

오답 바로 알기 나. 유체의 속력은 단면적이 좁은 P가 Q보다 빠르다.

13 단위 시간 동안 단면을 지나는 유체의 양이 일정하므로 연속 방정식에 따라 $A_1v_1 = A_2v_2$ 이고, 베르누이 법칙은 에너지 보존 법칙을 전제로 유도되는 공식이다. 이에 따라 높이가 같을 때 압력은 넓이가 클수록 커진다.

14 • 철수 : 이상 유체는 비압축성이어서 단면적을 지나는 유체의 양은 모든 지점이 동일하므로 연속 방정식을 만족한다.

• 민혁 : 이상 유체는 정상 흐름을 가지는 유체를 말한다.

오답 바로 알기 • 현지 : 비압축성이므로 밀도는 언제나 동일하다.

15 ⑤ 높이가 같은 Q와 R는 속력이 느린 Q가 R보다 압력이 높다.

오답 바로 알기 ① 이상 유체는 연속 방정식을 만족하므로 단위 시간 동안 통과하는 유체의 양은 모든 지점에서 서로 같다.

②, ③ $A_1v_1 = A_2v_2 = A_3v_3$ 이므로 $20 \times 2 = 50 \times v_1 = 20 \times v_2$ 에서 $v_1 = 0.8 \text{ m/s}$, $v_2 = 2 \text{ m/s}$ 이다.

④ 속력이 같은 P와 R는 높이가 낮은 P가 R보다 압력이 높다.

16 ① 유체의 한 지점에 가해진 압력이 밀폐된 유체의 모든 점에 동일하게 전달되는 것은 파스칼 법칙으로 설명할 수 있다.

7

열역학 법칙과 열기관

핵심 개념 체크

본문 166~167쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ 2 (1) - ㉔ (2) - ㉓ (3) - ㉒
3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 4 내부 에너지, 일
5 높은, 낮은 6 전도, 대류, 복사

출제 예상 문제

본문 168~170쪽

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

01 섭씨온도와 절대 온도는 한 눈금 간격이 같은 크기이고, 분자 운동이 완전히 멈추는 온도인 -273°C 와 0 K 이하로는 내려갈 수 없다.

02 열용량 = 비열 \times 질량이므로 물의 열용량 $C = 1 \times 0.2 = 0.2 \text{ (kcal/}^\circ\text{C)}$ 이다. 가해 준 열량 = $C\Delta t = 0.2 \times (50 - 20) = 6 \text{ (kcal)}$ 이다.

03 ㄱ. 4분일 때의 온도가 5분일 때도 유지되므로 4분일 때 A와 B는 열평형 상태이다.

오답 바로 알기 나. 5분 동안 B가 잃은 열량은 A가 얻은 열량과 같다. 따라서 $cm\Delta t = 1 \times 0.2 \times (50 - 20) = 6 \text{ (kcal)}$ 이다.

ㄷ. A의 온도 변화는 $50 - 20 = 30(^\circ\text{C})$ 이고, B의 온도 변화는 $95 - 50 = 45(^\circ\text{C})$ 이다. 즉, 온도 변화는 A가 B의 $\frac{2}{3}$ 배이다. 질량이 서로 같을 때 비열은 온도 변화에 반비례하므로 비열은 B가 A의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

04 A가 잃은 열량은 B가 얻은 열량과 같고, $cm\Delta t$ 로 구할 수 있다.

ㄱ. 비열이 같을 때 질량은 온도 변화에 반비례한다. 비열은 같고 온도 변화는 A가 B의 1.5배이므로 질량은 B가 A의 1.5배이다. 따라서 A의 질량은 200 g 이다.

ㄷ. 5분일 때는 열평형 상태이므로 분자의 평균 운동 에너지는 A와 B가 서로 같다.

오답 바로 알기 나. 열에너지는 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하므로 A에서 B로 열에너지가 이동한다.

05 외부의 압력은 일정하다. 따라서 공기의 온도가 처음보다 높

아지면 부피가 팽창하게 되고, 온도가 높아지므로 내부 에너지는 증가한다.

06 열역학 제2법칙에 의하면 닫힌 계는 확률이 큰 방향으로 비가역 현상이 일어난다.

07 ㄱ. A → B 구간에서 부피 변화가 없으므로 기체는 일을 하지 않는다.

ㄷ. 한 번 순환하는 동안 부피가 증가할 때 일을 하고, 부피가 감소할 때 일을 받는다. A → B → C → A 과정에서 일을 받는 양이 더 크며, 삼각형의 넓이만큼의 일을 받으므로 $\frac{1}{2} \times (3-1) \times 10^{-3} \times (2-1) \times 10^5 = 100(\text{J})$ 의 일을 받는다.

오답 바로 알기 ㄴ. B → C 구간에서 부피가 감소하고 있으므로 외부에서 일을 받고 있다. 즉, (-)의 일을 한다.

08 순환 과정에서 기체가 외부에 하는 일은 순환 과정 그래프 내부의 넓이와 같다. 따라서 순환 과정에서 기체가 외부에 한 일의 양은 $(2-1) \times 10^5 \times (0.3-0.1) = 20000(\text{J})$ 이다.

09 A → B 구간은 압력이 일정하면서 부피가 커지므로 외부에 일을 하면서 온도가 높아진다. B → C 구간은 등온 과정이므로 온도가 일정하다. C → D 구간은 압력이 일정하게 부피가 감소하므로 온도가 낮아진다. D → A 구간은 부피가 일정하면서 압력이 높아지므로 온도가 높아진다.

10 ㄱ. A → B 구간은 등압 과정으로, 온도가 높아지므로 내부 에너지가 증가한다.

ㄴ. B → C 구간은 등온 과정으로, 받은 열량만큼 외부에 일을 하므로 내부 에너지가 일정하다.

ㄷ. D → A 구간은 등적 과정으로, 외부에 일을 하지 않으므로 받은 열량이 모두 내부 에너지로 전환된다.

11 부피가 일정한 공간에 공기를 넣어 주면 이상 기체 상태 방정식에 따라 압력이 증가하면서 온도가 높아진다. 압력이 높아진 상태에서 뚜껑을 열면 단열 팽창하면서 온도가 낮아지고 이슬점에 도달하여 수증기가 생성된다.

12 ㄱ. A와 D의 온도가 서로 같으므로 내부 에너지는 A와 D가 서로 같다.

ㄴ. B → C 구간은 온도가 일정하므로 내부 에너지가 같으면서 부피가 줄어드는 과정이므로 $Q = \Delta U + W$ 에 따라 외부에서 일을 받은 만큼 열을 방출한다.

오답 바로 알기 ㄷ. C → D 구간은 부피가 일정하므로 일을 하거나 받지 않는다.

13 ㄱ. 열기관의 열효율이 20 %이므로 $\frac{\text{한 일}}{\text{받은 열량}} = \frac{200 \text{ J}}{Q_1} = 0.2$ 에서 $Q_1 = 1000 \text{ J}$ 이다.

ㄴ. 고온과 저온이 각각 T_1, T_2 인 열기관의 효율은 $1 - \frac{T_2}{T_1}$ 이므로

$1 - \frac{T}{500} = 0.2$ 에서 $T = 400 \text{ K}$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 열역학 제2법칙에 따라 열을 모두 일로 바꿀 수 있는 기관은 없다.

14 전도는 열을 받은 분자의 운동이 활발해지면서 옆의 분자들과 충돌하면서 운동 에너지를 전달하는 방식이다.

15 (가)는 대류, (나)는 복사, (다)는 전도, (라)는 복사에 의한 열 전달 방법을 나타내고 있다.

16 20 g의 얼음이 녹는 동안 $1610 \text{ cal} - 10 \text{ cal} = 1600 \text{ cal}$ 의 열량을 받았다. 용해열은 상태가 변하는 동안 받은 열량을 질량으로 나눈 값이므로 얼음의 용해열은 $\frac{1600 \text{ cal}}{20 \text{ g}} = 80 \text{ cal/g}$ 이다.

17 ㄱ, ㄴ. 물질의 양이 같아도 동일한 온도를 높이기 위한 열량이 다르므로 물질의 상태에 따라 열용량과 비열이 달라진다.

ㄷ. 물의 기화열은 540 cal/g 이므로 20 g의 물이 기화되는 데 $540 \text{ cal/g} \times 20 \text{ g} = 10800 \text{ cal}$ 가 필요하다.

8

생활과 전기 기구

핵심 개념 체크

본문 171~172 쪽

- 1 전기 에너지, J(줄) 2 전압, V(와트) 3 전력, Wh(와트시)
 4 1시간 5 전동기 6 (1) - ㉠ (2) - ㉡ (3) - ㉢ (4) - ㉣
 7 (1) ○ (2) × 8 빛 9 백열전구 10 CFL 11 LED
 12 열작용 13 셀, 작용 14 수소, 수소, 수소 15 충전

출제 예상 문제

본문 173~175 쪽

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

01 소비 전력 1000 W 인 전기 기구를 0.5시간(30분)씩 10일간 사용하였을 때 소비 전력량은 $1000 \text{ W} \times (0.5 \times 10) \text{ h} = 5000 \text{ Wh}$ 이다.

02 ㄱ. 전력 = 전압 \times 전류이므로 전류 = $\frac{1100 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 5 \text{ A}$ 이다.

ㄴ. 전압 = 전류 \times 저항이므로 저항 = $\frac{220 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 44 \Omega$ 이다. 또는 전

력 = $\frac{\text{전압}^2}{\text{저항}}$ 이므로 저항 = $\frac{(220 \text{ V})^2}{1100 \text{ W}} = 44 \Omega$ 이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 전기 에너지 = 전력 \times 시간 = $1100 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 1100 \text{ Wh}$ 이다.

03 ㄱ. 전동기는 전기 에너지를 역학적 에너지로 바꾸어 주는 장치이다. 역학적 에너지는 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 합이다. ㄴ. 전기 에너지를 빛에너지로 변환하는 장치에는 백열전구, 형광등, CFL, LED 등이 있다.

ㄷ. 전기 에너지는 전열기에서 전류의 열작용에 의해 열에너지로 전환된다.

04 ㄱ. 전동기는 전기 에너지를 역학적 에너지로 바꾸어 주는 장치이다. 역학적 에너지는 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 합이다.

ㄴ. 형광등은 전기 에너지를 빛에너지로 전환시키는 조명 기구이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 다리미는 전기 에너지를 열에너지로 전환시키는 전열 기구이다.

05 ㄱ. 전류는 도선을 따라 $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ 방향으로 흐른다.

ㄷ. 전류의 방향을 바꾸면 도선 AB와 CD에 작용하는 힘의 방향이 각각 반대가 되므로 코일의 회전 방향도 반대가 된다.

오답 바로 알기 ㄴ. 도선 AB와 CD에 작용하는 힘의 방향이 서로 반대이므로 코일이 회전한다.

06 ④ 선풍기, 세탁기, 냉장고는 정류자가 없어 수명이 긴 교류 전동기를 사용한다.

오답 바로 알기 전기면도기, 전철, 장난감 자동차, 압연기는 속도 제어가 쉬운 직류 전동기를 사용한다.

07 ㄱ. 전동기는 전기 에너지를 역학적 에너지로 변환하는 장치이다.

ㄴ. 전류의 방향이 반대로 되면 자기력의 방향이 반대가 되어 회전 방향이 반대가 된다.

오답 바로 알기 ㄷ. 전류의 방향이 반대가 되면 자기력의 방향은 반대가 되지만 힘의 크기는 동일하고, 전환되는 전기 에너지의 양도 동일하다.

08 ㄴ. 교류 전동기는 고정 코일에 흐르는 교류에 의해 자기장의 변화가 생기고, 회전 코일에 이 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 생긴다. 이로 인한 회전 코일과 고정 코일 사이의 척력에 의해 회전 코일이 회전한다.

오답 바로 알기 ㄱ. 교류 전동기는 회전 코일과 고정 코일로 구성되어 있으며, 정류자가 없다.

ㄷ. 교류 전동기는 정류자가 없어 수명이 직류 전동기보다 길다.

09 ㄴ. 조명 기구의 에너지 효율은 LED, 형광등, CFL, 백열전구 순으로 좋다. (다)는 표에서 두 번째로 에너지 효율이 좋으므로 형광등이다. 형광등의 가시광선은 수은 원자의 외곽 전자가 필라멘트에서 나온 열전자와 충돌하여 얻은 에너지로 인해 들뜬다가 안정되면서 방출된 자외선이 유리관 안쪽의 형광 물질과 충돌하여 방출된다.

ㄷ. (라)는 에너지 효율이 가장 좋으므로 LED이다. LED는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 만들며, 불순물 반도체의 특성상 온도가 높아지면 저항이 높아져 효율이 낮아진다.

오답 바로 알기 ㄱ. 동일한 밝기의 빛을 내는 데 (가)가 (나)보다 더 많은 전력을 소비하므로 (나)의 에너지 효율이 더 높다.

10 ㄱ. 백열전구는 필라멘트를 가열시켜 빛을 방출한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 백열전구는 대부분의 에너지를 적외선과 열로 방출한다.

ㄷ. 백열전구에서 방출되는 전자기파는 적외선과 가시광선이며, 형광등과 달리 형광 물질을 사용하지 않는다.

11 ㄱ. 형광등에서는 필라멘트가 가열되어 열전자가 방출된다.

ㄷ. 가정에 공급되는 전압으로는 형광등 전극에서 방전이 일어나지 않는다. 따라서 별도의 점등관과 안정기를 달아 처음 전원을 켤 때 순간적으로 양쪽 전극에 높은 전압을 걸어 방전을 유도한다.

오답 바로 알기 ㄴ. 수은 원자의 전자는 들뜬다가 안정되면 그 차이

에 해당되는 자외선을 방출한다.

12 ㄱ. LED는 전도띠에 있던 전자가 p-n 접합부를 통과하면서 에너지 차이에 해당하는 빛을 방출한다. p-n 접합부의 에너지 띠 간격이 클수록 진동수가 큰 높은 에너지의 빛을 방출한다.

ㄴ. LED는 p형 반도체에 (+)극을 연결(순방향)했을 때 전류가 흐른다. 따라서 p형 반도체에 (-)극을 연결하면 빛이 나지 않는다.

ㄷ. LED는 백열 전구나 형광등보다 반응 속도가 빨라 신호등, 브레이크 등에 쓰인다.

13 ㄱ. 전열기는 전류의 열작용을 이용하여 전기 에너지를 열에너지로 바꾸어 주는 기구이다.

ㄴ. 동일한 저항에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 전류의 열작용이 커져 더 많은 열이 발생한다.

오답 바로 알기 ㄷ. 소비 전력은 $P=VI=\frac{V^2}{R}$ 이므로 전압이 같을 때 저항이 작으면 더 많은 열이 발생한다.

14 ⑤ LED는 열에 의해 온도가 높아지면 성능이 떨어지는 것이 단점이다.

오답 바로 알기 ①, ② 백열전구와 형광등은 전기 에너지를 먼저 열에너지로 바꾸는 장치이지만 형광등이 열로 인한 손실이 더 적어 효율적이다.

③ 형광등은 수은 원자의 들뜬 원자에 의해 방출된 자외선이 형광 물질과 반응하여 빛을 낸다.

④ LED는 반응 시간이 매우 빠르다.

15 • 철수 : 하이브리드형 전기차는 기존의 내연 기관과 전동기를 동시에, 또는 번갈아 사용하는 방식이다. 배출 가스 저감 효과가 있고 연료 소모가 적다.

• 영희 : 연료 전지형 전기차는 수소 연료 전지에서 발생하는 전기를 사용한다. 배출 가스는 없으나 수소 충전소가 많지 않고, 자동차 내에 수소를 대량으로 저장하는 기술이 부족하다.

• 민수 : 충전형 전기 자동차는 전기 충전소나 가정의 전기를 사용하여 전지를 충전하여 전동기를 구동한다. 충전하는 데 많은 시간이 걸리고, 한번 충전으로 주행할 수 있는 거리가 짧아 보완이 필요하다.

대단원 종합 문제

본문 176~180쪽

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

01 연결된 단자의 구성 방식에 따라 교류와 직류를 모두 만들어 낼 수 있다.

02 ㄱ. (가)와 같이 석탄과 석유를 이용하는 화력 발전소는 물질의 화학 에너지를 이용하는 발전 방식이다.

오답 바로 알기 ㄴ. (나)는 수력 발전으로, 증기를 발생하지 않고 낙하하는 물로 터빈을 돌려 발전한다.

ㄷ. (가)~(다)는 에너지원에 따라 각각 화력 발전, 수력 발전, 원자력 발전으로 분류한다.

03 2차 코일의 감은 수가 1차 코일의 2배이다.

ㄱ. 전류의 진동수는 코일의 감은 수와 관계없이 일정하다.

ㄴ. 전압은 코일의 감은 수에 비례하므로 (나)는 2차 코일 전압의 $\frac{1}{2}$ 배인 100 V이다.

ㄷ. 변압기에서의 에너지 손실을 무시하면 1차 코일에서 공급한 전력과 2차 코일에 유도된 전력이 같다. 따라서 $I_1 \times (나) = (다) \times 200$ 이다.

04 변압기에서 전압은 코일의 감은 수에 비례한다. (가)에서 전압이 20 kV에서 300 kV로 커지므로 (가)의 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비는 1 : 15이다. 전류는 전압에 반비례하고, 전력 손실은 I^2R 이므로 단위 길이당 손실 전력이 가장 큰 송전선은 전압이 작고 전류가 센 C이다.

05 • 철수 : 원자력 발전은 핵분열 시 질량 결손에서 발생하는 에너지를 이용한 발전 방식으로, 질량·에너지 동등성을 이용하여 설명한다.

• 민정 : 핵분열은 우라늄 원자 등의 방사성 원소를 중성자와 충돌시켜 일으킨다.

오답 바로 알기 • 인창 : 핵융합 발전은 핵이 융합하면서 일어나지만 반응 후에 질량이 줄어드는 것을 이용하는 점은 핵분열과 동일하다.

06 ㄴ. 반응 전 U와 n의 질량수의 합은 $235 + 1 = 236$ 이고, 반응 후 Ba와 Kr의 질량수의 합은 $233 + 3 \times (나)$ 의 질량수이다. 반응 전후 질량수의 합은 보존되므로 (나)의 질량수는 1이다.

ㄷ. (나)는 중성자로, 핵분열의 연쇄 반응을 이끌어낸다.

오답 바로 알기 ㄱ. (가)는 원자핵의 양성자수를 의미하는 숫자로, 전하량 보존 법칙에 따라 값을 결정할 수 있다.

07 반응 전 양성자의 개수와 질량수는 각각 2, 5이고, 반응 후 헬륨 입자의 양성자 개수와 질량수는 각각 2, 4이다. 따라서 a는 전하량이 0이고, 질량수가 1인 중성자이다. 중성자는 전극에 반응하지 않으므로 c와 같은 궤적을 그린다.

08 ㄱ, ㄷ. 태양 전지에서 광전 효과에 의해 방출된 전자는 n형 반도체 쪽으로, 양공은 p형 반도체 쪽으로 이동한다. 따라서 A는 n형 반도체이다.

ㄴ. n형 반도체 쪽으로 이동한 전자와 p형 반도체 쪽으로 이동한 양공에 의해 전류는 a 방향으로 흐른다.

09 태양열은 오목거울을 이용하여 태양 광선을 모아서 이용하고, 태양광은 태양 전지를 이용한다. 조력은 바닷물의 수위 차를 이용하고, 지열은 땅속의 지열을 이용하며, 연료 전지는 수소와 산소가 반응하여 물이 되면서 열을 내는 반응을 이용한다.

10 받침점을 기준으로 하면 물체에 의한 돌림힘의 방향과 힘 F 에 의한 돌림힘의 방향이 반대가 되도록 힘을 작용해야 한다. 즉, $100\text{ N} \times 0.5\text{ m} = F \times 2.5\text{ m}$ 일 때 돌림힘의 평형을 이룬다. 따라서 F 가 20 N 이상일 때 물체를 들어 올릴 수 있다.

11 바퀴의 고정축을 회전축으로 할 때 판, 물체, 힘 F 에 의한 돌림힘의 크기가 0이어야 한다. 판과 물체에 의한 돌림힘의 방향과 힘 F 에 의한 돌림힘의 방향이 반대이므로 $F \times (0.9L) = mg \times (0.4L) + 3mg \times (0.5L)$ 에서 $F = \frac{19}{9}mg$ 이다.

12 F 에 의한 돌림힘이 판과 물체에 의한 돌림힘을 상쇄시켜야 평형을 유지할 수 있다.

ㄱ. x 가 커지면 질량 $3m$ 인 물체에 의한 돌림힘의 크기가 커지므로 F 의 크기도 커진다.

ㄴ. 돌림힘의 크기는 지레의 팔과 힘의 방향이 수직일 때 가장 크다. F 의 방향이 달라지면 힘의 방향이 지레의 팔과 수직이 아니게 되므로 F 의 크기가 더 커진다.

ㄷ. F 가 고정축에 가까워지면 F 에 의한 돌림힘의 크기가 작아지므로 F 의 크기가 더 커진다.

13 ㄴ. 물질의 질량은 ρV 이다. A와 B의 밀도가 같으므로 부피가 2배인 A의 질량은 B의 2배이다.

오답 바로 알기 ㄱ. 줄어드는 부피만큼 질량도 줄어들므로 밀도는 A와 B가 서로 같다.

ㄷ. 압력은 깊이에 따라 결정되므로 바닥의 압력은 A와 B가 서로 같다.

14 ㄱ. 물에 떠 있을 때 운동 상태가 변하지 않으므로 힘의 평형 상태이다. 따라서 사람에게 작용하는 알짜힘은 0이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 사람이 잠긴 부피만큼의 물 무게가 사람의 무게와 같다. 사람이 전체 부피의 일부만 잠겼으므로 사람의 밀도가 물의 밀도보다 작다.

ㄷ. 사람이 자세를 바꾸어도 몸무게는 변하지 않으므로 힘의 평형을 유지하려면 물에 잠기는 부피가 같아야 한다.

15 이상 유체는 비압축성으로 연속 방정식 $A_1v_1 = A_2v_2$ 를 만족하고, 높이가 같을 때 유체의 속력이 느린 곳의 압력이 더 높으므로, A의 압력이 더 높다. A, B 두 지점에서 유체의 속력 비가 1 : 4이므로 면적 비는 $A_1 : A_2 = 4 : 1$ 이다.

16 아래쪽에 있는 유체의 오른쪽 기둥이 높이 올라와 있으므로 1 지점의 압력이 더 높다. 따라서 베르누이 법칙에 따라 1 지점의 속력이 더 느리고, 면적은 더 넓다.

17 단열된 공기가 상승하면서 팽창하고 외부에 일을 하므로 내부 에너지가 작아진다.

ㄱ. 상승할 때 공기 덩어리의 온도는 낮아진다.

ㄷ. 하강할 때는 압축되므로 외부에서 일을 받는다.

오답 바로 알기 ㄴ. 상승할 때 공기 덩어리는 외부에 일을 하므로 내부 에너지가 감소한다.

18 열역학 제1법칙 $Q = \Delta U + W$ 에서 흡수한 열량 Q 가 증가한 내부 에너지 ΔU 와 동일하려면 $W = 0$ 이어야 한다. 따라서 부피가 일정한 b 과정이 $Q = \Delta U$ 이고 $W = 0$ 인 과정이며, 이를 등적 과정이라고 한다.

19 열기관의 열효율은 $e = \frac{\text{한 일}}{\text{열원으로부터 받은 일}} = \frac{200}{1000} = 0.2$ 이다.

20 ㄱ. 전류가 D에서 C, 자기장이 왼쪽에서 오른쪽 방향이므로 플레밍 왼손 법칙에 따라 DC에 작용하는 자기력의 방향은 아래 방향이고, BA에 작용하는 자기력의 방향은 위쪽이다. 따라서 전동기의 회전 방향은 시계 방향이고, 자기장이 지나는 코일면이 점점 넓어지므로 자속의 세기는 증가한다.

ㄴ. 직류 전동기는 전류의 방향이 바뀌지 않는 전동기이다.

오답 바로 알기 ㄷ. 직류 전동기에서 전류의 방향은 변하지 않지만 전류의 세기는 변한다.

21 ㄷ. CFL은 백열전구의 소켓에 사용할 수 있어 백열전구를 대체하고 있다.

오답 바로 알기 ㄱ. CFL의 발광 원리는 형광등과 같다. 따라서 열전자와 충돌한 수은 원자에서 자외선이 방출된다.

ㄴ, CFL은 일반적으로 형광등보다 에너지 효율이 낮다.

22 전기 기구는 전력량이 600 W, 1200 W이므로 각각 1초에 600 J, 1200 J을 소비한다. 따라서 1초에 1800 J을 소비하고, 10분 동안 $1800 \text{ J/s} \times 600 \text{ s} = 1080000 \text{ J}$ 을 소비한다.

23 ㄱ. 코일에 걸리는 전압은 코일의 감은 수에 비례한다. 1차 코일의 전압이 3300 V, 2차 코일의 전압이 220 V이므로 전압의 비가 15 : 1이다. 따라서 N_1 은 N_2 의 15배이다.

오답 바로 알기 ㄴ. 2차 코일에 걸리는 전압은 1차 코일과의 감은 수 비와 관계있으므로 (가)를 열어도 2차 코일에 걸리는 전압은 일정하다.

ㄷ. (가)를 열면 2차 코일에서 소비하는 전력이 작아지므로, 1차 코일에서 공급하는 전력도 작아진다. 전력은 VI 이고, V 는 일정하므로 I 는 작아진다.

24 유체에 잠긴 물체의 밀도는 0.7ρ 이므로 물체만 떠 있을 때 $0.7\rho Vg = \rho V'g$ 에서 잠긴 부피 $V' = 0.7V$ 이다. 힘의 평형을 이룬 $0.7V$ 에서 $0.1V$ 만큼 더 잠겼으므로 물체가 밀어올리는 부력의 크기는 $\rho \times (0.1V) \times g$ 이다. 막대의 중심에 받침점이 있으므로 받침점을 기준으로 할 때 막대의 무게에 의한 돌림힘은 0이다. 10 N인 물체와 유체에 떠 있는 물체에 의한 돌림힘의 방향이 같고, 70 N인 물체에 의한 돌림힘의 방향이 반대이다. 따라서 $10 \times (0.5L) + 0.1\rho VgL = 70L$ 이므로 $\rho Vg = 650(\text{N})$ 이다.

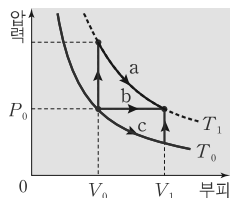
25 ㄴ. 유체의 압력은 깊이가 깊어질수록 커지므로 더 깊이 내려가면 F_1 의 값은 더 커진다.

오답 바로 알기 ㄱ. 위와 아래의 압력 차이는 깊이 차이에 의해 결정되므로, 높이 차이가 일정하다면 $F_2 - F_1$ 의 크기는 일정하다.

ㄷ. 부력의 크기는 $F_2 - F_1$ 에 의해 결정되므로 부력의 크기는 일정하다.

26 a의 첫 번째 과정은 부피가 일정하므로 등적 과정이고, 두 번째 과정은 T_1 에서의 등온 과정이다. b는 온도와 부피가 함께 변한다. c의 첫 번째 과정은 T_0 에서 등온 과정이고, 두 번째 과정은 부피가 일정한 등적 과정이다.

이를 압력-부피 그래프로 그려 보면 그림과 같다. 압력-부피 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 기체가 외부에 한 일의 양이므로 한 일의 양은 a가 가장 많고, c가 가장 적다.



서술형 문제

본문 181쪽

1 (가)와 (나)는 모두 핵이 변화하면서 질량 결손이 일어나고, 이에 해당하는 에너지를 방출하는 것을 이용한 것이 공통점이다. 그러나 (가)는 불안정한 핵이 붕괴하는 것을 이용한 것이고, (나)는 핵이 융합하여 무거운 핵을 만드는 반응을 이용한 것이다.

예시답안 공통점은 질량 결손을 이용한다는 점이고, 차이점은 (가)는 핵분열, (나)는 핵융합을 이용한다는 점이다.

채점 기준	배점
공통점과 차이점을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50 %

2 (1) 유체가 물체에 작용하는 압력은 유체의 깊이에 따른 압력 차이로 인해 생긴다. 따라서 물체의 재질이 달라져도 주변 유체가 작용하는 압력은 일정하다.

(2) 유체에 잠긴 물체의 재질과 유체가 물체에 작용하는 압력이 관계없으므로 가상의 유체를 동일한 형태의 다른 유체로 바꾸어도 유체가 물체에 작용하는 압력은 변하지 않는다. 이것이 부력이고, 크기는 물체가 잠긴 부피만큼에 해당하는 가상의 유체 무게와 같다. 따라서 부력의 크기는 물체가 잠긴 부피에 해당하는 유체의 무게와 같다.

예시답안 (1) 물체의 재질과 주변 유체가 물체에 작용하는 압력은 관계가 없다.

(2) 유체의 압력 차이로 인해 작용하는 힘이 부력이므로, 주변 유체가 잠긴 물체에 작용하는 힘의 합력이 부력이다. 잠겨 있는 물체의 재질이 바뀌어도 주변 유체가 작용하는 압력은 그대로이므로, 부력은 잠긴 부피만큼에 해당하는 유체 무게와 같다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)를 모두 옳게 설명한 경우	100 %
(2)만 옳게 설명한 경우	70 %
(1)만 옳게 설명한 경우	30 %

3 태양열 발전은 빛에너지를 열에너지로 바꾸어 발전하는 방법이고, 태양광 발전은 빛에 의한 광전 효과를 이용하여 전기 에너지로 바로 전환하여 사용하는 방법이다.

예시답안 태양열 발전은 빛에너지를 열에너지로 전환하는 과정을 거쳐 전기 에너지를 생산하지만, 태양광 발전은 광전 효과를 이용하여 빛에너지에서 바로 전기 에너지를 생산한다.

채점 기준	배점
태양열 발전과 태양광 발전의 차이점을 옳게 설명한 경우	100 %
두 가지 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50 %

4 **예시답안** 백열 전구의 1일 전력량은 $30 \text{ W} \times 1\text{개} \times 1\text{시간} + 100 \text{ W} \times 1\text{개} \times 0.5\text{시간} = 80 \text{ Wh}$ 이고, LED의 1일 전력량은

$4\text{ W} \times 1\text{ 개} \times 1\text{ 시간} + 12\text{ W} \times 1\text{ 개} \times 0.5\text{ 시간} = 10\text{ Wh}$ 이다. 1일 당 절약되는 전력량은 $80\text{ Wh} - 10\text{ Wh} = 70\text{ Wh}$ 이다. 따라서 30일 동안 절약되는 전력량은 $70\text{ Wh} \times 30\text{ 일} = 2100\text{ Wh}$ 이다. LED의 장점은 소비 전력이 작고, 반응 시간이 빠르며, 수은을 사용하지 않아 환경 친화적이라는 점이다. 단점은 교류를 직류로 바꾸어 주는 장치나 전압과 전류를 조절하는 부가 장치가 필요하고, 온도가 높아지면 성능이 저하된다는 점이다.

채점 기준	배점
절약되는 전력량, 장점, 단점 3가지를 모두 옳게 설명한 경우	100 %
세 가지 중 두 가지만 옳게 설명한 경우	70 %
세 가지 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	30 %

수능 맛보기

본문 182~183쪽

기출1 ⑤ 1 ⑤
기출3 ④ 3 ①

기출2 ② 2 ⑤
기출4 ② 4 ③

기출1 (가) 패러데이 법칙에 따라 1차 코일의 전압 V_1 과 2차 코일에 유도되는 전압 V_2 , 1차 코일의 감은 수 N_1 과 2차 코일의 감은 수 N_2 사이에는 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$ 의 관계가 있다. 1차 코일의 감은 수 : 2차 코일의 감은 수 = 1 : 3이므로 $\frac{1}{3} = \frac{V_1}{V_2}$ 에서 $V_2 = 3V_1$ 이다.

(나) 2차 코일에 흐르는 전류는 옴의 법칙에 의해 $I_2 = \frac{V_2}{R} = \frac{3V_1}{R}$ 이므로 2차 코일에서 소비된 전력은 $V_2 I_2 = 3V_1 \times \frac{3V_1}{R} = \frac{9V_1^2}{R}$ 이다. 1차 코일에 공급된 전력은 2차 코일에서 소비된 전력과 같으므로 $\frac{9V_1^2}{R}$ 이고, 이는 1차 코일에 흐르는 전류 I_1 과 전압 V_1 의 곱과 같다. 따라서 $\frac{9V_1^2}{R} = I_1 V_1$ 에서 $I_1 = \frac{9V_1}{R}$ 이다.

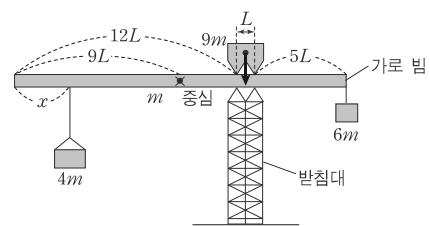
1 1차 코일의 감은 수, 전압, 전류를 각각 N_1, V_1, I_1 이라 하고, 2차 코일의 감은 수, 전압, 전류를 각각 N_2, V_2, I_2 라 할 때 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$ 의 관계가 성립한다.

ㄱ. $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$ 에서 V_1 이 V 이므로 $V_2 = \frac{N_2}{N_1}V$ 이다.

ㄴ. 저항에서의 소비 전력은 $\frac{V^2}{R}$ 이다. 저항이 달라져도 유도되는 전압은 동일하므로, R 가 커지면 소비 전력은 감소한다.

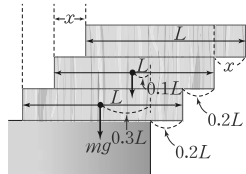
ㄷ. 1차 코일과 2차 코일의 전력은 같다. 저항이 작아지면 2차 코일에서 소비하는 전력이 증가하므로 1차 코일에서 공급하는 전력도 증가한다. 따라서 저항값이 작아지면 1차 코일에 흐르는 전류값은 커진다.

기출2 왼쪽 받침점을 기준으로 돌림힘의 크기가 0일 때보다 x 가 작으면 왼쪽으로, 오른쪽 받침점을 기준으로 돌림힘의 크기가 0일 때보다 x 가 크면 오른쪽으로 회전하며 평형이 깨진다. 따라서 첫 번째 경우의 x 가 최솟값, 두 번째 경우의 x 가 최댓값이다. 기준점의 좌우에 작용하는 힘들은 각각 돌림힘의 부호가 다르므로 $4mg(12L - x) + mg(3L) = 9mg(0.5L) + 6mg(6L)$ 에서 x 의 최솟값은 $2.625L$ 이다. 또 $4mg(13L - x) + mg(4L) = 9mg(0.5L) + 6mg(5L)$ 에서 x 의 최댓값은 $7.625L$ 이다. 따라서 최댓값과 최솟값의 차이는 $5L$ 이다.



[별해] 받침점 중심을 기준으로 잡아서 무게 중심이 좌우 $0.5L$ 내에 있어야 평형이 유지된다. 무게 중심은 기준점으로부터의 거리 \times 무게를 전체 질량으로 나눈 값이므로, $-0.5L(4m + m + 6m + 9m)g = -10mgL < 3.5mgL + 4mg(12.5L - x) - 6mg(5.5L) < 10mgL$ 에서 $2.625L < x < 7.625L$ 이다.

2 x 가 커질수록 무게 중심이 오른쪽으로 이동하다가 평형이 깨지기 직전에는 바닥에서 작용하는 힘이 0이 된다. 평형이 깨질 때 책상의 오른쪽 끝점이 회전 중심이 되므로 이 점을 회전축으로 하면, 아래쪽부터 나무 도막들의 무게 중심은 기준점으로부터 각각 $0.3L$, $0.1L$, $(0.1L - x)$ 이다. 따라서 평형이 깨지기 직전 $mg(0.3L) + mg(0.1L) + mg(0.1L - x) = 0$ 이므로 $x = 0.5L$ 이다.



기출3 ㄱ. 얼음이 물에 잠긴 부피만큼의 물의 무게가 얼음에 작용하는 부력의 크기이다. (가)에서 잠긴 얼음의 부피를 V' 이라고 하면 $\rho V'g = 0.9\rho(V + V')g$ 이다. 따라서 $V' = 9V$ 이고, 얼음의 부피는 $10V$ 이다.

ㄴ. $0.3V$ 의 물 무게는 곰의 무게와 같다. 따라서 곰의 질량을 m 이라고 하면 $\rho(0.3V)g = mg$ 이고, $m = 0.3\rho V$ 이다.

[오답 바로 알기] ㄷ. (나)에서 얼음에 작용하는 부력의 크기는 얼음과 곰의 무게를 더한 것과 크기가 같다. 곰이 얼음에 작용하는 힘의 크기는 곰의 무게와 같으므로 두 값은 서로 다르다.

3 ㄱ. 유체에 잠긴 부피만큼의 유체 무게가 부력의 크기이므로 $\rho(0.7V)g = \rho_{\text{물체}}Vg$ 이고, $\rho_{\text{물체}} = 0.7\rho$ 이다.

[오답 바로 알기] ㄴ. 완전히 잠기면 부력의 크기가 $\rho(0.3V)g$ 만큼 커지므로, 용수철저울의 눈금은 $0.3\rho Vg$ 이고, $0.7\rho Vg = mg$ 이므로 용수철저울의 눈금은 $\frac{3}{7}mg$ 이다.

ㄷ. 물체가 받는 부력의 크기는 ρVg 이고, $\rho Vg = \frac{10}{7}mg$ 이므로 이것은 mg 보다 크다.

기출4 ㄴ. 동일한 열량을 받았으나 (나)는 기체가 외부에 일을 하므로 증가한 내부 에너지는 (가)가 더 크다. 따라서 가열 후 기체의 내부 에너지는 (가)에서 (나)에서보다 크다.

[오답 바로 알기] ㄱ. $PV = nRT$ 이므로 압력이 일정하고 부피가 2배로 증가하면 절대 온도는 2배인 $2T$ 가 된다.

ㄷ. 열역학 제1법칙 $Q = \Delta U + W$ 에 따라 (나)에서 기체가 외부에 한 일과 내부 에너지 증가량의 합은 (가)에서 기체가 받은 열량과 같다. (가)에서 기체가 받은 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 같으므로, (나)에서 기체가 외부에 한 일은 (가)에서 기체의 내부 에너지 증가량보다 작다.

4 ㄱ, ㄷ, ㄴ. 열량이 공급되면 내부 에너지가 증가하면서 온도가 올라간다. 압력이 일정하므로 온도가 올라가면서 부피가 커지고, 외부에 일을 한다.

[오답 바로 알기] ㄴ. 피스톤이 움직일 수 있고 무게가 일정하므로 압력은 일정하다.

MEMO

MEMO