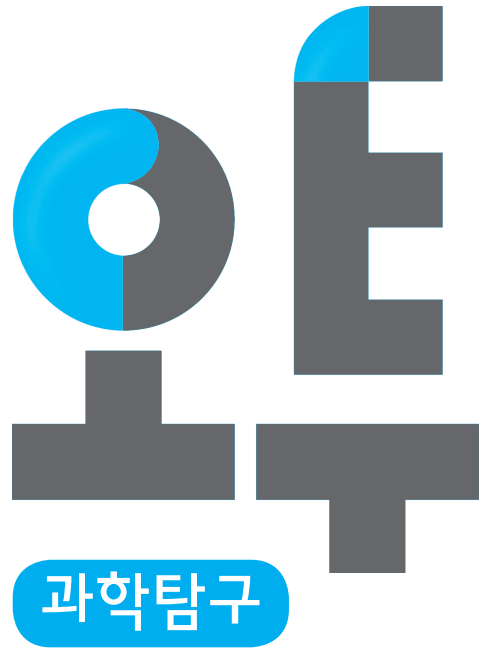




물리I

정답과
해설

01 시간, 길이의 측정과 표준

수능 기본 다지기

본책 15~16쪽

S.T.E.P 1

- 1 ㉠ 시각, ㉡ 시간 2 (1) × (2) ○ (3) ○ 3 표준 시간대 4 빛
5 (1) ㉢ (2) ㉣ (3) ㉤ (4) ㉥ 6 GPS

S.T.E.P 2

- 7 ① 8 ③ 9 ① 10 ① 11 ③ 12 ③ 13 ④

개념 확인 문제

S.T.E.P 1

- 2 (1) 양부일구의 영침이 북쪽을 가리키도록 놓는다.
(2) 세로선 A는 시각선으로, 그림자의 끝부분이 위치한 세로선을 통해 시각을 알 수 있다.
(3) 가로선 B는 절기선으로, 그림자의 끝부분이 위치한 가로선을 통해 계절을 알 수 있다.

- 5 (1) A는 지구를 북극에서 남극까지 이은 대원으로, 지구를 동서로 나누는 경선이다.
(2) B는 적도에 나란한 선으로 위선이다.
(3) ϕ 는 지구 중심으로부터 적도와 위선이 이루는 각, 즉 위도이다.
(4) λ 는 지구 중심으로부터 본초 자오선과 경선이 이루는 각도, 즉 경도이다.

- 6 GPS(Global Positioning System)는 인공위성을 사용하여 자신의 현재 위치(위도, 경도, 고도)와 시간 등의 정보를 알 수 있는 시스템이다.

수능 기본 문제

S.T.E.P 2

7 시각과 시간

- ㄱ. ㉠은 영화가 도착 예정인 순간, 즉 시각을 의미한다.

바로알기 ㄴ. ㉠은 영화가 시작하는 순간, 즉 시각을 의미한다.

- ㄷ. 상영 시간은 영화가 시작하는 시각과 끝나는 시각 사이의 간격을 의미한다.

8 양부일구

- ㄷ. 영침의 그림자 끝부분이 가장 안쪽 절기선을 가리키므로 현재 여름철이다. 또한 세로선과 세로선 사이의 시간 간격은 15

분이고, 그림자가 서쪽에 위치할수록 이른 시각이다. 문제에서 그림자가 정오로부터 서쪽으로 8칸 떨어진 곳에 위치해 있으므로, 시각은 정오(12시)에서 $15\text{분} \times 8 = 120\text{분} = 2\text{시간}$ 전인 오전 10시를 나타낸다.

바로알기 ㄱ. 태양은 여름철이 겨울철보다 높게 뜨므로 영침의 그림자의 길이는 여름철이 겨울철보다 짧다.

- ㄴ. 태양이 동쪽에서 서쪽으로 움직이므로, 영침의 그림자 끝은 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

9 시간의 표준

- ㄱ. (가)는 1초가 태양일(하루)의 $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$ 인 태양시이다.

지구는 타원 궤도를 공전하고 있으므로 태양시의 기준이 되는 태양일의 길이가 계속 변하여, 태양시의 1초 또한 계속 변하게 된다.

바로알기 ㄴ. 역표시의 1초는 서기 1900년도 1년 길이의

$$\frac{1}{31,556,925.9747} \text{이다.}$$

- ㄷ. 원자시는 약 30만 년에 1초의 오차가 생긴다.

10 표준 시간대

- ㄱ. 일정 지역마다 대표가 되는 곳에서 태양의 남중 시각을 시간의 기준인 정오(낮 12시)로 정한다.

바로알기 ㄴ. 그리니치 천문대를 지나는 자오선을 기준으로 24개의 표준 시간대를 채택하여 사용한다.

- ㄷ. 대표가 되는 지역에서 태양이 남중하는 시각을 12시로 정하여 같은 시간대로 사용하므로, 대표가 되는 지역이 아닌 곳에서는 태양이 남중하는 시각이 12시가 아니다.

11 길이의 표준

- ㄱ. 국제 표준의 최초 1 m는 파리를 통과하는 자오선 상에서 지구 둘레의 $\frac{1}{40,000,000}$ 로 정하였다.

- ㄷ. 현재 1 m는 빛이 진공 중에서 $\frac{1}{299,792,458}$ 초 동안 진행한 거리로 정한다.

바로알기 ㄴ. 미터원기의 길이는 온도나 압력에 따라 조금씩 변한다.

12 GPS의 이용

- ①, ②, ④, ⑤ 자동차 내비게이션, 측량, 비행기 항법, 지도 제작 등에는 GPS가 이용된다.

바로알기 ③ 과속 차량 단속은 자동차가 정해진 구간을 이동하는 데 걸린 시간으로 속도를 측정하거나, 전파를 쏘아 반사되어 되돌아올 때 도플러 효과에 의한 주파수의 변화로 측정한다.

13 GPS 위성과의 수신기 사이의 거리

인공위성과 안테나 사이의 거리 s 는 인공위성에서 발사한 전파가 0.02초 동안 이동한 거리와 같다. 따라서 $s = \text{전파의 속도} \times \text{걸린 시간} = (3 \times 10^8) \text{m/s} \times (2 \times 10^{-2}) \text{s} = 6 \times 10^6 \text{ m} = 6000 \text{ km}$ 이다.

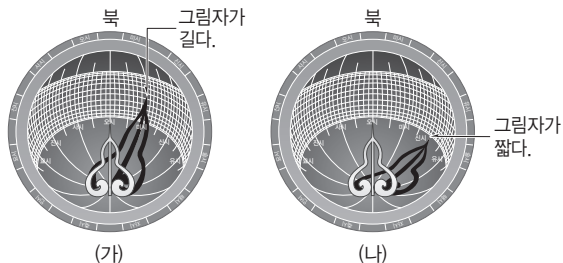
1 ① 2 ⑤ 3 ③ 4 ⑤

1 양부일구

ㄱ. 동쪽으로 갈수록, 즉 경도가 커질수록 시간이 빨라진다. 관측 지역의 경도는 126° 로 대표 지역보다 서쪽에 있으므로 (가) 지역에서 양부일구가 가리키는 시각은 표준 시각보다 느리다.

바로알기 ㄴ. 위도가 높은 지역일수록 태양의 남중 고도가 낮아 지므로 그림자의 길이가 길다. 그림자의 길이는 (가)에서 (나)에서보다 길므로, (가) 지역의 위도가 더 높다.

ㄷ. 세로선과 세로선 사이의 간격은 15분이고, 그림자가 서쪽에 위치할수록 시각이 빠르다. 바늘의 그림자는 (가)가 (나)보다 서쪽으로 세로선 8개 떨어진 위치에 있으므로 $15\text{분} \times 8 = 120\text{분} = 2\text{시간}$ 빠르다.



2 시간의 표준

ㄱ. 1초는 처음에 태양일(하루)의 $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$ 로 한 태양시를 사용하였고, 그 후 1900년도 1년 길이의 $\frac{1}{31,556,925.9747}$ 로 한 역표시를 사용하였다. 현재는 원자 시계를 이용한 원자시를 사용한다.

ㄴ. 현재 사용하고 있는 원자시의 1초는 세슘 원자에서 방출하는 특정한 빛이 9,192,631,770번 진동하는 데 걸리는 시간으로 정한다.

ㄷ. '표준의 표준'이라고도 하는 물리량은 시간으로, 다른 물리량에 대한 측정 표준의 기초로 사용된다.

3 GPS의 원리

철수 : GPS는 인공위성에서 보낸 전파가 GPS 수신기에 도달하는 데 걸린 시간을 이용하여 위치 정보를 파악하는 시스템이다.
영희 : 좌표를 정확하게 계산하기 위해 인공위성에 고정밀 원자 시계가 내장되어 있다.

바로알기 민수 : 수신기의 위치를 찾기 위해 필요한 인공위성의 수는 최소 3개이다.

4 GPS의 이용

ㄴ. 내비게이션은 GPS 정보를 이용하여 현재 위치를 파악하고 목적지까지의 거리와 방향을 찾아 길을 안내한다.

ㄷ. GPS 수신기인 내비게이션과 인공위성 사이의 거리는 전파가 이동한 거리, 즉 '전파의 속도 $\times$ 전파가 이동한 시간'으로 계산한다.

바로알기 ㄱ. 내비게이션에는 GPS 수신기가 부착되어 있다.

02 운동의 법칙

수능 기본 다지기

본책 22~24쪽

STEP 1

- 1 (1) 150 (2) ㉠ 동, ㉡ 50 2 > 3 50 m 4 0.4 m/s^2
5 (1) 20 m/s^2 (2) 90 m 6 (가), (나), (다) 7 20 N 8 (1) ㄴ (2) ㄷ
(3) ㄱ 9 (1) ㉠ (2) ㉠ (3) $\times$ (4) $\times$ 10 $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 11 $24 \text{ N} \cdot \text{s}$
12 100 N 13 ㄱ, ㄴ

STEP 2

- 14 ㉢ 15 ㉢ 16 ㉣ 17 ㉤ 18 ㉣ 19 ㉢ 20 ㉢ 21 ㉠
22 ㉡ 23 ㉣ 24 ㉣

개념 확인 문제

STEP 1

1 (1) 이동 거리는 운동한 경로의 길이이므로 $100 \text{ m} + 50 \text{ m} = 150 \text{ m}$ 이다.

(2) 변위는 처음 위치에서 나중 위치까지의 직선 거리와 방향이므로, 변위의 크기 = 동쪽으로 간 거리 - 서쪽으로 간 거리 = $100 \text{ m} - 50 \text{ m} = 50 \text{ m}$ 이고, 변위의 방향은 동쪽이다.

2 평균 속도 = $\frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}$, 평균 속도의 크기 = $\frac{\text{변위의 크기}}{\text{걸린 시간}}$ 이다. 운동 방향이 변하는 경우 이동 거리는 변위의 크기보다 크므로, 평균 속력은 평균 속도의 크기보다 크다.

3 $s = vt = 5 \text{ m/s} \times 10 \text{ s} = 50 \text{ m}$

4 $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{2 \text{ m/s} - 0}{5 \text{ s}} = 0.4 \text{ m/s}^2$

5 (1) 가속도는 속도 - 시간 그래프의 기울기이므로, 가속도의 크기는 $\frac{60 - 0}{3} = 20 (\text{m/s}^2)$ 이다.

(2) 이동 거리는 속도 - 시간 그래프 아랫부분의 넓이이므로 $\frac{1}{2} \times 60 \times 3 = 90 (\text{m})$ 이다.

6 $a_{(가)} = \frac{F}{M}$, $a_{(나)} = \frac{1.5F}{2M} = \frac{3F}{4M}$, $a_{(다)} = \frac{F}{3M}$ 이므로, 가속도의 크기를 비교하면 $a_{(가)} > a_{(나)} > a_{(다)}$ 이다.

7 $F = ma = 10 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 20 \text{ N}$

8 (1) $F = ma$ 는 운동 방정식으로, 뉴턴의 운동 제 2법칙인 가속도 법칙과 관련이 있다.

(2) 로켓이 가스를 분출하면서 밀어내면 가스가 로켓을 밀어올리는 반작용에 의해 로켓이 날아간다.

(3) 뉴턴의 운동 제 1법칙인 관성 법칙과 관련이 있다.

9 (3) 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같다.
 (4) $I = Ft$ 에서 같은 크기의 힘 F 를 작용하더라도 물체에 힘이 작용하는 시간 t 가 길수록 충격량, 즉 운동량의 변화량이 크므로 물체의 속도 변화도 크다.

10 $p = mv = 0.2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s} = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

11 힘-시간 그래프 아랫부분의 넓이는 충격량을 의미한다.
 따라서 충격량 $= 6 \text{ N} \times 4 \text{ s} = 24 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

12 충격량 $= F \times 0.1 \text{ s}$ 이고 운동량의 변화량 $=$ 나중 운동량 $-$ 처음 운동량 $= 0.5 \text{ kg} \times 20 \text{ m/s} - 0 = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다. 이때 충격량 $=$ 운동량의 변화량 $\therefore$ 공에 작용한 평균 힘의 크기 $= \frac{10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{0.1 \text{ s}} = 100 \text{ N}$ 이다.

13 ㄱ, ㄴ. 같은 충격량을 받아도 충격을 받는 시간이 길어지므로 충격력이 작아진다.

바로알기 ㄷ. 대포의 포신이 길수록 포탄에 힘을 작용하는 시간이 길어지므로 충격량이 커진다. 따라서 포탄이 포신을 떠나는 순간의 속력이 커져서 포탄을 멀리 보낼 수 있다.

수능 기본 문제

S · T · E · P

2

14 평균 속력과 평균 속도

평균 속력은 이동 거리를 걸린 시간으로 나눈 값이다. 따라서
 평균 속력 $= \frac{\text{이동 거리}}{\text{시간}} = \frac{3 \text{ m} + 4 \text{ m} + 3 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$ 이다. 평균 속도의 크기는 변위의 크기를 걸린 시간으로 나눈 값이다. 따라서
 평균 속도의 크기 $= \frac{\text{변위의 크기}}{\text{시간}} = \frac{4 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 0.8 \text{ m/s}$ 이다.

15 위치-시간 그래프

0~4초 동안 물체가 이동한 거리는 처음 운동 방향으로 이동한 거리 3 m와 반대 방향으로 이동한 거리 1 m의 합인 4 m이다. 따라서 평균 속력 $= \frac{\text{이동 거리}}{\text{시간}} = \frac{4 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$ 이다.

16 속도-시간 그래프

ㄱ. 등속도 운동을 한 구간은 속도가 20 m/s로 일정한 2~5초 구간이다. 이때의 이동 거리를 그래프 아랫부분의 넓이로 구하면 이동 거리 $= 20 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 60 \text{ m}$ 이다.
 ㄷ. 0~6초 동안 물체가 이동한 거리를 그래프 아랫부분의 넓이로 구하면 $\frac{1}{2} \times (3+6) \times 20 = 90 \text{ (m)}$ 이다. 따라서 0~6초 동안 평균 속력 $= \frac{\text{이동 거리}}{\text{시간}} = \frac{90 \text{ m}}{6 \text{ s}} = 15 \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 5초 이후 속도가 감소하지만 속도의 부호가 (+)이므로 운동 방향이 변한 것은 아니다. 운동 방향이 바뀌는 경우는

속도의 부호가 바뀔 때이다.

17 등속도 운동

ㄴ. 0.5초 동안 이동한 거리는 50 cm = 0.5 m이다.

ㄷ. 0.5초 동안 평균 속력 $= \frac{\text{이동 거리}}{\text{시간}} = \frac{0.5 \text{ m}}{0.5 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 매 0.1초 동안 물체가 이동한 거리가 10 cm로 일정하다. 따라서 물체는 속력이 일정한 직선 운동, 즉 등속도 운동을 한다.

18 가속도 구하기

처음 구간에서의 평균 속력은 $\frac{2 \text{ cm}}{0.1 \text{ s}} = 20 \text{ cm/s} = 0.2 \text{ m/s}$ 이고,

두 번째 구간에서 평균 속력은 $\frac{6 \text{ cm}}{0.1 \text{ s}} = 60 \text{ cm/s} = 0.6 \text{ m/s}$ 이다.

따라서 가속도 $= \frac{0.6 \text{ m/s} - 0.2 \text{ m/s}}{0.1 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}^2$ 이다.

19 등가속도 직선 운동

자동차는 정지할 때까지 등가속도 직선 운동을 한다. 따라서 등가속도 직선 운동의 식 $2as = v^2 - v_0^2$ 에서 $2 \times (-2 \text{ m/s}^2) \times s = 0^2 - (10 \text{ m/s})^2$ 이므로 $s = 25 \text{ m}$ 이다.

20 작용 반작용과 힘의 평형

ㄱ. 관성 법칙에 따라 정지해 있는 책에 작용하는 합력은 0이다.

ㄷ. 지구가 책을 당기는 힘과 책이 지구를 당기는 힘은 작용 반작용의 관계이므로, 두 힘의 크기가 같다.

바로알기 ㄴ. 지구가 책을 당기는 힘과 책상이 책을 떠받치는 힘은 정지해 있는 책에 반대 방향으로 작용하는 크기가 같은 두 힘이므로, 평형 관계이다.

21 가속도 법칙

가속도 법칙 $F = ma$ 에 의해 A의 질량 $m_A = \frac{10 \text{ N}}{2 \text{ m/s}^2} = 5 \text{ kg}$.

B의 질량 $m_B = \frac{10 \text{ N}}{5 \text{ m/s}^2} = 2 \text{ kg}$ 이다. 따라서 A와 B를 묶인 물체에 7 N의 힘을 수평 방향으로 작용할 때, 두 물체의 가속도의 크기 $a = \frac{7 \text{ N}}{5 \text{ kg} + 2 \text{ kg}} = 1 \text{ m/s}^2$ 이다.

22 가속도 법칙과 작용 반작용 법칙

ㄴ. 작용 반작용 법칙에 의해 어른이 어린이를 120 N의 힘으로 끌어당기는 동안 어린이가 어른을 끌어당기는 힘의 크기도 120 N이다. 이때 어른의 가속도 크기 $a = \frac{120 \text{ N}}{80 \text{ kg}} = 1.5 \text{ m/s}^2$ 이다.

바로알기 ㄱ. 작용 반작용 법칙에 의해 어른이 어린이로부터 받는 힘의 크기도 120 N이다.

ㄷ. 정지해 있던 두 사람은 등가속도 직선 운동을 하므로 이동 거리 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} at^2$ 에서 가속도 a 가 클수록 같은 시간 동안 이동 거리가 더 크다. 문제에서 어린이의 가속도는 3 m/s^2 이고, 어른의 가속도는 1.5 m/s^2 이므로 같은 시간 동안 이동 거리는 어린이가 어른보다 크다.

23 힘(충격력) - 시간 그래프

힘-시간 그래프 아랫부분의 넓이는 충격량을 나타내고, 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로, 10초 동안 운동량의 변화량, 즉 0초일 때 운동량과 10초일 때 운동량의 차는 $\frac{1}{2} \times 4 \text{ N} \times 10 \text{ s} = 20 \text{ N} \cdot \text{s} = 20 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다. 『운동량=질량×속도』에서 물체가 처음에 정지해 있었으므로 물체의 처음 운동량은 0이다. 따라서 10초일 때 물체의 운동량=20 kg·m/s=5 kg×v에서 10초일 때의 속력 $v=4 \text{ m/s}$ 이다.

24 충격량과 충격력

ㄴ, ㄷ, $I=Ft$ 에서 충격량 I 가 같을 때 힘(충격력) F 의 크기는 힘이 작용하는 시간 t 에 반비례한다. 충돌 시 충격량은 같지만, 에어백을 이용하면 사람이 힘을 받는 시간이 길어지므로 사람이 받는 평균적인 힘의 크기를 줄일 수 있다.

바로알기 ㄱ. 충돌 직전 사람은 자동차와 함께 운동하고 있고, 충돌 후 사람은 자동차와 함께 정지한다. 따라서 충돌 후 사람의 운동량은 0이 되어, 사람의 운동량 변화량은 충돌 직전 사람의 운동량과 같다. 따라서 에어백의 사용 여부와 관계없이 사람이 받는 충격량은 충돌 직전 사람의 운동량과 같다.

수능 유형 분석하기

본책 25~26쪽

1 ① 2 ② 3 ④ 4 ⑤

1 등가속도 직선 운동

ㄱ. 자동차는 등가속도 직선 운동을 하므로

$$\text{평균 속력} = \frac{20 \text{ m/s} + 30 \text{ m/s}}{2} = 25 \text{ m/s} \text{이다.}$$

바로알기 ㄴ. 걸린 시간 = $\frac{\text{이동 거리}}{\text{평균 속력}} = \frac{500 \text{ m}}{25 \text{ m/s}} = 20 \text{ s}$ 이다.

ㄷ. 등가속도 직선 운동의 식 $2as = v^2 - v_0^2$ 에서

$$\text{가속도 크기 } a = \frac{(30 \text{ m/s})^2 - (20 \text{ m/s})^2}{2 \times 500 \text{ m}} = 0.5 \text{ m/s}^2 \text{이다.}$$

2 등가속도 직선 운동

ㄴ. 착륙하는 순간 비행기의 속력을 v_0 이라 하면 2초인 순간 비행기의 속력이 90 m/s이고 가속도는 -5 m/s^2 이므로, $90 \text{ m/s} = v_0 - 5 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ s}$ 에서 $v_0 = 100 \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 0~4초까지 평균 속력 = $\frac{360 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 90 \text{ m/s}$ 이므로 0초와 4초의 중간 시각인 2초인 순간 비행기의 속력은 90 m/s이고, 4~8초까지 평균 속력 = $\frac{640 \text{ m} - 360 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 70 \text{ m/s}$ 이므로 4초와 8초의 중간 시각인 6초인 순간 비행기의 속력은 70 m/s이다. 따라서 가속도 = $\frac{70 \text{ m/s} - 90 \text{ m/s}}{6 \text{ s} - 2 \text{ s}} = -5 \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄷ. 착륙 순간의 속력은 100 m/s이고, 가속도 크기가 5 m/s^2 이므로 $2as = v^2 - v_0^2$ 에서 비행기가 이동한 거리 $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0^2 - (100)^2}{2 \times (-5)} = 1000 \text{ (m)} = 1 \text{ (km)}$ 이다.

3 실로 연결된 두 물체의 운동

ㄴ. (나)에서 실로 연결된 두 물체가 B에 작용하는 중력에 의해 가속도 운동을 하므로, 가속도 $a_{(+) } = \frac{mg}{m+m} = \frac{1}{2}g$ 이다.

ㄷ. (나)에서 용수철 저울에 측정되는 힘의 크기는 A에 작용하는 알짜힘과 같으며, A에 작용하는 알짜힘은 A의 질량과 가속도의 곱이므로 $F_A = ma = m \times \frac{1}{2}g = \frac{1}{2}mg$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 용수철 저울로 측정한 힘의 크기는 실이 물체를 당기는 힘이다. 두 물체는 정지해 있으므로, 실이 물체 A, B를 각각 당기는 힘은 중력 mg 와 평형을 이룬다. 따라서 용수철 저울로 측정한 힘의 크기는 mg 이다.

4 운동량과 충격량

ㄱ. 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로, 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 $4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 2 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

ㄴ. 충격량은 힘과 시간의 곱이며, A와 B가 받은 힘은 작용 반작용 관계로 크기가 같고, 힘을 받은 시간도 접촉 시간으로 같다. 따라서 B가 받은 충격량의 크기는 A가 받은 충격량의 크기와 같은 $2 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다. ‘충격량=힘×시간’에 따라 $2 = F \times 0.01$ 에서 평균 힘 $F = 200 \text{ (N)}$ 이다.

ㄷ. 충돌 후 A의 운동량 $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 2 \text{ kg} \times v_A$ 에서 충돌 후 A의 속력 $v_A = 1 \text{ m/s}$ 이다. B가 받은 충격량은 $2 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이므로, 충돌 후 B의 운동량 $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ kg} \times v_B$ 에서 $v_B = 2 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 충돌 후 속력은 B가 A의 2배이다.

수능 실력 굳히기

본책 27~31쪽

1 ③ 2 ① 3 ② 4 ③ 5 ① 6 ④ 7 ⑤ 8 ①
9 ② 10 ④ 11 ② 12 ③ 13 ① 14 ① 15 ⑤ 16 ③
17 ⑤ 18 ④ 19 ④ 20 ②

1 위치-시간 그래프

ㄱ. 속력은 위치-시간 그래프의 기울기의 크기와 같으므로, 2초일 때 A와 B의 속력 = $\frac{1 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 0.5 \text{ m/s}$ 로 같다.

ㄷ. 2~6초 동안 A와 B가 이동한 거리는 각각 2 m로 같으므로, 평균 속력도 $\frac{2 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 0.5 \text{ m/s}$ 로 같다.

바로알기 ㄴ. 4초 이후 A와 B의 위치가 모두 점점 작아지므로 운동 방향은 같다.

2 속도-시간 그래프

ㄱ. 속도의 부호가 운동 방향을 나타내므로, 속도의 부호가 (+)에서 (-)로 바뀌는 5초 때 운동 방향이 반대로 바뀌었다.

바로알기 ㄴ. 0초부터 5초까지 동쪽으로 25 m를 이동하고 5초 때 방향을 바꾸어 5초부터 6초까지 서쪽으로 5 m를 이동하였으므로, 0초부터 6초까지 이동한 거리 = 25 m + 5 m = 30 m이다

ㄷ. 0초부터 6초까지 자동차의 변위의 크기는 25 m - 5 m = 20 m이므로 이 동안 평균 속도의 크기는 $\frac{20 \text{ m}}{6 \text{ s}} = \frac{10}{3} \text{ m/s}$ 이다.

3 자유 낙하 운동

건물의 옥상에서 놓은 물체 A, B는 가속도가 일정한 등가속도 직선 운동을 한다. A의 속력이 v_{0A} 가 되었을 때 B를 놓았다면, B를 놓고 시간 t 가 지났을 때 A의 속력은 $v_A = v_{0A} + gt$, B의 속력은 $v_B = gt$ 가 된다. 따라서 A와 B의 속력차는 $v_A - v_B = v_{0A}$ 로 일정하므로 속력차 - 시간 그래프는 ㄱ과 같은 모양이 된다.

B를 놓을 때까지 A의 이동 거리를 s_{0A} 라 하면 A의 이동 거리 $s_A = s_{0A} + v_{0A}t + \frac{1}{2}gt^2$ 이고, B의 이동 거리 $s_B = \frac{1}{2}gt^2$ 이다. 따라서 A와 B 사이의 거리 = $s_A - s_B = s_{0A} + v_{0A}t$ 가 되어 A와 B 사이의 거리 - 시간 그래프는 ㄴ과 같은 모양이 된다.

4 시간 - 속력 그래프

ㄱ. 2초일 때 물체의 속력이 0이므로, 물체는 2초일 때 최고점에 도달했다가 다시 내려온다.

ㄷ. P에서 최고점까지 물체가 이동한 거리가 6 m이므로, 0~2초 동안 그래프 아랫부분의 넓이 = $\frac{1}{2} \times v \times 2 \text{ s} = 6 \text{ m}$ 에서 $v = 6 \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㄴ. P에서 최고점까지 물체가 이동한 거리는 최고점에서 다시 P에 도달할 때까지 이동한 거리, 즉 2~5초 동안 이동한 거리와 같다. 속도 - 시간 그래프 아랫부분의 넓이는 이동 거리와 같으므로 2~5초 동안 이동 거리 = $\frac{1}{2} \times (5-2) \text{ s} \times 4 \text{ m/s} = 6 \text{ m}$ 이다.

5 등속도 운동과 등가속도 직선 운동

ㄱ. 등가속도 직선 운동의 평균 속력 = $\frac{\text{처음 속력} + \text{나중 속력}}{2}$

이므로, O점에서 P점까지 이동하는 동안 평균 속력 = $\frac{0+v}{2} = \frac{v}{2}$ 이다.

바로알기 ㄴ. O점에서 P점까지 이동하는 동안 평균 속력은 $\frac{v}{2}$. P점에서 Q점까지 이동하는 동안 평균 속력은 v 이므로 PQ 구간의 평균 속력이 OP 구간의 2배이다. 이동 거리가 같을 때 걸린 시간은 평균 속력에 반비례하므로 P점에서 Q점까지 이동하는 데 걸리는 시간은 $\frac{t}{2}$ 이다.

ㄷ. O점에서 출발하여 P점까지 이동하는 동안 평균 속력은 $\frac{v}{2}$ 이고 걸린 시간은 t 이다. 따라서 이동 거리 $L = \text{평균 속력} \times \text{걸린 시간} = \frac{v}{2} \times t = \frac{vt}{2}$ 이다.

6 가속도 - 시간 그래프

ㄱ. 물체는 처음에 정지해 있었고, 0~2초 동안 가속도는 2 m/s^2 로 일정하므로, 2초일 때 물체의 속력 $v = v_0 + at = 0 + 2 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ s} = 4 \text{ m/s}$ 이다.

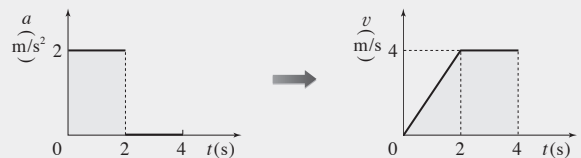
ㄷ. 0~2초 동안 등가속도 직선 운동한 거리 = $v_0t + \frac{1}{2}at^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 2 \text{ m/s}^2 \times (2 \text{ s})^2 = 4 \text{ m}$ 이고, 2~4초 동안 등속도 운동한 거리 = $vt = 4 \text{ m/s} \times 2 \text{ s} = 8 \text{ m}$ 이다. 따라서 0~4초 동안 물체가 이동한 거리 = $4 \text{ m} + 8 \text{ m} = 12 \text{ m}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 2~4초 동안 물체의 가속도는 0이므로, 물체는 등속도 운동을 한다.

더 알아보기

그래프 전환

가속도(a) - 시간(t) 그래프를 속도(v) - 시간(t) 그래프로 전환하면 다음과 같다.



7 등속도 운동과 등가속도 직선 운동

ㄱ. 경찰차가 A를 추월하는 순간까지 경찰차와 A가 이동한 거리와 걸린 시간이 각각 같으므로, 두 자동차의 평균 속력이 같다. 경찰차가 A를 추월하는 순간의 속력을 v 라고 할 때,

$$10 \text{ m/s} = \frac{0+v}{2} \text{ 에서 } v = 20 \text{ m/s} \text{이다.}$$

$$\text{ㄴ. 경찰차의 가속도는 } a = \frac{v^2}{2s} = \frac{(20 \text{ m/s})^2}{2 \times 100 \text{ m}} = 2 \text{ m/s}^2 \text{이다.}$$

ㄷ. 경찰차가 자동차 A를 추월하기 직전까지 걸린 시간

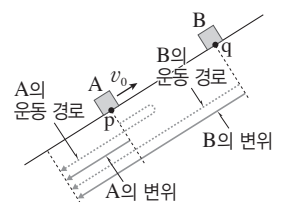
$$t = \frac{v}{a} = \frac{20 \text{ m/s}}{2 \text{ m/s}^2} = 10 \text{ s} \text{이다.}$$

8 빗면에서 등가속도 운동

A와 B가 만나는 데 걸린 시간이 T 일 때 B의 속력이 $3v_0$ 이므로, $3v_0 = aT$ 에서 A와 B의 가속도는 $a = \frac{3v_0}{T}$ 이며 빗면 아래 방향이다. A가 최고점에 도달하는 순간의 속력은 0이므로, A가 최고점에 도달하는 시간 t 는 $0 = v_0 - at = v_0 - \left(\frac{3v_0}{T}\right)t$ 에서 $t = \frac{T}{3}$ 이다.

ㄱ. p와 q 사이의 거리는 오른쪽 그림에서와 같이 시간 T 동안 B의 변위에서 A의 변위를 뺀 값과 같다. 빗면 아래 방향을 (+)라고 할 때 A의 초속도는 $-v_0$ 이고 가속도는 a 이다. 시간 T 동안 B의

변위는 $\frac{1}{2}aT^2$ 이며 A의 변위는 $-v_0T + \frac{1}{2}aT^2$ 이므로, p와 q 사이의 거리는 $\frac{1}{2}aT^2 - (-v_0T + \frac{1}{2}aT^2) = v_0T$ 이다.



바로알기 ㄴ. A가 최고점에 도달하는 시간 $t\left(=\frac{T}{3}\right)$ 까지 A가
 빗면 위로 이동한 거리는 $v_0t - \frac{1}{2}at^2$ 이고 B가 빗면 아래로 이
 동한 거리는 $\frac{1}{2}at^2$ 이므로, A와 B가 이동한 거리를 합하면
 $\left(v_0t - \frac{1}{2}at^2\right) + \frac{1}{2}at^2 = v_0t = \frac{v_0T}{3}$ 이다. A가 최고점에 도달한
 순간 A와 B 사이의 거리는, p와 q 사이의 거리에서 A와 B가
 이동한 거리의 합을 뺀 값과 같으므로 $v_0T - \frac{v_0T}{3} = \frac{2v_0T}{3}$ 이다.
 ㄷ. A와 B가 만나는 순간, A의 속도는
 $v_0 - aT = v_0 - \frac{3v_0}{T} \times T = -2v_0$ 이므로 속력은 $2v_0$ 이다.

9 등가속도 직선 운동

ㄷ. 가속도가 2 m/s^2 이고 R에서의 속력은 4 m/s 이다. Q에서
 R까지 걸린 시간을 t 라 하면 $v = v_0 + at$ 에서 $4 \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$
 $+ 2 \text{ m/s}^2 \times t$ 이므로 $t = 1$ 초이다.

바로알기 ㄱ. P에서 Q까지의 구간에서 $2as = v^2 - v_0^2$ 에 따라
 가속도를 구하면 $a = \frac{(2 \text{ m/s})^2 - 0}{2 \times 1 \text{ m}} = 2 \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄴ. Q에서 R까지의 구간에서 $2as = v^2 - v_0^2$ 에 따라 R에서의
 속력 v 를 구하면 $2 \times 2 \text{ m/s}^2 \times 3 \text{ m} = v^2 - (2 \text{ m/s})^2$ 에서 $v =$
 4 m/s 이다.

10 등속도 운동과 등가속도 직선 운동

A의 가속도를 a , B의 가속도를 $2a$ 라고 할 때, A가 3초 동안
 이동한 거리 $L = v \times 3 + \frac{1}{2}a \times 3^2 = 3v + \frac{9}{2}a$ 이다. 한편 A와
 B가 스쳐 지나가는 순간인 2초까지 이동한 거리의 합도 L 이므
 로, $L = (v \times 2 + \frac{1}{2} \times a \times 2^2) + (\frac{1}{2} \times 2a \times 2^2) = 2v + 6a$ 이다.
 두 식을 연립하면 $L = 9a$ 이므로 3초 동안 B가 Q로부터 이동한
 거리 $= \frac{1}{2} \times 2a \times 3^2 = 9a = L$ 이다.

11 실로 연결된 두 물체의 운동

줄이 끊어지기 전 0~3초까지 A와 함께 운동하는 B의 가속도
 는 속도-시간 그래프의 기울기와 같으므로 $\frac{1}{3} \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄴ. A와 B에 작용한 힘이 2 N 이므로, 두 물체의 가속도
 $a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{2 \text{ N}}{m_A + 2 \text{ kg}} = \frac{1}{3} \text{ m/s}^2$ 에서 물체 A의 질량은
 $m_A = 4 \text{ kg}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 줄이 끊어지기 전에 B가 받는 알짜힘은

$$F_B = m_B a = 2 \times \frac{1}{3} = \frac{2}{3} (\text{N}) \text{이다.}$$

ㄷ. 줄이 끊어진 후 B가 이동한 거리는 3~5초 동안 그래프 아
 랫부분의 넓이와 같으므로 $(1+3) \times 2 \times \frac{1}{2} = 4 (\text{m})$ 이며, A는
 줄이 끊어질 때의 속력 1 m/s 로 등속 운동하므로 3~5초 동안
 A가 이동한 거리는 $1 \text{ m/s} \times 2 \text{ s} = 2 \text{ m}$ 이다. 따라서 5초 때 A와
 B 사이의 거리는 0초일 때보다 2 m 더 크다.

12 접촉해서 운동하는 두 물체의 운동

ㄷ. B에 작용하는 합력 = B의 질량 $\times$ B의 가속도
 $= 1 \text{ kg} \times 4 \text{ m/s}^2 = 4 \text{ N}$

바로알기 ㄱ. 한 덩어리로 운동하는 두 물체에 작용하는 합력은
 20 N 이고, 두 물체의 질량은 $4 \text{ kg} + 1 \text{ kg} = 5 \text{ kg}$ 이므로 A, B
 의 가속도의 크기 $a = \frac{20 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 4 \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄴ. A에 작용하는 합력 $= 4 \text{ kg} \times 4 \text{ m/s}^2 = 16 \text{ N}$ 이므로 B가
 A에 작용하는 힘은 $20 \text{ N} - 16 \text{ N} = 4 \text{ N}$ 이다. 따라서 작용 반
 작용 법칙에 의해 A가 B에 작용하는 힘의 크기도 4 N 이다.

13 줄로 연결된 두 물체의 운동

ㄱ. (가)에서 수레의 질량은 2 kg 이고 수레가 받는 힘은 20 N
 이므로 수레의 가속도 $= \frac{20 \text{ N}}{2 \text{ kg}} = 10 \text{ m/s}^2$ 이다. (나)에서 함께
 운동하는 수레와 추의 전체 질량은 4 kg 이고 수레와 추가 함께
 받는 힘은 추에 작용하는 중력 $2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 20 \text{ N}$ 이므로,
 수레와 추의 가속도는 $\frac{20 \text{ N}}{4 \text{ kg}} = 5 \text{ m/s}^2$ 이다. 따라서 수레의 가
 속도 비 (가) : (나) $= 2 : 1$ 이다.

바로알기 ㄴ. 수레에 작용하는 합력은 수레의 질량과 가속도의
 곱이므로, (가)에서는 $2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 20 \text{ N}$ 이고, (나)에서는
 $2 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$ 이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 줄이 수레를 당기는 힘은 수레에 작용하는
 합력과 같으므로, (가)는 20 N , (나)는 10 N 이다.

14 실로 연결된 두 물체의 운동

ㄴ. 물체 A, B, C가 등속 직선 운동을 하므로, 세 물체에 작용
 하는 알짜힘은 0이다. 따라서 A와 B의 질량의 합은 C의 질량
 과 같다. 따라서 B의 질량은 $2m$ 이다. B에 작용하는 알짜힘이
 0이므로, q가 B를 위로 당기는 힘의 크기는 B에 작용하는 중
 력과 같은 크기인 $2mg$ 이다.

바로알기 ㄱ. A에 작용하는 알짜힘이 0이므로, 'p가 A를 위로
 당기는 힘 = A의 중력 + q가 A를 아래로 당기는 힘'이 성립한
 다. 따라서 p가 A를 당기는 힘은 q가 A를 당기는 힘보다 크다.
 ㄷ. q가 B를 당기는 힘과 지구가 B를 당기는 힘은 B에 작용하
 는 두 힘이므로, 힘의 평형 관계이다.

더 알아보기

ㄱ. q가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기와 같은
 $2mg$ 이므로, p가 A를 위로 당기는 힘의 크기는 $mg + 2mg = 3mg$ 이다.

15 뉴턴의 운동 제 3법칙(작용 반작용 법칙)

정지해 있는 철수에 작용하는 합력과 정지해 있는 배에 작용하
 는 합력은 모두 0이다.

ㄴ. 철수에 아래 방향으로 작용하는 중력의 크기와 배가 철수를
 위 방향으로 떠받치는 힘의 크기는 같다.

ㄷ. 배에는 아래 방향으로 철수의 중력과 배의 중력이 작용하
 고, 위 방향으로 부력이 작용하여 힘의 평형을 이룬다.

바로알기 ㄱ. 철수가 배를 누르는 힘과 작용 반작용 관계에 있는
 힘은 배가 철수를 떠받치는 힘이다.

16 작용 반작용

ㄷ. 정지해 있는 어른과 일정한 속력으로 운동하는 어린이에게 작용하는 합력은 각각 0이다. 즉, 어른에게 작용하는 마찰력과 어린이가 어른을 당기는 힘의 크기가 같고, 어린이에게 작용하는 마찰력과 어른이 어린이를 당기는 힘의 크기가 같다. 따라서 어른에게 작용하는 마찰력의 크기는 어린이에게 작용하는 마찰력의 크기와 같다.

바로알기 ㄱ. 어른이 어린이를 당기는 힘의 크기는 작용 반작용 법칙에 의해 어린이가 어른을 당기는 힘의 크기와 같다.

ㄴ. 일정한 속력으로 운동하는 어린이에게 작용하는 합력은 0이다.

17 운동량과 충격량

ㄴ. 물체가 벽으로부터 받은 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로 충격량 = $-mv - mv = -2mv$ 이다. 따라서 충격량의 크기는 $2mv$ 이다.

ㄷ. 물체의 운동량 변화량의 크기가 $2mv$ 이므로, 벽이 물체에 작용하는 평균 힘의 크기를 F 라고 하면 $Ft = 2mv$ 에서 $F = \frac{2mv}{t}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 오른쪽 방향을 (+)로 하면 충돌 전 물체의 운동량은 mv , 충돌 후 운동량은 $-mv$ 이므로, 운동량의 변화량 = 나중 운동량 - 처음 운동량 = $-mv - mv = -2mv$ 이다.

18 운동량-시간 그래프

ㄱ. 충돌 전 A의 운동량은 $8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이므로, A의 속력은 $8 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 4 \text{ kg} \cdot v$ 에서 $v = 2 \text{ m/s}$ 이다.

ㄷ. 운동량-시간 그래프에서 기울기의 크기는 충돌하는 동안 받은 힘의 크기를 나타내므로, 충돌하는 동안 A가 받은 힘 = $\frac{5 \text{ N} \cdot \text{s} - 8 \text{ N} \cdot \text{s}}{0.1 \text{ s}} = -30 \text{ N}$ 이다. 충돌하는 동안 B가 받은 힘의 크기는 작용 반작용 법칙에 의해 A가 받은 힘의 크기와 같으므로 30 N 이다.

바로알기 ㄴ. 충돌하는 동안 A가 받은 충격량은 A의 운동량의 변화량과 같으므로 $5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 8 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -3 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

19 충격량

충격량 $I = Ft$ 에서 같은 크기의 힘 F 를 작용할 때 충격량 I 는 시간 t 에 비례한다. 따라서 대포의 길이가 길면 힘을 작용하는 시간이 길어져서 충격량이 커지므로 화살이 멀리 날아간다.

ㄱ. 대포의 포신이 길수록 포탄에 힘을 작용하는 시간이 길어져 충격량이 커지므로 포탄이 멀리 날아간다.

ㄴ. 테니스 공을 밀어 주는 느낌으로 치면 테니스 공에 힘을 작용하는 시간이 길어져 충격량이 커진다. 따라서 공을 빠르게 보낼 수 있다.

바로알기 ㄷ. 충격량 $I = Ft$ 에서 충격량 I 가 같을 때 힘 F 의 크기는 힘이 작용하는 시간 t 에 반비례한다. 번지점프를 할 때 잘 늘어나는 줄을 사용하는 것은 줄이 늘어나면서 힘을 받는 시간이 길어지므로, 사람이 받는 힘의 크기가 작아지기 때문이다.

20 운동량과 충격량

ㄴ. 충격량 = 힘 $\times$ 시간에서 충격량이 같을 때 힘은 충돌 시간에

반비례한다. 힘을 받은 시간은 B가 A의 2배이므로, 공이 받은 평균 힘의 크기는 A에서 B에서의 2배이다.

바로알기 ㄱ. 힘-시간 그래프 아랫부분의 면적은 공이 받은 충격량과 같으므로, A와 B에서 공이 받은 충격량은 $4mv$ 로 같다. ㄷ. 공의 운동량의 변화량은 충격량과 같다. 오른쪽 방향의 운동량의 부호를 (+)로 할 때, A의 경우 공의 나중 운동량은 $p_A - (-2mv) = 4mv$ 에서 $p_A = 2mv$ 이므로 A의 나중 속력은 $2v$ 이다. 또 B의 경우 공의 나중 운동량은 $p_B - (-mv) = 4mv$ 에서 $p_B = 3mv$ 이므로 B의 나중 속력은 $3v$ 이다. 따라서 공이 발을 떠나는 순간 공의 속력은 A에서 B에서의 $\frac{2}{3}$ 이다.

03 일과 에너지

수능 기본 다지기

본책 34~35쪽

STEP 1

- 1 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ 2 200 J 3 150 J 4 100 J 5 (1) 100 (2) 50 6 ④ 7 20 m/s

STEP 2

- 8 ⑤ 9 ② 10 ④ 11 ④ 12 ① 13 ① 14 ⑤

개념 확인 문제

STEP 1

1 (1) 힘과 이동 거리의 관계 그래프 아랫부분의 넓이는 일을 나타낸다.

2 $W = Fs = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ m} = 200 \text{ J}$

3 $W = F \cos \theta = 60 \text{ N} \times 5 \text{ m} \times \cos 60^\circ = 150 \text{ J}$

4 일·운동 에너지 정리에 따라 물체에 작용한 합력이 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 변한다. 따라서 물체에 해 주어야 하는 일 = 운동 에너지 변화량 = 나중 운동 에너지 - 처음 운동 에너지 = $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (10 \text{ m/s})^2 - 0 = 100 \text{ J}$ 이다.

5 (1) $E_p = mgh = 5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ m} = 100 \text{ J}$

(2) $E_p = mgh = 5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (2 \text{ m} - 1 \text{ m}) = 50 \text{ J}$

6 $E_p = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 400 \text{ N/m} \times (0.1 \text{ m})^2 = 2 \text{ J}$

7 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 중력에 의한 퍼텐셜 에너지

가 지면에서 모두 운동 에너지로 전환되므로, $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 에서 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 20 \text{ m}} = 20 \text{ m/s}$ 이다.

수능 기본 문제

S·T·E·P

2

8 일

ㄱ. 물체에는 오른쪽으로 100 N의 힘이, 왼쪽으로 20 N의 마찰력이 작용하므로, 합력은 $100 \text{ N} - 20 \text{ N} = 80 \text{ N}$ 이다.

ㄴ. 100 N이 한 일의 양 $= Fs = 100 \text{ N} \times 10 \text{ m} = 1000 \text{ J}$ 이다.

ㄷ. 마찰력과 물체의 이동 방향은 반대이므로 마찰력이 한 일 $= Fs = -20 \text{ N} \times 10 \text{ m} = -200 \text{ J}$ 이다.

9 힘-이동 거리 그래프

ㄴ. 한 일은 물체의 운동 에너지 증가량과 같으므로 5 m인 지점에서 물체의 운동 에너지는 50 J이다. 따라서 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times v^2 = 50 \text{ J}$ 에서 5 m인 지점에서의 속력 $v = 10 \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 0~10 m를 이동하는 동안 힘이 한 일을 그래프 아랫부분의 넓이로 구하면 $\text{일} = 10 \text{ N} \times 5 \text{ m} + 20 \text{ N} \times 5 \text{ m} = 150 \text{ J}$ 이다.

ㄷ. 운동 에너지 증가량은 힘이 한 일, 즉 힘-이동 거리 그래프 아랫부분의 넓이와 같다. 따라서 10 m인 지점에서 운동 에너지 150 J은 5 m인 지점에서 운동 에너지인 50 J의 3배이다.

10 일·운동 에너지 정리

합력이 한 일 $12 \text{ N} \times 3 \text{ m} = 36 \text{ J}$ 만큼 운동 에너지가 증가하므로 운동 에너지 변화량 $= \frac{1}{2} \times 6 \text{ kg} \times \{v^2 - (2 \text{ m/s})^2\} = 36 \text{ J}$ 에서 3 m 이동한 순간 물체의 속력 $v = 4 \text{ m/s}$ 이다.

11 중력에 의한 퍼텐셜 에너지

물체가 등속도 운동을 하므로, 전동기가 물체를 끌어 올리는 힘은 물체에 작용하는 중력의 크기와 같은 10 N이다. 따라서 전동기가 한 일 $= 10 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 20 \text{ J}$ 이다.

12 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지

ㄱ. 용수철에 한 일만큼 용수철의 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지가 증가한다. 용수철이 0.05 m 늘어났을 때 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지는 힘-용수철이 늘어난 길이 그래프 아랫부분의 넓이와 같은 $\frac{1}{2} \times 0.05 \text{ m} \times 10 \text{ N} = 0.25 \text{ J}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 용수철을 0.1 m 늘리기 위해 용수철에 해 주어야 하는 일의 양을 힘-용수철이 늘어난 길이 그래프 아랫부분의 넓이로 구하면 $\frac{1}{2} \times 0.1 \text{ m} \times 20 \text{ N} = 1 \text{ J}$ 이다.

ㄷ. 늘어난 길이를 0.05 m에서 0.1 m로 변화시킬 때 용수철에 해 주어야 하는 일은 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지 증가량과 같은 $1 \text{ J} - 0.25 \text{ J} = 0.75 \text{ J}$ 이다.

13 중력에 의한 역학적 에너지 보존

모든 마찰은 무시하므로 역학적 에너지는 보존되어 A~C에서의 역학적 에너지는 모두 같다. 이를 이용하여 A~C에서 역학적 에너지인 중력에 의한 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합을 구하면 다음과 같다.

$$\bullet A : 1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times (4 \text{ m/s})^2 = 18 \text{ J}$$

$$\bullet B : 1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times h + \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times (2 \text{ m/s})^2 = 10h + 2 \text{ J}$$

→ A와 B에서 역학적 에너지는 같으므로 $18 = 10h + 2$ 에서 $h = 1.6 \text{ (m)}$ 이다.

$$\bullet C : \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times v^2 = \frac{1}{2} v^2 = A \text{에서 역학적 에너지} = 18 \text{ J이므로 } v = 6 \text{ m/s이다.}$$

14 탄성력과 중력에 의한 역학적 에너지 보존

모든 마찰은 무시하므로, 역학적 에너지 보존 법칙에 의해 용수철의 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지가 모두 최고 높이에서 중력에 의한 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 이때 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지는 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ 에서 용수철을 압축시킨 길이의 제곱에 비례하므로, 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지는 용수철을 $2a$ 만큼 압축시켰을 때 용수철을 a 만큼 압축시켰을 때의 4배가 된다. 따라서 최고 높이에서 중력에 의한 퍼텐셜 에너지도 4배가 되어, 물체의 최고 높이 h' 은 h 의 4배인 $4h$ 가 된다.

수능 유형 분석하기

본책 36~37쪽

1 ③ 2 ① 3 ④ 4 ③

1 일·운동 에너지 정리

ㄱ. 힘이 물체를 20 m 이동시키는 데 한 일은 그래프 아랫부분의 넓이와 같다. 따라서 $\text{일} = (4.5 \text{ N} \times 10 \text{ m}) + (9 \text{ N} \times 10 \text{ m}) = 45 \text{ J} + 90 \text{ J} = 135 \text{ J}$ 이다.

ㄷ. 합력이 한 일은 운동 에너지의 증가량과 같다. 물체를 10 m인 지점까지 이동시키는 데 합력이 한 일은 $(4.5 \text{ N} - 2 \text{ N}) \times 10 \text{ m} = 25 \text{ J}$ 이므로, 10 m인 지점에서 물체의 운동 에너지는 25 J이다. 따라서 $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times v^2 = 25 \text{ J}$ 에서 물체의 속력 $v = 5 \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 20 m인 지점에서 물체의 운동 에너지는 합력이 한 일과 같다. 물체에는 2 N의 마찰력이 작용하므로 합력이 한 일 $= (4.5 \text{ N} - 2 \text{ N}) \times 10 \text{ m} + (9 \text{ N} - 2 \text{ N}) \times 10 \text{ m} = 95 \text{ J}$ 이다.

2 역학적 에너지 보존

물체의 질량을 m 이라고 할 때, 높이 h 인 곳에서 물체의 역학적 에너지는 mgh 이다. 역학적 에너지가 보존되므로 P점에서 물

체의 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 3배일 때 P점의 높이는 $\frac{3}{4}h$ 이다. Q점에서는 중력 퍼텐셜 에너지가 운동 에너지의 2배이므로, Q점의 높이는 $\frac{2}{3}h$ 이다. 따라서 P점과 Q점 사이의 거리는 $\frac{3}{4}h - \frac{2}{3}h = \frac{h}{12}$ 이다.

3 궤도에서 역학적 에너지 보존

$5h$ 높이에서 A와 B를 놓으면 작용 반작용에 의해 A와 B가 받는 힘의 크기가 같고 힘을 받는 시간도 같다. 즉, A와 B가 받는 충격량이 같다. 충격량은 운동량의 변화량과 같고, 처음 A와 B의 운동량은 0이므로 A와 B가 분리된 직후의 운동량이 같다. 따라서 $m \times v_A = 2mv$ 이므로 분리된 직후 A의 속력 $v_A = 2v$ 이다. A와 B의 역학적 에너지가 각각 보존되므로, 용수철에서 분리된 B의 경우 $\frac{1}{2} \times (2m) \times v^2 + (2m) \times g \times (5h) = \frac{1}{2} \times (2m) \times (2v)^2 + (2m) \times g \times (2h)$ 에서 $2gh = v^2$ 이 성립한다. 한편 A의 경우 P의 높이를 H 라고 하면 $\frac{1}{2}m \times (2v)^2 + mg \times (5h) = mgH$ 이므로, $2gh = v^2$ 을 대입하면 $H = 9h$ 이다.

4 줄로 연결된 두 물체의 역학적 에너지 보존

(가)에서 A와 B의 역학적 에너지의 합은 A의 중력 퍼텐셜 에너지인 $2mgh$ 뿐이고, (나)에서 A와 B의 역학적 에너지의 합은 A의 운동 에너지 + B의 운동 에너지 + B의 중력 퍼텐셜 에너지 = $\frac{1}{2} \times (2m) \times v^2 + \frac{1}{2}mv^2 + mgh$ 이다. 역학적 에너지가 보존되므로, $mgh = \frac{3}{2}mv^2$ 에서 $v = \sqrt{\frac{2gh}{3}}$ 이다.

수능 실력 굳히기

본책 38~41쪽

1 ③ 2 ④ 3 ③ 4 ⑤ 5 ③ 6 ⑤ 7 ② 8 ②
9 ④ 10 ③ 11 ④ 12 ③ 13 ① 14 ③ 15 ① 16 ③

1 일·운동 에너지 정리

ㄷ. 힘이 두 물체에 한 일은 FL 로 같으므로, A와 B의 운동 에너지 증가량이 같다. $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 에서 $v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$ 이고, 질량은 A가 B보다 작으므로 속력은 A가 B보다 크다.

바로알기 ㄱ. A, B의 가속도는 각각 $\frac{F}{m}$, $\frac{F}{2m}$ 이므로 같은 거리 L 만큼 이동하는 데 걸리는 시간은 가속도가 작은 B가 가속도가 큰 A보다 길다.

ㄴ. A, B에 한 일은 FL 로 같으므로 L 만큼 이동한 순간 A와 B의 운동 에너지도 같다.

2 일과 중력에 의한 퍼텐셜 에너지

ㄱ. 물체를 일정한 속도로 들어 올리므로 물체에 작용하는 합력

은 0이다. 따라서 합력이 한 일은 (가)와 (나)에서 모두 0이다.
ㄴ. 물체를 등속도로 들어 올릴 때 물체에 가하는 힘은 물체의 무게와 같다. 질량은 (나)가 (가)의 2배이므로 물체를 들어 올리는 힘은 (나)가 (가)의 2배이다. 따라서 같은 높이 h 만큼 들어 올리는 데 한 일은 (나)가 (가)의 2배이다.

바로알기 ㄷ. (가)와 (나)에서 물체의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 증가량은 각각 mgh , $2mgh$ 이므로 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

3 빗면에서의 일과 에너지

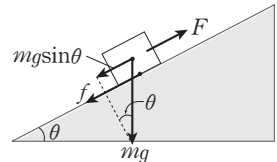
ㄷ. 물체에 작용하는 힘들은 다음과 같다.

• 빗면을 위 방향으로 끌어 올리는 힘 : F

• 빗면의 아래 방향으로 작용하는

힘 : 중력의 빗면 방향 성분

$(mg\sin\theta) + \text{마찰력}(f)$



문제에서 물체가 일정한 속도로 운동하므로 물체에 작용하는 합력은 0이다. 따라서 F 의 크기와 $mg\sin\theta + f$ 의 크기는 같다. 이때 물체가 이동한 거리를 s 라 하면, 힘 F 가 한 일의 양 $Fs = mg\sin\theta + fs$ 이다. 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량 $= mg\sin\theta = Fs - fs$ 이므로 F 가 물체에 한 일의 양 Fs 는 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량보다 크다.

바로알기 ㄱ. 중력의 빗면 방향 성분과 물체의 이동 방향은 반대이므로, 중력이 한 일은 $-mg\sin\theta \times s = -mg\sin\theta s$ 이다.

ㄴ. 힘이 한 일의 양 $Fs = mg\sin\theta + fs$ 이므로 Fs 는 마찰력이 한 일의 양 fs 보다 크다.

4 빗면에서의 일과 에너지

ㄱ. 속도 - 시간 그래프의 기울기는 가속도이므로 가속도 $= \frac{10 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}^2$ 이다. 따라서 물체에 작용한 합력 $F = ma = 2 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$ 이다.

ㄴ. 속도 - 시간 그래프 아랫부분의 넓이는 이동 거리이므로 이동 거리 $= \frac{1}{2} \times 10 \text{ m/s} \times 2 \text{ s} = 10 \text{ m}$ 이다.

ㄷ. 중력에 의한 가속도의 빗면 방향 성분이 5 m/s^2 이므로, 중력이 물체에 한 일 $W = Fs = mas = 2 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m} = 100 \text{ J}$ 이다.

5 일·운동 에너지 정리

ㄱ. 최고점 Q에 도달한 높이 기구의 운동 에너지가 0이므로 지면에서 최고점 Q까지 알짜힘이 한 일은 0이다. 높이 기구의 질량을 m 이라고 할 때, 지면에서 P까지 높이 기구에 작용하는 힘은 F 와 중력이므로 알짜힘은 $(F - mg)$ 이고, P에서 Q까지 높이 기구에 작용하는 알짜힘은 중력뿐이므로 $-mg$ 이다. 따라서 알짜힘이 한 일 $(F - mg) \times h + (-mg) \times 2h = 0$ 이 성립하며 $Fh = 3mgh$ 이다. Q에서 높이 기구의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 $3mgh$ 이므로, F 가 한 일 $Fh (= 3mgh)$ 와 같다.

ㄴ. $Fh = 3mgh$ 의 관계에서 F 의 크기는 $F = 3mg$ 이다.

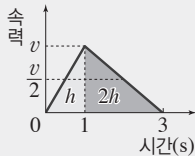
바로알기 ㄷ. P에서의 속력을 v 라고 할 때, 지면에서 P까지 평균 속력과 P에서 Q까지의 평균 속력이 $\frac{v}{2}$ 로 같다. 평균 속력이

같은 때 이동 거리는 시간에 비례하므로, 지면에서 P까지 걸린 시간이 1초, P에서 Q까지 걸린 시간이 2초이다. P에서 역학적 에너지는 Q에서의 역학적 에너지와 같으므로 $\frac{1}{2}mv^2 + mgh = 3mgh$ 에서 $v = 2\sqrt{gh}$ 이다. 따라서 $2h = \text{평균 속도} \times \text{시간} = \frac{v}{2} \times 2 \text{ s} = \sqrt{gh} \times 2 \text{ s}$ 이므로 $2h = \sqrt{gh} \times 2 \text{ s} = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times h} \times 2 \text{ s}$ 에서 $h = 10 \text{ m}$ 이다.

더 알아보기

㉔. h를 구하는 다른 방법

P점과 Q점 사이에서 중력만 작용하여서 가속도가 -10 m/s^2 이므로 P점에서의 속력은 $10 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ s} = 20 \text{ m/s}$ 이고 $2h = \text{평균 속도} \times \text{시간} = \frac{20 \text{ m/s} + 0}{2} \times 2 \text{ s} = 20 \text{ m}$ 이므로 $h = 10 \text{ m}$ 이다.



6 마찰력이 작용할 때 일과 에너지

A점에서 중력에 의한 퍼텐셜 에너지가 모두 B점에서 운동 에너지로 전환되고, B점에서 C점까지 마찰력 f 가 한 일에 의해 운동 에너지가 0이 된다. 따라서 $mgh = fs$ 에서 $2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m} = 8 \text{ N} \times s$ 이므로 $s = 2.5 \text{ m}$ 이다.

7 힘-이동 거리 그래프

㉔. 0.5 m 높이에서 운동 에너지 $= (120 - 100) \text{ N} \times 0.5 \text{ m} = 10 \text{ J}$ 이므로, $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 10 \text{ kg} \times v^2 = 10 \text{ J}$ 에서 물체의 속력 $v = \sqrt{2} \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㉔. 0.5 m 높이에서 운동 에너지는 합력(=줄이 물체를 당기는 힘-중력)이 한 일과 같다.

$(120 \text{ N} - 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2) \times 0.5 \text{ m} = 10 \text{ J}$ 이므로 물체의 운동 에너지 변화량은 10 J 이다.

㉕. 0.5 m 올라가는 동안 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 증가량 $= 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0.5 \text{ m} = 50 \text{ J}$ 이다.

8 힘-이동 거리 그래프

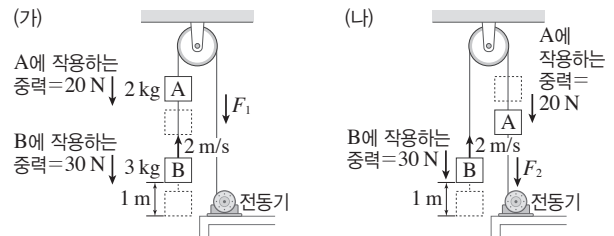
㉔. 물체가 3 m 이동하였을 때 속력이 최대이다. 이때 합력-이동 거리 그래프 아랫부분의 넓이는 합력이 한 일과 같으며, 합력이 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같으므로, 3 m 에서의 운동 에너지 $= \frac{1}{2} \times 3 \text{ m} \times 10 \text{ N} = 15 \text{ J}$ 이다. 따라서 $\frac{1}{2} \times 10 \text{ kg} \times v^2 = 15 \text{ J}$ 에서 최대 속력 $v = \sqrt{3} \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㉔. 합력의 방향은 가속도의 방향과 같으므로, 합력의 방향이 (+)일 때 속력이 증가하고 (-)일 때 속력이 감소한다. 따라서 3 m 일 때 물체의 속력은 최대가 된다.

㉕. L 에서 물체의 속력이 0이므로 $0 \sim L$ 구간에서 물체의 운동 에너지 변화량, 즉 물체가 받은 일은 0이다. 따라서 $0 \sim 3 \text{ m}$ 구간에서 물체가 받은 일의 양과 $3 \text{ m} \sim L$ 구간에서 물체가 받은 일의 양은 같아야 한다. 이를 그래프 아랫부분의 넓이로 구하면 $15 \text{ J} = \frac{1}{2} \times (L - 3 \text{ m}) \times 9 \text{ N}$ 에서 $L = \frac{19}{3} \text{ m}$ 이다.

9 일·운동 에너지 정리

일·운동 에너지 정리에 따라 알짜힘이 한 일은 운동 에너지 증가량과 같다. 일·운동 에너지 정리를 (가)와 (나)에 적용하면 다음과 같다. (가)는 $(F_1 - 50) \times 1 = \frac{1}{2} \times 5 \times 2^2$ 에서 $F_1 = 60 \text{ (N)}$ 이고 (나)는 $(F_2 + 20 - 30) \times 1 = \frac{1}{2} \times 5 \times 2^2$ 에서 $F_2 = 20 \text{ (N)}$ 이다. 따라서 $F_1 : F_2 = 60 \text{ N} : 20 \text{ N} = 3 : 1$ 이다.



10 중력에 의한 역학적 에너지 보존

㉔. 물체에 작용하는 중력은 mg 이므로, 지면에 도달할 때까지 중력이 한 일 $= Fs = mgH$ 이다.

㉕. $\frac{1}{4}H$ 의 높이에서 운동 에너지는 $\frac{3}{4}H$ 만큼 낙하하면서 감소한 중력에 의한 퍼텐셜 에너지와 같으므로, $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{4}mgH$ 에서 속력 $v = \sqrt{\frac{3}{2}gH}$ 이다.

바로알기 ㉔. 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 높이에 비례하므로, 높이 $\frac{1}{4}H$ 인 지점에서 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 처음의 $\frac{1}{4}$ 이다. 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 감소한 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지로 전환되므로, 운동 에너지는 처음 중력에 의한 퍼텐셜 에너지의 $\frac{3}{4}$ 이다. 따라서 높이 $\frac{1}{4}H$ 인 지점에서 운동 에너지와 중력에 의한 퍼텐셜 에너지의 비 $E_k : E_p = \frac{3}{4}H : \frac{1}{4}H = 3 : 1$ 이다.

11 낙하하는 공의 역학적 에너지 보존

㉔. 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 감소량은 운동 에너지 증가량인 $\frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$ 과 같다.

㉕. 중력이 공에 한 일은 공의 운동 에너지 증가량과 같으므로, $\frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$ 이다.

바로알기 ㉔. 중력이 공에 한 일만큼 공의 운동 에너지가 증가하는 대신 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 감소하므로 공의 역학적 에너지는 보존된다.

12 중력에 의한 역학적 에너지 보존

철수 : 에너지-낙하 거리 그래프로부터 물체가 낙하함에 따라 운동 에너지 E_k 가 증가한다는 것을 알 수 있다.

영희 : 에너지-낙하 거리 그래프로부터 물체가 낙하하는 동안 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 E_p 는 일정한 비율로 감소하고 운동 에너지 E_k 는 E_p 와 같은 비율로 증가하므로, E_p 와 E_k 의 합인 역학적 에너지는 일정하다는 것을 알 수 있다.

바로알기 민수 : 에너지-낙하 거리 그래프에서 물체가 정지 상

태에서 $\frac{H}{2}$ 만큼 낙하하면 E_p 는 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 한편 에너지-시간 그래프에서 E_p 가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 $\frac{T}{2}$ 보다 크다.

13 궤도에서 역학적 에너지 보존

물체의 질량을 m 이라고 할 때 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 $\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2}m \times (2v)^2$ 이 성립하므로, $v = \sqrt{\frac{2gh}{3}}$ 이다.

14 역학적 에너지 보존

ㄱ. a에서 물체의 역학적 에너지는 운동 에너지와 같으므로 $\frac{1}{2} \times 1 \times 10^2 = 50(\text{J})$ 이다. c에서 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 3배이므로, 운동 에너지는 역학적 에너지의 $\frac{1}{4}$ 이다. 즉, c에서 운동 에너지 $= \frac{1}{2} \times 1 \times v_c^2 = 50 \times \frac{1}{4}$ 이므로 c에서의 속력 $v_c = 5(\text{m/s})$ 이다.

ㄴ. $v = v_0 + at$ 식을 적용하면 c에서의 속도가 -5 m/s 이므로, $-5 = 10 + a \times 3$ 에서 $a = -5 (\text{m/s}^2)$ 이다.

바로알기 ㄷ. 등가속도 직선 운동의 식 $2as = v^2 - v_0^2$ 을 적용하면, $s = \frac{(-5)^2 - 10^2}{2 \times (-5)} = 7.5(\text{m})$ 이다.

15 줄로 연결된 물체의 역학적 에너지 보존

ㄱ. A의 질량 m 보다 B의 질량 M 이 더 크므로, 높이가 같아진 순간까지 A의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 증가량 mgh 는 B의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 감소량 Mgh 보다 작다.

바로알기 ㄴ. 일·운동 에너지 정리에 따라, B의 운동 에너지는 B에 작용하는 합력(=중력-줄이 B를 당기는 힘)이 B에 한 일만큼 증가한다.

ㄷ. 높이가 같아진 순간까지 A와 B의 감소한 중력에 의한 퍼텐셜 에너지의 합은 $(M-m)gh$ 이고, 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 두 물체의 증가한 운동 에너지의 합은 감소한 퍼텐셜 에너지의 합과 같으므로 $(M-m)gh$ 가 된다.

16 줄로 연결된 물체의 역학적 에너지 보존

ㄱ. A와 B의 역학적 에너지는 보존되므로, A의 역학적 에너지 증가량은 B의 역학적 에너지 감소량과 같다. A의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 없으므로 A의 역학적 에너지 증가량은 A의 운동 에너지 증가량과 같다. 따라서 A의 운동 에너지 증가량은 B의 역학적 에너지 감소량과 같다.

ㄴ. B의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 감소량 mgh 는 B의 운동 에너지 증가량인 $\frac{1}{2}mv^2$ 의 4배이므로, $mgh = 4 \times \frac{1}{2}mv^2$ 에서 $h = \frac{2v^2}{g}$ 이다.

바로알기 ㄷ. A의 운동 에너지 증가량은 B의 역학적 에너지 감소량과 같으므로, $\frac{1}{2}Mv^2 = -(\frac{1}{2}mv^2 - mgh)$ 가 성립한다.

이 식에 $mgh = 4 \times \frac{1}{2}mv^2$ 을 대입하면 $M = 3m$ 이다.

04 케플러 법칙과 만유인력의 법칙

본책 44~45쪽

수능 기본 다지기

STEP 1

- 1 ㉠ 타원 ㉡ 빠르, ㉢ 느리, ㉣ 세제곱 2 A 3 27년 4 $\frac{F}{4}$
5 3600 m/s 6 (1)○ (2)× (3)○

STEP 2

- 7 ㉡ 8 ㉣ 9 ㉣ 10 ㉢ 11 ㉤ 12 ㉡ 13 ㉤

개념 확인 문제

S·T·E·P 1

2 위성은 행성과 가장 가까운 지점인 근일점 A에서 가장 빠르다.

3 $T_{\text{지구}} \propto \sqrt{r_{\text{지구}}^3}$ 이고, $T_{\text{토성}} \propto \sqrt{r_{\text{토성}}^3} = \sqrt{(9r_{\text{지구}})^3} = 27\sqrt{r_{\text{지구}}^3}$ 이므로 $T_{\text{토성}} = 27T_{\text{지구}} = 27 \times 1\text{년} = 27\text{년}$ 이다.

4 만유인력의 크기는 두 물체 사이 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 거리가 r 에서 $2r$ 로 2배가 되면, 만유인력의 크기는 F 의 $\frac{1}{2^2}$ 인 $\frac{F}{4}$ 가 된다.

5 물체를 행성 표면의 접선 방향으로 1초 동안에 3600 m를 가는 속력으로 발사하면, 물체는 1초 동안 약 2 m씩 낙하하면서 진행한다. 따라서 물체는 행성 표면에 닿지 않고 계속 원운동할 수 있다.

6 (2) 인공위성에 작용하는 만유인력이 구심력의 역할을 하므로 $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ 에서 인공위성의 공전 속력 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 이다. 즉, 인공위성의 공전 속력은 궤도 반지름의 제곱근에 반비례한다. 따라서 지구로부터 인공위성까지의 거리가 멀수록 공전 속력이 느리다.

(3) 케플러 제 3법칙 $T^2 \propto r^3$ 에 의해 지구로부터 인공위성까지의 거리가 멀수록 공전 주기가 길다.

수능 기본 문제

S·T·E·P 2

7 케플러 법칙

ㄱ. 케플러 제 1법칙(타원 궤도 법칙)에 의하면 태양은 타원 궤도의 한 초점에 위치한다.

ㄴ. 케플러 제 2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 의하면 태양과 행성을 연결하는 선분이 같은 시간 동안에 스치고 지나가는 면적은 같다. 따라서 $S_1 = S_2$ 이다.

바로알기 ㄷ. 케플러 제 3법칙(조화 법칙)에 의하면 행성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름인 b 의 세제곱에 비례한다.

8 케플러 제 3법칙(조화 법칙)

ㄱ. 위성 A가 1년 동안 타원 궤도를 한 바퀴 공전했으므로, 위성 A의 공전 주기는 1년이다.

ㄴ. 위성 B의 공전 주기를 T 라 하면, 케플러 제 3법칙에 의해 $(1년)^2 : T^2 = a^3 : (3a)^3$ 에서 $T^2 = \frac{(3a)^3}{a^3} \times (1년)^2$ 이므로 $T = 3\sqrt{3}$ 년이다.

바로알기 ㄷ. 위성 A의 공전 궤도의 긴반지름은 a , 위성 B의 공전 궤도의 긴반지름은 $3a$ 이므로, 공전 궤도의 긴반지름은 위성 B가 위성 A의 3배이다.

9 케플러 제 2법칙(면적 속도 일정 법칙)

케플러 제 2법칙 $r_1v_1 = r_2v_2$ 에서 $2r \times v = r \times v_B$ 이므로, 점 B에서 행성의 속력 $v_B = 2v$ 이다.

10 행성의 역학적 에너지

ㄱ. 운동 에너지는 속력이 빠른 B에서가 속력이 느린 A에서보다 크다.

ㄴ. 우주에서는 공기 저항이 없으므로 역학적 에너지가 보존된다. 따라서 A와 B에서의 역학적 에너지는 같다.

바로알기 ㄷ. 역학적 에너지가 보존되므로, B에서 운동 에너지가 A에서보다 큰 만큼 만유인력에 의한 퍼텐셜 에너지는 작다.

11 행성의 타원 운동

ㄱ. 케플러 제 2법칙에 의해 태양으로부터의 거리가 가까운 P에서의 속력이 거리가 먼 Q에서의 속력보다 빠르다.

ㄴ, ㄷ. 만유인력은 거리의 제곱에 반비례하므로 태양과 행성 사이의 거리가 가까운 P에서가 거리가 먼 Q에서보다 크다. 또한 가속도는 힘에 비례하므로 만유인력이 큰 P에서가 만유인력이 작은 Q에서보다 크다.

12 구심력

ㄴ. 구심력은 항상 원의 중심을 향하는 방향으로 작용한다.

바로알기 ㄱ. 주기는 자동차가 원 궤도를 한 바퀴 도는 데 걸린 시간이므로, 주기 = $\frac{\text{원 궤도의 길이}}{\text{속력}}$ 이다. 따라서 A의 주기 =

$$\frac{2\pi r}{v}, B의 주기는 \frac{2\pi \times 2r}{v} = \frac{4\pi r}{v}이다.$$

ㄷ. 자동차 A, B의 질량을 m 이라고 하면 A가 받는 구심력의 크기 $F = \frac{mv^2}{r}$ 이므로 B가 받는 구심력의 크기는 $\frac{mv^2}{2r} = \frac{F}{2}$ 이다.

13 인공위성의 속력과 주기

인공위성의 공전 속력 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 에서 v 와 궤도 반지름 r 와의 관계는 $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$ 이다. 따라서 속력 비는 $v_A : v_B = \frac{1}{\sqrt{r}} : \frac{1}{\sqrt{2r}} = \sqrt{2} : 1$ 이다.

또한 인공위성의 공전 주기 $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ 에서 T 와 궤도 반지름 r 와의 관계는 $T \propto \sqrt{r^3}$ 이다. 따라서 주기 비는 $T_A : T_B = \sqrt{r^3} : \sqrt{(2r)^3} = 1 : 2\sqrt{2}$ 이다.

수능 유형 분석하기

본책 46쪽

1 ⑤ 2 ①

1 타원 궤도를 따라 도는 위성의 운동

ㄱ. 위성이 받는 만유인력에 의한 가속도는 $F = \frac{GMm}{r^2} = ma$

에서 $a = \frac{GM}{r^2}$ 으로 거리의 제곱에 반비례한다. 행성으로부터의 거리는 A에서가 C에서보다 작으므로, 가속도의 크기는 A에서가 C에서보다 크다.

ㄴ. A에서의 속력이 C에서의 속력보다 빠르므로, A에서 B까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\frac{T}{4}$ 보다 작고, B에서 C까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\frac{T}{4}$ 보다 크다.

ㄷ. 케플러 제 3법칙 $T^2 \propto r^3$ 에 따라 긴반지름이 2배가 되면 공전 주기는 $\sqrt{2^3} = 2\sqrt{2}$ 배가 된다.

2 한 행성 주위를 공전하는 두 위성의 운동

ㄴ. 위성 P, Q가 각각 점 b, c를 지날 때 행성으로부터의 거리는 d 로 같다. 행성으로부터의 거리가 같은 지점에서 위성의 속력이 빠를수록 운동 에너지가 커서 역학적 에너지가 크므로 더 큰 타원 궤도를 따라 운동한다는 것을 알 수 있다. 따라서 $v_1 < v_2$ 이다.

바로알기 ㄱ. 원일점에서 속력이 가장 느리고 근일점에서 속력이 가장 빠르므로, Q의 원일점인 a에서의 속력은 Q의 근일점인 c에서보다 작다.

ㄷ. 케플러 제 3법칙에 의하면 공전 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례한다. 위성 P의 주기를 T , 위성 P와 행성이 가장 가까울 때의 거리를 x 라고 하면, $T^2 = k\left(\frac{d+x}{2}\right)^3$ 이 성립한다.

Q의 공전 주기는 P의 $2\sqrt{2}$ 배이므로, $(2\sqrt{2}T)^2 = k\left(\frac{3d}{2}\right)^3$ 이 성립한다. 두 식을 연립하면 $x = \frac{1}{2}d$ 이다.

수능 실력 굳이기

본책 47~49쪽

1 ⑤ 2 ③ 3 ① 4 ④ 5 ⑤ 6 ② 7 ⑤ 8 ①
9 ④ 10 ① 11 ① 12 ③

1 행성의 타원 운동

ㄱ. 케플러 제 2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 따라 행성이 운동하는 지점이 태양과 가까울수록 속력이 빠르므로 평균 속력은 AB 구간에서가 CD 구간에서보다 작다.

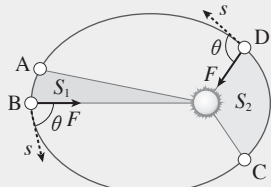
ㄴ. B에서 C로 운동하는 구간에서 행성이 태양에 점점 가까워지므로 속력이 증가한다. 따라서 행성의 운동 에너지가 증가한다.

다. 이때 운동 에너지 증가량은 만유인력이 행성에 한 일과 같다.
 ㄷ. D에서 A로 운동하는 구간에서 행성의 속력이 감소하므로 운동 에너지가 감소한다. 이때 운동 에너지 감소량은 만유인력이 행성에 한 일과 같다.

더 알아보기

행성의 운동에서 일과 운동 에너지

그림과 같이 행성이 B에서 C로 향할 때, 만유인력과 행성의 이동 방향이 이루는 각 θ 의 범위가 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 이므로, 만유인력이 한 일 $W = F \cdot s \cos \theta > 0$ 이다. 일운동 에너지 정리에 따라 이 구간에서는 만유인력이 한 일만큼 행성의 운동 에너지가 증가한다. 반면에 행성이 D에서 A로 향할 때는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 이므로, 만유인력이 한 일 $W = F \cdot s \cos \theta < 0$ 이다. 이 구간에서는 만유인력이 행성에 음(-)의 일을 하므로, 만유인력이 행성에 한 일만큼 운동 에너지가 감소한다.



2 위성의 타원 운동

ㄱ. $F = \frac{GMm}{r^2}$ 에서 만유인력의 크기 F 는 위성과 행성 사이의 거리 r 가 작을수록 크다. 위성 and 행성 사이의 거리는 A에서 C에서보다 가까우므로, 만유인력의 크기는 A에서 C에서보다 크다.

ㄴ. 케플러 제 2법칙 $r_1 v_1 = r_2 v_2$ 에서 위성 and 행성 사이의 거리 r 가 작을수록 속력 v 가 크다. 따라서 속력은 B에서 C에서보다 크다.

바로알기 ㄷ. A에서 B까지와 B에서 C까지 위성이 이동한 거리는 같은데 위성의 속력은 A에서 B를 거쳐 C로 갈수록 작아진다. 따라서 A에서 B까지 가는 데 걸리는 시간은 B에서 C까지 가는 데 걸리는 시간보다 짧다.

3 구심력과 구심 가속도

ㄱ. 구심력의 크기 $F = \frac{mv^2}{r} = \frac{10 \text{ kg} \times (2 \text{ m/s})^2}{1 \text{ m}} = 40 \text{ N}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 구심 가속도의 크기 $a = \frac{F}{m} = \frac{40 \text{ N}}{10 \text{ kg}} = 4 \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄷ. 구심력의 방향은 원의 중심을 향하는 방향이다.

4 위성의 타원 운동

ㄴ. 케플러 제 2법칙에 의하면 rv 의 값은 일정한데 위성이 a에서 b까지 운동하는 동안 행성과 위성 사이의 거리 r 이 작아지므로, 위성의 속력 v 는 증가한다.

ㄷ. 타원 궤도의 긴반지름은 $\frac{R+r}{2}$ 이므로, 케플러 제 3법칙에 의해 위성의 주기의 제곱은 $\frac{R+r}{2}$ 의 세제곱에 비례한다.

바로알기 ㄱ. 위성이 a에서 b까지 운동하는 동안 행성까지의 거리 r 이 감소하므로, 위성에 작용하는 만유인력 $F = \frac{GMm}{(r^2)}$ 의 크기는 증가한다.

5 위성의 타원 운동

ㄱ. 만유인력 $F = \frac{GMm}{r^2}$ 에서 가속도 $a = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2}$ 이다. 행성까지의 거리 r 는 A에서 C에서보다 작으므로, 가속도의 크기는 A에서 C에서보다 크다.

ㄴ. 행성과 위성을 연결한 선분이 쓸고 간 면적은 D → A → B 구간이 B → C → D 구간보다 작다. 이때 면적이 클수록 케플러 제 2법칙에 의해 행성이 지나가는 데 걸리는 시간이 길다. 따라서 B → C → D 구간에서는 주기의 $\frac{1}{2}$ 인 $\frac{T}{2}$ 보다 긴 시간이 걸린다.

ㄷ. 공전 주기와 긴반지름의 관계는 $T \propto \sqrt{a^3}$ 이므로 긴반지름이 2배가 되면 공전 주기는 $\sqrt{2^3} = 2\sqrt{2}$ 배인 $2\sqrt{2}T$ 가 된다.

6 케플러 법칙

ㄴ. 점 A와 C는 각각 근일점과 원일점을 나타내고 S_1 은 S_2 의 2배이므로, 행성의 공전 궤도가 이루는 면적은 S_2 의 6배이다.

따라서 B에서 C까지 걸리는 시간은 $\frac{T}{6}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 만유인력 $\left(G \frac{m_1 m_2}{r^2}\right)$ 은 거리의 제곱에 반비례하고

가속도는 힘에 비례하므로, 가속도도 거리의 제곱에 반비례한다. A에서 B까지 운동하는 동안 항성으로부터 행성까지의 거리가 증가하므로, 가속도의 크기는 감소한다.

ㄷ. 행성이 항성으로부터 받는 만유인력과 항성이 행성으로부터 받는 만유인력은 작용 반작용 관계이므로, 두 힘의 크기는 같다.

7 케플러 법칙

철수 : 행성들이 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도 운동을 한다는 케플러 제 1법칙에 관한 설명이다.

영희 : 태양이나 행성을 포함한 질량을 가진 모든 물체 사이에 서로 끌어당기는 만유인력이 작용한다는 뉴턴의 만유인력 법칙에 대한 설명이다.

민수 : 사과가 땅으로 떨어지는 현상은 사과와 지구 사이에 작용하는 만유인력 때문이라는 설명이다.

8 케플러 법칙과 만유인력 법칙

ㄱ. 위성 A가 p를 지나는 순간 위성 A에 작용하는 만유인력은 $F_A = \frac{GMm}{R^2}$ 이므로, A의 가속도 $a_A = \frac{F_A}{m} = \frac{GM}{R^2}$ 이다. 한편, 위성 B가 p를 지나는 순간 위성 B에 작용하는 만유인력은 $F_B = \frac{2GMm}{R^2}$ 이므로, A의 가속도 $a_B = \frac{F_B}{2m} = \frac{GM}{R^2}$ 이다. 따라서 p를 지나는 순간의 가속도는 A와 B가 같다.

바로알기 ㄴ. 만유인력이 거리의 제곱에 반비례하므로, 질량 $2m$ 인 위성 B의 속력이 가장 느린 지점에서 B에 작용하는 만유인력이 $\frac{2GMm}{9R^2} = \frac{GM(2m)}{(3R)^2}$ 일 때 행성까지의 거리는 $3R$ 이다. 따라서 위성 B의 궤도의 긴반지름은 $\frac{R+3R}{2} = 2R$ 이다.

ㄷ. 케플러 제 3법칙에 의하면 공전 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례하므로, B의 궤도의 긴반지름($2R$)은 A의 궤도의 반지름(R)의 2배이므로, B의 공전 주기는 A의 $\sqrt{2^3}=2\sqrt{2}$ 배이다.

9 케플러 법칙과 만유인력 법칙

A의 긴반지름은 $3r$, B의 긴반지름은 $1.5r$ 이므로, A가 B의 2배이다. 케플러 제 3법칙에 따라 공전 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례하므로, 긴반지름의 비가 A : B = 2 : 1일 때 공전 주기의 비는 A : B = $\sqrt{2^3} : \sqrt{1^3} = 2\sqrt{2} : 1$ 이다.

10 만유인력 법칙 유도

ㄴ. 케플러 제 3법칙에 의해 (가)에는 $T^2 = kr^3$ 이 들어간다.

바로알기 ㄱ. 행성이 태양 주위를 등속 원운동하는 것으로 가정하고 행성이 받는 구심력을 계산하였다.

ㄷ. 태양과 행성이 같은 크기의 힘을 받는 것은 작용 반작용 법칙에 따른 것이다.

11 인공위성의 발사 과정

I. 케플러 제 3법칙에 의하면 $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM}r^3$ 이므로 인공위성의 주기 $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ 이다.

II. 만유인력이 구심력의 역할을 하므로 $\frac{mv^2}{r} = G\frac{Mm}{r^2}$ 에서 속력 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 이다.

III. 로켓의 연료를 분사시켜 추진력을 얻는 현상은 작용 반작용 법칙을 이용한 것이다.

12 인공위성의 원운동

ㄱ. A에 작용하는 만유인력의 크기 $F_A = \frac{GMm}{r^2}$ 이고, B에 작용하는 만유인력의 크기 $F_B = \frac{GM \times 4m}{(2r)^2} = \frac{GMm}{r^2}$ 이다. 따라서 $F_A = F_B$ 이다.

ㄷ. 공전 속력은 $\frac{1}{\sqrt{r}}$ 에 비례하므로, $v^2 \propto \frac{1}{r}$ 이다. 따라서 B의 속력의 제곱은 $\frac{v^2}{2}$ 이 되어, B의 운동 에너지 = $\frac{1}{2} \times 4m \times \frac{v^2}{2} = mv^2$ 이다.

바로알기 ㄴ. 가속도 $a = \frac{F}{m}$ 에서 힘이 같을 때 가속도의 크기는 질량에 반비례한다. A와 B에 작용하는 만유인력이 같으므로 질량 비가 A : B = 1 : 4일 때, 가속도 비는 A : B = $\frac{1}{1} : \frac{1}{4} = 4 : 1$ 이다.

더 알아보기

ㄷ. $a = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2}$ 이므로 질량은 관계없고, 거리의 제곱에 반비례한다.

따라서 가속도 비는 A : B = $\frac{1}{r^2} : \frac{1}{(2r)^2} = 4 : 1$ 이 된다.

05 상대성 이론

본책 54~56쪽

수능 기본 다지기

STEP 1

- 1 ③ 2 c 3 (1)○(2)×(3)○(4)× 4 ㉠가차안 ㉡지면 ㉢A
5 $\Delta t_{\text{고유}} < \Delta t$ 6 (1)ㄷ(2)ㄱ 7 m_0c^2 8 관성력 9 ⑤
10 블랙홀 11 중력파

STEP 2

- 12 ④ 13 ② 14 ④ 15 ⑤ 16 ① 17 ④ 18 ② 19 ⑤
20 ② 21 ⑤

개념 확인 문제

STEP 1

1 아인슈타인은 특수 상대성 이론의 2가지 가정으로 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다는 상대성 원리와 모든 관성 좌표계에서 보았을 때 진공 중에서 진행하는 빛의 속도는 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 일정하다는 광속 불변 원리를 세웠다.

2 특수 상대성 이론의 두 번째 가정인 ‘광속 불변 원리’에 따라 등속도 운동하는 좌표계에 정지해 있는 좌표계에서 빛의 속력은 c 로 측정된다.

3 (1) 한 기준계에서 동시에 일어난 두 사건을 그 기준계에 대하여 운동하는 다른 기준계에서 볼 때에는 동시에 일어난 것이 아닐 수 있다. 즉, 두 사건의 동시성은 상대적이다.

(2) 정지한 관찰자가 운동하는 관찰자를 보면 상대편 시간이 느리게 가는 것으로 관찰된다.

(4) 물체의 속도가 빠를수록 질량이 커진다($m = \gamma m_0$).

4 기차 안의 관찰자가 볼 때 빛이 발생한 점 O와 A, B 사이의 거리가 같으므로 빛이 A와 B에 동시에 도달한다. 한편 지면의 관찰자가 볼 때는 빛이 A와 B로 이동하는 동안 기차도 이동한다. 따라서 빛이 점 O에서 A로 이동하는 경로는 점 O에서 B로 이동하는 경로보다 짧다. 이때 A와 B로 향하는 빛의 속력은 같으므로, 지면의 관찰자가 볼 때는 A에 빛이 먼저 도달한다.

5 정지한 관찰자가 운동하는 관찰자를 보면 상대편의 시간이 느리게 가는 것으로 관측된다. 따라서 우주선의 관찰자의 시간이 $\Delta t_{\text{고유}}$ 일 때 정지해 있는 행성의 관찰자가 측정한 시간 Δt 는 $\Delta t_{\text{고유}}$ 보다 큰 값으로 측정한다.

6 (1) 우주선 안의 관찰자가 상대적으로 움직이는 지구와 목성 사이의 거리를 측정한 값(L)은 고유 거리보다 줄어든 값으로 관측된다. ($L = \frac{L_{\text{고유}}}{\gamma}$)

(2) 행성의 관찰자가 상대적으로 정지해 있는 지구와 목성 사이의 거리를 측정한 값이 고유 거리($L_{\text{고유}}$)이다.

9 **바로알기** ⑤ 쌍생성은 에너지가 큰 빛이 물질을 통과하면서 전자와 양전자를 생성하는 현상이다. 이는 에너지가 질량으로 변하는 현상으로, 특수 상대성 이론의 질량·에너지 동등성과 관련이 있다.

10 빛마저도 빠져나올 수 없어 검은 공간으로 보이는 천체를 블랙홀이라고 한다.

수능 기본 문제

S·T·E·P

2

12 마이컬슨·몰리 실험

ㄱ. 마이컬슨·몰리 실험은 빛을 전달하는 매질이라고 여겼던 에테르의 존재를 확인하기 위한 실험이다.

ㄷ. 실험을 통해 에테르의 흐름에 따른 빛의 속도 차이를 확인할 수 없었다. 따라서 에테르의 존재를 확인할 수 없었다.

바로알기 ㄴ. 에테르의 흐름과 평행한 방향으로 진행하는 빛과 수직인 방향으로 진행하는 빛의 속도 차이는 없었다.

13 특수 상대성 이론

ㄴ. 특수 상대성 이론의 길이 수축에 따라 정지한 사람이 볼 때 움직이는 물체의 길이가 운동 방향으로 수축되어 보인다.

바로알기 ㄱ. 특수 상대성 이론의 시간 팽창에 따라 정지한 사람이 빠르게 움직이는 사람을 볼 때, 움직이는 사람의 시간이 느리게 가는 것으로 관찰된다.

ㄷ. 특수 상대성 이론의 질량·에너지 동등성에 따라 질량과 에너지는 서로 전환될 수 있다.

14 관성 좌표계

ㄱ, ㄴ. 관성 좌표계는 관성 법칙(뉴턴의 운동 제 1법칙)이 성립하는 좌표계로, 정지 또는 등속도 운동(등속 직선 운동)을 하는 좌표계이다. 또한 관성 좌표계에 대해 일정한 속도로 움직이는 좌표계는 모두 관성 좌표계이다.

바로알기 ㄷ. 관성력은 가속도 운동을 하는 좌표계에서 관성에 의해 나타나는 가상적인 힘이다.

더 알아보기

관성력

버스가 갑자기 앞으로 출발하면 버스에 탄 사람이 뒤로 밀린다. 이 현상은 원래 정지해 있던 상태를 계속 유지하려는 관성에 의해 몸은 제 자리에 있으려 하고 버스 바닥에 접촉해 있는 발만 버스와 같이 운동하기 때문에 나타나는 현상이다. 이 현상은 버스 안에 있는 사람에게 어떤 힘이 작용해서 버스 뒤쪽으로 밀리는 것처럼 느껴지는데, 이 힘은 관성에 의해 나타난다고 하여 관성력이라고 한다. 관성력은 실제로 작용하는 힘이 아니며, 가속 좌표계에서 나타나는 힘이다.

15 시간 팽창

ㄱ. 광속 불변 원리에 따라 철수와 민수의 좌표계에서 빛의 속

력은 모두 c 이다.

ㄴ. 철수의 좌표계인 우주선 안에서 볼 때 빛 시계의 빛이 한 번 왕복하는 거리가 $2l$ 이므로, 빛의 왕복 시간은 $\frac{2l}{c}$ 로 관측된다.

ㄷ. 민수의 좌표계인 우주선 밖에서 볼 때 빛이 한 번 왕복하는 거리는 $2l$ 보다 길므로, 빛의 왕복 시간은 $\frac{2l}{c}$ 보다 큰 값으로 관측된다.

16 길이 수축

ㄴ. 나무 도막과 같은 좌표계에 있는 철수가 측정한 길이는 고유 길이이므로 L_0 이다.

바로알기 ㄱ. 우주선 안에서 철수와 나무 도막은 정지해 있으므로, 나무 도막은 철수에 대해 정지해 있다.

ㄷ. 정지한 관찰자가 움직이는 물체의 길이를 잴 때, 길이 $L = \frac{L_{\text{고유}}}{\gamma}$ 이다. 이때 $\gamma = \frac{1}{0.8}$ 이므로, 민수가 측정한 나무 도막의 길

이 $= \frac{L_0}{\gamma} = 0.8L_0$ 이다.

17 질량 증가

정지 질량이 m_0 일 때, 속도 v 로 움직이는 물체의 질량 $m = \gamma m_0$

$= \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} m_0$ 이다. 따라서 물체의 질량 $= \frac{20 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.6c}{c}\right)^2}}$

$= \frac{20 \text{ kg}}{0.8} = 25 \text{ kg}$ 이다.

18 관성력

관성력의 크기는 물체의 질량과 관성계의 가속도의 곱과 같다. 따라서 관성력의 크기 = 사람의 질량 $\times$ 엘리베이터의 가속도 $= 50 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}^2 = 250 \text{ N}$ 이다. 또한 관성력의 방향은 엘리베이터의 가속도와 반대 방향인 B 방향이다.

19 등가 원리

ㄴ. 우주선 내부의 영희가 관찰했을 때, 공은 우주선 가속도의 반대 방향인 아래 방향으로 힘을 받아 운동하는 것처럼 보인다. 즉, 공은 낙하하는 것처럼 보인다.

ㄷ. 우주선 밖을 볼 수 없으면 공이 낙하하는 것이 관성력을 받아 낙하하는지 중력을 받아 낙하하는지 알 수 없다.

바로알기 ㄱ. 영희가 관찰했을 때 공은 낙하 운동, 즉 아래로 가속도 운동하는 것으로 보인다.

20 수성의 세차 운동

수성의 세차 운동은 태양이나 금성 등의 중력 효과를 고려하여 계산해도 실제 관측한 값과 오차가 발생하여 정확히 설명할 수 없었고, 일반 상대성 이론을 적용하여 태양 주위 시공간의 휘어짐으로 정확하게 설명할 수 있었다.

21 중력에 의한 공간의 휘어짐

ㄴ. 일반 상대성 이론에 의하면 질량을 가진 태양의 중력은 주위 공간을 휘게 한다.

ㄷ. 중력 렌즈는 천체의 중력에 의해 빛이 렌즈를 통과하는 것처럼 휘게 되는 현상이다.

바로알기 ㄱ. 빛이 태양 근처에서 휘는 현상은 태양의 중력 때문으로, 별의 가속 운동과는 관계가 없다.

수능 유형 분석하기

본책 57쪽

1 ① 2 ④

1 시간 팽창과 길이 수축

ㄱ. 특수 상대성 이론의 길이 수축에 의하면 정지한 철수가 본 움직이는 우주선의 길이는 고유 길이 L_0 보다 짧아 보인다.

바로알기 ㄴ. 특수 상대성 이론의 시간 팽창에 따라 정지한 철수가 움직이는 영희를 보면, 영희의 시간이 자신의 시간보다 느리게 가는 것으로 관측한다.

ㄷ. 특수 상대성 이론의 광속 불변 원리에 따라 관성 좌표계에 있는 영희와 철수가 관측하는 빛의 속력은 모두 c 이다.

2 상대성 이론

ㄱ. 광속 불변 원리에 의해 일정한 상대 속도로 움직이는 두 관측자가 측정한 진공에서의 빛의 속력은 같다.

ㄷ. 질량을 가진 물체가 있을 때 주위 공간이 휘어지므로, 태양 근처를 지나가는 빛의 경로는 휘어진다.

바로알기 ㄴ. 특수 상대성 이론의 시간 팽창에 따라 운동하는 묶은 정지한 묶은보다 수명이 길다.

수능 실력 굳히기

본책 58~61쪽

1 ② 2 ④ 3 ② 4 ⑤ 5 ⑤ 6 ① 7 ① 8 ②
9 ③ 10 ② 11 ④ 12 ④ 13 ② 14 ③ 15 ⑤ 16 ②

1 특수 상대성 이론의 가정

ㄴ. 특수 상대성 이론의 가정인 상대성 원리에 따라, 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.

바로알기 ㄱ. 다른 속도로 운동하는 두 관성 좌표계에서 동일한 사건을 관측할 때 측정하는 물리량은 다를 수 있다.

ㄷ. 특수 상대성 이론의 가정인 광속 불변 원리에 따라, 모든 관성 좌표계에서 보았을 때 진공 중에서 진행하는 빛의 속력은 관찰자나 광원의 속력에 관계없이 일정하다.

2 동시성의 상대성

ㄱ. 동시성의 상대성은 광속 불변 원리에 따라 우주선 내부의 관찰자와 행성의 관찰자가 측정하는 빛의 속력이 같기 때문에 나타나는 현상이다.

ㄴ. 빛의 속력은 일정하므로 전구로부터 같은 거리에 있는 A, B에 동시에 도달한다. 따라서 우주선 내부의 철수가 본 사건

(가), (나)는 동시에 일어난다.

바로알기 ㄷ. 우주선 내부에서 철수가 보았을 때 A와 B는 정지해 있으므로 A에서 B까지의 길이는 고유 길이로 측정된다. 한편 정지해 있는 영희가 운동하는 우주선 내부의 A에서 B까지의 길이를 측정하면 길이가 고유 길이보다 수축되어 보인다. 따라서 A에서 B까지의 길이는 영희가 측정할 때가 철수가 측정할 때보다 짧다.

3 관성 좌표계에서 시간의 측정

한 격자점(원점)에서 각 시계까지의 거리가 r 일 때, 원점에서 방출한 빛이 각 시계까지 도달하는 시간은 $\frac{r}{c}$ 이다. 따라서 원점의 시계를 t 로 맞춘 순간에 빛을 방출시키고, 그 빛이 거리 r 만큼 떨어진 격자의 시계에 도달하는 순간의 시각을 $t + \frac{r}{c}$ 로 맞춘다.

4 시간 팽창과 길이 수축

로런츠 인자 $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = \frac{1}{0.6}$ 이다.

ㄴ. 철수가 볼 때 우주선이 지구에서 천체 A까지 걸린 시간 $\Delta t_{\text{고유}} = \frac{L}{v} = \frac{3.6\text{광년}}{0.8c} = 4.5\text{년}$ 이다.

ㄷ. 민수가 볼 때 우주선이 지구에서 천체 A까지 걸린 시간 $\Delta t = \frac{L_{\text{고유}}}{v} = \frac{6\text{광년}}{0.8c} = 7.5\text{년}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 철수가 볼 때 지구와 천체 A가 상대적으로 운동하므로, 지구와 천체 A 사이의 거리는 고유 길이보다 줄어든 값으로 관측된다.

즉, $L = \frac{L_{\text{고유}}}{\gamma} = 0.6 \times 6\text{광년} = 3.6\text{광년}$ 으로 관측된다.

더 알아보기

ㄷ. 정지해 있는 민수가 움직이는 철수의 시간을 관측할 때, 시간이 더 느리게 가는 것으로 관측한다.

$$\Delta t = \gamma \Delta t_{\text{고유}} = \frac{1}{0.6} \times \Delta t_{\text{고유}} = \frac{1}{0.6} \times 4.5\text{년} = 7.5\text{년}$$

5 특수 상대성 이론

ㄱ, ㄴ. 철수는 물체와 함께 정지해 있으므로 물체의 길이를 L 로 측정한다. 특수 상대성 이론에서 길이 수축은 운동 방향으로만 일어나므로, 영희가 관측한 물체의 길이는 L 과 같고, 민수가 관측한 물체의 길이는 L 보다 짧다.

ㄷ. 영희가 탄 우주선의 속력이 민수가 탄 우주선의 속력보다 빠르므로, 철수는 영희의 시간이 민수의 시간보다 느리게 가는 것으로 측정한다.

6 특수 상대성 이론

영희가 측정할 때 철수의 시간이 A에서 B에서보다 느리게 가는 것으로 관측하므로, 철수가 탄 우주선의 속력은 A에서 B에서보다 빠르다.

ㄴ. 정지한 관찰자가 빠르게 움직이는 물체를 측정할 때 그 길이가 수축되어 보이며, 길이 수축의 정도는 속력이 빠를수록 크다. 따라서 $L_1 < L_2$ 이다.

바로알기 ㄱ. 영희가 측정할 때 철수가 탄 우주선의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르므로, B에서의 우주선의 속력은 $0.6c$ 보다 작다.

ㄷ. 영희가 측정한 철수의 속력이 A에서가 B에서보다 빠르므로, 철수가 측정한 영희의 속력도 A에서 측정할 때가 B에서 측정할 때보다 빠르다. 따라서 철수가 측정할 때 영희의 시간은 A에서 측정할 때가 B에서 측정할 때보다 느리게 간다.

7 특수 상대성 이론의 길이 수축

특수 상대성 이론에 의하면 관찰하는 물체가 운동하는 속력이 빠를수록 길이가 수축되어 보이는 정도가 커진다. A에서 관찰할 때, B의 속력은 $0.6c$, C의 속력은 $0.9c$ 로 C의 속력이 B의 속력보다 빠르므로, $L_0 > L_B > L_C$ 이다.

8 특수 상대성 이론에서 무온 운동의 해석

(가) : 움직이는 무온의 입장에서는 상대적으로 산이 움직이므로 산의 높이가 수축되어 보인다.

(나) : 정지한 관측자의 입장에서는 무온이 움직이므로 무온의 시간(수명)이 길어지는 것으로 관측된다.

9 특수 상대성 이론

ㄷ. 영희가 관찰하는 무온은 정지해 있으므로 무온의 수명은 고유 수명으로 측정되며, 철수가 관찰하는 무온은 $0.9c$ 로 운동하므로 시간 팽창에 따라 무온의 수명은 고유 수명보다 더 길게 측정된다.

바로알기 ㄱ. 모든 관성 좌표계에서 보았을 때, 빛의 속력은 관찰자나 광원의 속력에 관계없이 동일하다.

ㄴ. 영희가 관찰하는 우주선은 상대적으로 정지해 있으므로, 우주선의 길이는 고유 길이로 측정하고, 철수가 관찰하는 우주선은 $0.9c$ 로 운동하므로 우주선의 길이는 고유 길이보다 짧게 관찰한다.

10 질량·에너지 동등성

철수 : 특수 상대성 이론의 질량·에너지 동등성에 따라 질량과 에너지는 동등하며, 서로 전환될 수 있다.

영희 : 물체의 속도가 빠를수록 질량이 커진다. 이때 가속도는 질량에 반비례하므로 속도가 빠를수록 가속시키기 어렵다.

바로알기 민수 : 정지 질량 m_0 인 물체가 속도 v 로 움직일 때의 질량 $m = \gamma m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ 으로, 정지 질량보다 크다.

11 관성력

ㄱ. (가)와 (나)에서 용수철이 늘어난 길이가 같으므로, (가)에서 추에 작용하는 중력과 (나)에서 추에 작용하는 관성력의 크기가 같다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 추에 각각 작용하는 중력과 관성력의 크기가 같으므로, 중력 가속도와 관성력에 의한 가속도가 같다. (나)

에서 관성력에 의한 가속도의 크기는 우주선의 가속도 크기와 같으므로, 우주선의 가속도 크기는 중력 가속도의 크기와 같다.

바로알기 ㄴ. 관성력의 방향은 우주선의 가속도 방향과 반대 방향인 아래 방향이다.

12 등가 원리

ㄴ. (가)와 같이 정지해 있는 관성 좌표계에서는 빛이 직진하며, (나)와 같이 가속 운동을 하는 좌표계에서는 빛이 휘어지는 것을 알 수 있다.

ㄷ. (나)와 같이 관성력이 작용하는 가속 좌표계에서 빛이 휘어지고 (다)와 같이 중력이 작용하는 공간에서도 빛이 휘어지므로, 관성력에 의한 효과와 중력에 의한 효과를 구분할 수 없다.

바로알기 ㄱ. (가)는 정지해 있는 좌표계로 관성 법칙이 성립하는 관성 좌표계이며, 관성력은 나타나지 않는다. 관성력은 (나)와 같은 가속 좌표계에서 관성 때문에 나타나는 가상적인 힘이다.

13 중력에 의한 공간의 휨

ㄱ. 아인슈타인은 중력을 힘으로 간주하지 않고 공간의 휘어짐으로 설명하였다. 즉, 질량을 가진 물체에 의한 중력이 주위 공간을 휘게 한다.

ㄴ. 질량이 클수록 중력이 크므로, 공간이 휘는 정도가 커진다.

바로알기 ㄷ. 휘어진 공간에서 가장 빠른 경로는 휘어진 경로이므로, 빛과 물체는 모두 휘어진 경로를 따라 진행한다.

14 중력 렌즈

ㄱ. 질량이 큰 은하단의 중력이 렌즈처럼 은하단 뒤쪽의 퀘이사에서 오는 빛을 굴절시키는 현상을 중력 렌즈라고 한다.

ㄷ. 빛이 휘어지며 진행하는 현상은 중력에 의해 공간이 휘어지기 때문이다.

바로알기 ㄴ. 퀘이사에서의 시간과 은하단에서의 시간 팽창 여부는 알 수 없다.

15 중력에 의한 시간 지연

철수, 영희 : 두 시계가 가리키는 시각은 각각 어디에서 관찰해도 같은 결과가 나타나야 한다. 따라서 원판 밖에서 볼 때 움직이는 시계 2의 시간이 더 느리게 가며, 원판 안에서 볼 때 관성력(원심력)이 작용하는 시계 2의 시간이 더 느리게 간다.

민수 : 관성력을 받는 시계의 시간이 느리게 간다면, 등가 원리에 의해 중력을 받는 시계의 시간도 느리게 간다.

16 블랙홀

ㄱ. 블랙홀은 질량이 매우 큰 천체로 공간을 극단적으로 휘어지게 한다.

ㄴ. 블랙홀 주변에서는 빛마저도 극단적으로 휘어진 공간을 따라 빨려 들어가 빠져나올 수 없다.

바로알기 ㄷ. 중력 렌즈는 중력에 의해 빛이 휘어져 진행하는 현상인데, 블랙홀에서는 빛조차도 빠져나오지 못하므로 중력 렌즈 현상으로는 확인할 수 없다. 블랙홀은 주변에 있는 별의 구성 물질들이 블랙홀로 흡수될 때 수백만 °C로 가열되면서 방출하는 X선으로 존재를 확인할 수 있다.

06 우주와 기본 입자

수능 기본 다지기

본책 65~66쪽

STEP 1

- 1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ 2 (1) ㄱ (2) ㄷ (3) ㄴ 3 (1) ㉞
(2) ㉟ (3) ㊸ (4) ㊹ 4 (1) ○ (2) × (3) ○

STEP 2

- 5 ④ 6 ③ 7 ⑤ 8 ④ 9 ② 10 ③ 11 ② 12 ③

개념 확인 문제

STEP 1

- 1 (2) 적색 편이는 광원이 관측자로부터 멀어지고 있을 때 빛의 파장이 길어지면서 나타난다.
(3) 허블 법칙에 의하면 은하의 후퇴 속도는 은하까지의 거리에 비례한다. 즉, 우리 은하로부터 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속력이 크다.
(5) 허블 법칙에 의해 은하가 멀어지는 속력 $v = Hr$ 이다. 우주의 나이를 지금의 팽창 속력으로 우주를 한 점까지 수축시키는 데 걸리는 시간으로 계산하면, 우주의 나이 $T = \frac{r}{v} = \frac{r}{Hr} = \frac{1}{H}$ 로, 허블 상수 H 의 역수와 같다.

- 4 (2) 표준 모형은 렙톤과 쿼크에 작용하는 약력, 강력, 전자기력의 세 가지 힘에 대한 통합적인 이론이다.

수능 기본 문제

STEP 2

5 은하의 후퇴 속도와 거리의 관계 그래프

- ㄱ. 그래프에서 외부 은하의 후퇴 속도는 우리 은하에서 외부 은하까지의 거리에 비례함을 알 수 있다.
ㄴ. 우리 은하에서 외부 은하까지의 거리가 멀수록 외부 은하의 후퇴 속도가 빠르다는 것은 우주가 팽창하고 있다는 증거이다.
바로알기 ㄷ. 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르므로, 빛의 스펙트럼에서 적색 편이가 크게 나타난다.

6 프리드만의 우주 모형

- ㄱ. A는 영원히 팽창하는 열린 우주이다.
ㄴ. B는 팽창하다가 멈추는 우주로, 평평한 우주이다.
바로알기 ㄷ. C는 닫힌 우주로, 팽창하다가 다시 수축하는 우주이다. 임계 밀도란 평평한 우주의 밀도를 의미하므로, C의 밀도는 임계 밀도보다 크다.

7 우주 배경 복사

- ㄱ, ㄴ. 우주 배경 복사는 우주의 모든 방향에서 마이크로파의

형태로 검출되는 것이며, 약 2.7 K에 해당되는 흑체 복사 곡선과 일치하므로 현재 우주의 온도가 약 2.7 K이라는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 대폭발 우주론에 의하면 대폭발이 일어난 후 우주가 팽창하면서 점점 냉각되었고 온도가 3000 K에 이르자 물질로부터 분리된 빛이 우주를 채우게 되었으며, 팽창과 함께 온도가 계속 낮아진다. 현재는 우주의 온도가 약 2.7 K까지 식어서 2.7 K의 우주 배경 복사가 관측되는 것이므로, 우주 배경 복사는 대폭발 우주론을 입증하는 현상이다.

8 물질의 구성 입자

- ㄴ. 양성자는 세 개의 쿼크(두 개의 위쿼크와 한 개의 아래 쿼크)로 구성되어 있다.
ㄷ. 원자핵 안의 양성자와 중성자 사이에는 매우 짧은 거리에서만 작용하는 강력(강한 상호 작용)이 작용한다.
바로알기 ㄱ. 원자핵을 구성하는 입자는 양성자와 중성자이다.

9 기본 상호 작용

- ㄷ. ㉞은 약한 상호 작용(약력)으로, 크기는 전자기력보다 약하다.
바로알기 ㄱ. 원자핵을 구성하는 핵자(양성자, 중성자)들 사이에 작용하는 강한 상호 작용은 매우 짧은 거리에서만 작용한다.
ㄴ. ㉞은 강한 상호 작용(강력), ㉞은 약한 상호 작용(약력)이다.

10 쿼크

- ㄱ. 양성자와 중성자를 이루는 쿼크들은 강한 상호 작용에 의해 결합되어 있다.
ㄷ. 중성자(udd)의 전하량은 $+\frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e - \frac{1}{3}e = 0$ 이다.
바로알기 ㄴ. 위쿼크(u)의 전하량은 $+\frac{2}{3}e$ 이고, 아래 쿼크(d)의 전하량은 $-\frac{1}{3}e$ 이다.

11 약한 상호 작용을 매개하는 입자

베타 붕괴에 관여하는 약한 상호 작용을 매개하는 입자는 Z 보손, W 보손이다.

12 매개 입자

- ㄷ. 전기력과 자기력을 통합하는 하나의 힘을 전자기력이라고 한다. 이 전자기력을 매개하는 입자는 광자이다.
바로알기 ㄱ. 약한 상호 작용을 매개하는 입자는 W 보손과 Z 보손이다.
ㄴ. 강한 상호 작용을 매개하는 입자는 글루온과 파이온이다. 아직 발견되지 않은 매개 입자는 중력을 매개하는 입자인 중력자이다.

수능 유형 분석하기

본책 67쪽

- 1 ⑤ 2 ⑤

1 표준 모형

ㄱ. 물질을 구성하는 기본 입자인 쿼크와 렙톤 중 렙톤은 강한 상호 작용을 하지 않으므로 이 입자는 쿼크이며, 쿼크 중에서 전하량이 $+\frac{2}{3}e$ 인 입자는 위쿼크이다.

ㄴ. 중성자는 전하량이 $+\frac{2}{3}e$ 인 위쿼크 1개와 $-\frac{1}{3}e$ 인 아래 쿼크 2개로 구성되어 있어 전하량이 0이다. 이 입자는 위쿼크이므로 중성자를 구성하는 입자 중 하나이다.

ㄷ. 쿼크 사이의 강한 상호 작용을 매개하는 입자는 글루온이다.

2 기본 입자

ㄴ. 베타 붕괴와 같은 입자의 붕괴에 관여하는 힘은 약한 상호 작용이다.

ㄷ. 베타 붕괴는 중성자가 중성미자를 방출하면서 전자와 양성자로 붕괴되는 과정이므로, 이 과정에서 전자도 생성된다.

바로알기 ㄱ. 물질을 구성하는 기본 입자에는 6종류의 쿼크와 6종류의 렙톤(가)이 있다. 매개 입자는 네 가지 기본 상호 작용을 매개하는 입자이다.

수능 실력 굳히기

본책 68~69쪽

1 ④ 2 ⑤ 3 ② 4 ④ 5 ③ 6 ④ 7 ④ 8 ⑤

1 적색 편이

ㄱ. (나)의 스펙트럼에서는 흡수선의 위치가 빨간색 쪽으로 치우친 적색 편이가 나타난다.

ㄴ. (나)와 같은 적색 편이 현상은 도플러 효과에 의해 관측자로부터 멀어지고 있는 은하에서 오는 빛의 파장이 원래 파장보다 길어져서 나타나는 것이다.

바로알기 ㄷ. (다)는 관측자로부터 가까워지는 은하에서 나오는 빛의 스펙트럼으로, 빛의 파장이 원래보다 짧아져서 흡수선이 청색 쪽으로 치우친다.

2 팽창하는 우주 모형

ㄱ. (가)는 우주가 균일하게 팽창하면서 새로운 물질들이 생기는 정상 상태 우주론을 나타낸 것이다. 이 우주론에 의하면 물질이 계속 생기므로, 우주의 질량은 증가하고 새로운 은하들이 계속 생긴다.

ㄴ, ㄷ. (나)는 대폭발 우주론의 모형으로, 팽창하면서 밀도와 온도는 낮아진다. 따라서 초기 우주에서 방출된 우주 배경 복사가 검출된다.

3 대폭발 우주론

① 우주 배경 복사는 대폭발 우주론의 강력한 증거이다.

③ 쿼크들 사이에 글루온이 매개하는 힘 (다)는 강한 상호 작용이다.

④ 중성자 (라)는 위쿼크 1개와 아래 쿼크 2개로 구성되어 있으므로 총 3개의 쿼크로 이루어져 있다.

⑤ 전자기력 (마)를 매개하는 입자는 광자이다.

바로알기 ② 쿼크의 전하량은 $+\frac{2}{3}e$ 또는 $-\frac{1}{3}e$ 이므로, (나)의 전하량은 0이 아니다.

4 표준 모형

u 쿼크와 d 쿼크의 개수를 각각 n_u , n_d 라 하면, $n_u+n_d=3$ 이다. ... ㉠

(가) : $n_u \times \left(\frac{2}{3}e\right) + n_d \times \left(-\frac{1}{3}e\right) = 0$ 을 ㉠과 연립하면 $n_u=1$, $n_d=2$ 이다.

(나) : $n_u \times \left(\frac{2}{3}e\right) + n_d \times \left(-\frac{1}{3}e\right) = +e$ 를 ㉠과 연립하면 $n_u=2$, $n_d=1$ 이다.

따라서 (가)는 udd, (나)는 uud이다.

5 기본 입자

ㄱ. 렙톤은 경입자(가벼운 입자)로 전자, 뮤온, 타우 입자의 세 종류와 각각의 입자에 해당하는 중성미자가 있으며, 독자적으로 입자를 이룬다.

ㄴ. 렙톤은 중력, 전자기력, 약한 상호 작용을 하며 강한 상호 작용은 하지 않는다.

바로알기 ㄷ. 렙톤의 전하량은 $-e$ 또는 0이다.

6 기본 입자

ㄱ. 원자핵을 구성하는 핵자들 사이에 작용하는 힘은 강한 상호 작용이다.

ㄴ. 양성자는 2개의 위쿼크와 1개의 아래 쿼크로 이루어져 있고, 중성자는 1개의 위쿼크와 2개의 아래 쿼크로 이루어져 있다.

바로알기 ㄷ. 양성자와 중성자 사이에 작용하는 힘의 매개 입자는 파이온이다.

7 표준 모형

ㄱ. 원자는 원자핵과 전자로 이루어져 있으므로 A는 전자이며, 원자핵은 전하를 띠는 양성자와 전하를 띠지 않는 중성자로 이루어져 있으므로 B는 양성자이다. 전자의 전하량은 $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 이고, 양성자의 전하량은 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 이므로, A와 B의 전하량의 크기는 서로 같다.

ㄷ. 양성자와 중성자는 세 개의 쿼크로 구성되어 있으므로 C는 쿼크이며, 표준 모형에서 쿼크는 기본 입자이다.

바로알기 ㄴ. 중성자가 양성자(B)로 붕괴하는 과정에서 전자(A)와 중성미자를 방출하며, 쿼크(C)는 방출하지 않는다.

8 매개 입자

ㄴ. 파이온은 핵자들 사이의 강한 상호 작용인 B를 매개하는 입자이다.

ㄷ. 네 가지 기본 상호 작용을 매개하는 입자 중에 전자기력을 매개하는 광자, 약한 상호 작용을 매개하는 보손, 강한 상호 작용을 매개하는 글루온, 파이온은 발견되었고 중력을 매개하는 입자라고 추정하는 중력자는 아직 발견되지 않았다.

바로알기 ㄱ. A는 전자기력으로, 전자기력을 매개하는 입자는 광자이다.

II

물질과 전자기장

07 전기장과 정전기 유도

수능 기본 다지기

본책 75~77쪽

S.T.E.P 1

- 1 (1) 대전 (2) 마찰 전기 (3) 전기력 (4) 전기장 2 (1) ○ (2) × (3) ×
3 $\frac{F}{3}$ 4 20 N 5 (1) (+)전하에서 (-)전하로 (2) 세다 6 $A > B$
7 (1) ㉠ (2) ㉡ 8 ㉢

S.T.E.P 2

- 9 ㉣ 10 ㉤ 11 ㉥ 12 ㉦ 13 ㉧ 14 ㉨ 15 ㉩ 16 ㉪

개념 확인 문제

S.T.E.P 1

- 2 (2) 전기력은 두 물체의 전하량의 곱에 비례한다.
(3) 전하를 띠는 두 물체 사이의 거리가 가까울수록 두 물체 사이에 작용하는 전기력이 커진다.

- 3 $F = k \frac{3Q^2}{r^2}$ 이다. A와 B가 접촉하면 전하량이 보존되므로 전체 전하량은 $+2Q$ 가 된다. 다시 분리시킨 A와 B는 각각 $+Q$ 의 전하를 갖게 되며 A와 B 사이의 거리는 r 이므로 A와 B 사이에 작용하는 힘은 $F' = k \frac{Q^2}{r^2} = \frac{F}{3}$ 이다.

- 4 전기력 = 전기장의 세기 × 전하량 = $5 \text{ N/C} \times 4 \text{ C} = 20 \text{ N}$

- 6 전기장의 세기는 단위 면적당 지나가는 전기력선의 수에 비례하고, A에서 나오는 전기력선의 수가 B로 들어가는 전기력선의 수보다 많으므로 전하량은 A가 B보다 크다.

- 7 (+)전하와 (-)전하가 분리되는 것은 도체, 분리되지 않은 것은 절연체이다.

- 8 금속판에 대전체를 가까이 하면 금속판은 대전체와 다른 종류의 전하가, 금속막은 대전체와 같은 종류의 전하가 유도된다.

수능 기본 문제

S.T.E.P 2

9 마찰 전기

대전되지 않은 서로 다른 두 물체를 마찰시키면 한 물체에서 다른 물체로 (-)전하가 이동하여 마찰 전기를 띠게 된다.

ㄴ. 마찰 후, A는 (+)전하가 (-)전하보다 많으므로 (+)전하로 대전되었다.

ㄷ. 전하량 보존 법칙에 의해 A에서 B로 (-)전하가 이동하므로 A는 (-)전하를 잃은 만큼 (+)전하를 띠게 되고, B는 A로부터 (-)전하를 얻은 만큼 (-)전하를 띠게 되어 두 대전체의 전하량의 크기는 같다.

바로알기 ㄱ. 마찰할 때 두 물체 사이에서 이동하는 것은 (-)전하이므로, 마찰 후 A는 (+)전하를, B는 (-)전하를 띠는 것으로 보아 A에서 B로 (-)전하가 이동하였다.

10 전하량 보존

ㄱ. (나)에서 (-)전하를 띤 A가 중성인 B와 접촉하면서 A의 전자가 B로 이동하여 B는 (-)전하를 띠게 된다.

ㄴ. 두 금속구가 접촉하였을 때 전하는 두 금속구에 골고루 분포하게 된다. (다)에서 A와 B의 전하량은 동일하다.

ㄷ. (가)에서 A의 전하량이 $-Q$ 라면 (다)에서 A의 전하량은 $-\frac{Q}{2}$ 이다. 따라서 금속구 A에 대전된 전하량은 (가)에서가 (다)에서보다 크다.

11 대전체 사이의 전기력

ㄱ. (가)에서 A와 B는 서로 밀어내므로 A와 B는 같은 부호의 전하로 대전되어 있음을 알 수 있다.

ㄴ. (나)에서 (+)전하로 대전된 대전체 C를 B에 가까이 할 때 B가 A쪽으로 밀려난 것으로 보아 B는 C와 같은 종류의 전하인 (+)전하로 대전되어 있음을 알 수 있다.

바로알기 ㄷ. 전기력은 두 전하의 전하량 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. (나)에서 A와 B의 전하량은 (가)에서와 같고, A와 B 사이의 거리는 (나)에서가 (가)에서보다 가까우므로 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

12 전기력

ㄱ. 전기장의 세기는 단위 양(+)전하가 받는 힘으로, $+q$ 에 가까울수록 세다. 따라서 E_A 가 E_B 보다 크다.

ㄴ. 음(-)전하를 B에 가만히 놓으면 $+q$ 와 인력이 작용하여 A쪽으로 이동한다.

바로알기 ㄷ. 전기력은 거리의 제곱에 반비례한다. $+q$ 에서 A까지의 거리가 B까지의 거리의 $\frac{1}{2}$ 이므로 $+Q$ 에 작용하는 전기력의 크기는 A에서가 B에서의 4배이다.

13 전기력의 방향과 크기

ㄱ. 작용 반작용 법칙에 의해 P가 Q에 작용하는 전기력의 크기는 Q가 P에 작용하는 전기력의 크기와 같다.

바로알기 ㄴ. 전기장은 $+1 \text{ C}$ 인 전하에 작용하는 전기력이다. P, Q에서의 전하량을 $-Q$, $+Q$, P와 A 사이 거리를 d 라고 하면 A에서 전기장의 세기는 $k \frac{Q}{d^2} + k \frac{Q}{d^2} = k \frac{2Q}{d^2}$ (-x 방향)이고, B에서 전기장의 세기는 $k \frac{Q}{d^2} - k \frac{Q}{(3d)^2} = k \frac{8Q}{9d^2}$ (+x 방향)이다. 따라서 전기장의 세기는 A에서가 B에서의 $\frac{9}{4}$ 배이다.

ㄷ. $+1\text{ C}$ 의 전하가 P와 Q 사이에 있으면 $(-)$ 전하와 $(+)$ 전하에 의해 $-x$ 방향으로 전기력을 받으므로, 두 전하 사이에서는 전기력의 크기가 0이 되는 지점이 없다.

14 도체와 절연체에서의 정전기 유도

ㄷ. 도체인 구리 막대에서는 자유 전자의 이동으로 정전기 유도 현상이 일어난다. 따라서 (나)의 B 부분으로 자유 전자가 이동하여 $(-)$ 전하를 띤다.

바로알기 ㄱ, ㄴ. 절연체인 유리 막대는 내부의 전하가 기존 위치에서 조금씩 벗어나 재배열되는 유전 분극 현상이 일어난다. 전자가 이동하면서 정전기가 유도되는 것은 도체인 구리 막대이다.

15 검전기

ㄱ. (가)에서 $(-)$ 대전체를 검전기에 가까이 하면 정전기 유도 현상에 의해 금속판은 $(+)$ 전하를, 금속막은 $(-)$ 전하를 띤다.

ㄷ. (나)에서 금속막에 있던 $(-)$ 전하가 $(-)$ 대전체와의 척력으로 인해 손가락으로 이동한다. 따라서 손가락을 떼고 대전체를 치우면 금속막과 금속판은 모두 $(+)$ 전하를 띤다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 금속판에 접촉한 손가락을 통해 금속막에 있던 $(-)$ 전하가 빠져나가므로 금속막은 오프라든다.

16 접지와 방전

ㄱ. 유조차가 급유할 때에는 급유 시 발생하는 화재를 방지하기 위해 도선을 차체에 연결한 후 지면과 접지를 한다.

ㄷ. 건물에 피뢰침을 설치하면 번개가 칠 때 공기 중의 전하를 지면으로 이동시켜 건물의 피해를 줄인다.

바로알기 ㄴ. 방전은 대전체가 전하를 잃는 현상이다. 기름과 탱크 내벽에는 마찰에 의해 정전기가 발생한다. 이 정전기가 도선을 통해 지면으로 흘러 나간다.

수능 유형 분석하기

본책 78쪽

1 ① 2 ③

1 점전하에 의한 전기장

ㄱ. p에서 A와 C에 의한 전기장이 0이므로 A와 C는 다른 종류의 전하이므로, 전기장은 거리의 제곱에 반비례하므로 A와 C 중 p와 더 멀리 있는 C의 전하량은 A의 전하량보다 크다. q에서 A와 B에 의한 전기장이 0이므로 A와 B는 다른 종류의 전하이므로, B의 전하량은 A의 전하량보다 작다. 따라서 전하량의 크기는 $C > A > B$ 순이다.

바로알기 ㄴ. B와 C는 각각 A와 다른 종류의 전하이므로 B와 C는 같은 종류의 전하이므로, 점 q에서 B와 C에 의한 전기장의 방향이 $(+)$ 방향이므로 B와 C는 양 $(+)$ 전하이다. 따라서 A는 음 $(-)$ 전하이다.

ㄷ. p에서 A와 C에 의한 전기장이 0이며, B는 양 $(+)$ 전하이므로 p에서 A, B, C에 의한 전기장의 방향은 B에 의한 전기장의 방향과 같은 $-x$ 방향이다.

2 두 전하 주위의 전기력선

ㄱ. B의 전기력선은 A와 연결되어 있지 않으므로 A와 B 사이에는 척력이 작용한다. 따라서 B는 A와 같은 종류의 전하인 $(+)$ 전하이다.

ㄴ. 전기력선의 수가 많을수록 전하량이 크다. 전기력선의 수는 A가 B보다 많으므로 A의 전하량이 B의 전하량보다 크다.

바로알기 ㄷ. A와 B 모두 $(+)$ 전하를 띠므로 원점 O에 놓인 $(-)$ 전하는 A와 B로부터 인력을 받는다. 이때 A의 전하량이 B의 전하량보다 크므로 A가 $(-)$ 전하를 당기는 힘이 더 크다. 따라서 원점 O에 놓인 음 $(-)$ 전하에 작용하는 전기력은 A쪽인 $-x$ 방향이다.

수능 실력 굳히기

본책 79~81쪽

1 ② 2 ⑤ 3 ③ 4 ⑤ 5 ① 6 ④ 7 ① 8 ①
9 ④ 10 ② 11 ② 12 ④

1 전하와 전기력

전하량 보존에 의해 D를 A, B, C에 차례로 접촉했다가 때면

$$A \text{의 전하량} = \frac{-4C}{2} = -2C, B \text{의 전하량} = \frac{-2C + 4C}{2} =$$

$$+1C, C \text{의 전하량} = \frac{+1C + 3C}{2} = +2C \text{이 된다.}$$

ㄴ. A와 C는 전하의 종류가 다르므로 인력이 작용한다.

바로알기 ㄱ. B의 전하량은 $+1C$ 이다.

ㄷ. B의 전하량은 $+1C$ 이어서 A에 의한 전기력은 인력이 작용하므로 왼쪽, C에 의한 전기력은 척력이 작용하므로 오른쪽이다. 따라서 B에 작용하는 전기력의 합력은 0이 아니다.

2 두 전하 주위의 전기장

ㄴ. P에서 전기장의 방향이 $+x$ 방향이므로, A와 B에 의한 전기장의 y 성분이 서로 상쇄된다. 따라서 A와 B의 전하량의 크기는 같다.

ㄷ. A와 B의 전하량의 크기가 같기 때문에 O점에 $+1C$ 의 전하가 놓인 경우 A로부터 척력이 작용하고, B로부터 인력이 작용한다. 따라서 O점에서 전기장의 방향은 $+x$ 방향으로 P에서와 같다.

바로알기 ㄱ. P에서 전기장의 방향은 $+1C$ 의 전하가 받는 전기력의 방향과 같다. P에서 전기력의 방향이 $+x$ 방향이 되려면 A로부터 멀어지는 전기력과 B를 향하는 전기력을 합성하면 된다. 따라서 A는 $+1C$ 과 척력이 작용하는 $(+)$ 전하이므로, B는 $+1C$ 과 인력이 작용하는 $(-)$ 전하이다.

3 점전하 사이의 전기력

ㄱ. $x=2d$ 인 곳에 $(-)$ 전하를 놓았을 때 받는 전기력이 0이므로 P와 Q에 의한 전기력은 크기가 같고 방향이 반대이다. 전기력의 방향이 반대이려면 점전하 P, Q가 같은 종류의 전하를 띠어야 한다.

ㄴ. $x=2d$ 인 곳에서 P와의 거리는 d , Q와의 거리는 $2d$ 이다. $x=2d$ 에 놓인 (-)전하의 전하량을 q , P의 전하량을 Q_1 , Q의 전하량을 Q_2 라 할 때 (-)전하에 작용하는 P와 Q에 의한 전기력의 크기가 같으므로 $k\frac{Q_1q}{d^2}=k\frac{Q_2q}{(2d)^2}$ 에서 $Q_2=4Q_1$ 이다. 따라서 전하량은 Q가 P의 4배이다.

바로알기 ㄷ. $x=0$ 에서 전기장의 방향이 $+x$ 방향이므로 P와 Q는 (-)전하이다.

4 전하량이 다른 두 전하 사이에 작용하는 힘

ㄱ. D에서 전기장의 세기

$$E=k\frac{4Q}{(2d)^2}+k\frac{(-Q)}{d^2}=k\frac{Q}{d^2}+k\frac{(-Q)}{d^2}=0$$

ㄴ. P와 Q 사이에는 전기력이 작용하므로 P와 Q가 고정되지 않은 경우 가속도 운동을 한다.

ㄷ. P와 Q 사이에는 인력이 작용하고, 작용 반작용 법칙에 의해 P와 Q가 받는 전기력의 크기가 같다. 두 점전하의 질량이 같으므로 P와 Q는 가속도의 크기가 같다. 따라서 B와 C의 중간 지점에서 만난다.

5 전기장 속에서 전하를 띤 입자의 운동

ㄱ. 전기력선은 전기장 내에 놓인 (+)전하가 받는 힘의 방향을 이은 선이다. 입자는 전기력선의 방향으로 운동하므로 이 입자는 (+)전하를 띤다.

바로알기 ㄴ. 입자는 운동 방향으로 일정한 크기의 힘을 받으므로 속력이 일정하게 증가한다.

ㄷ. $F=qE$ 이고, A와 B에서 전기장이 균일하므로 전기력의 크기도 같다.

6 두 전하 주위의 전기력선

ㄴ. 전기력선의 수는 전하량에 비례한다. B 주위의 전기력선의 수가 A 주위의 전기력선 수보다 많으므로 전하량은 B가 A보다 크다.

ㄷ. P와 A, P와 B 사이의 거리는 같고, 전하량은 B가 A보다 크므로 P에 놓인 입자에 작용하는 B에 의한 전기력이 A에 의한 전기력보다 크다. 따라서 두 힘의 합력의 방향은 B에 의한 전기력의 방향과 같다. B에 의한 전기력의 방향이 $+x$ 방향이라면 P에 놓인 입자와 B, 즉 (-)전하 사이에 인력이 작용해야 하므로 P에 놓인 입자는 (+)전하를 띤다.

바로알기 ㄱ. A, B 주위의 전기력선은 모두 전하를 향하여 들어가고 있으므로 두 전하는 모두 (-)전하를 띤다.

7 두 전하 주위의 전기력선

ㄱ. 전기력선의 수가 많을수록 전하량의 크기가 크므로 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.

바로알기 ㄴ. 전기장의 세기는 $E=k\frac{q}{r^2}$ 이고, b에서 전기장이 0이므로 A에 의한 전기장과 B에 의한 전기장은 크기가 같고 방향이 반대이다. A와 B 사이의 거리를 d 라고 하면 두 점전하와 점 a, b, c 사이의 거리는 각각 d 이므로, 점전하 A, B의

전하량을 각각 q_A , q_B 라 하면 $\frac{q_A^2}{(2d)^2}=\frac{q_B^2}{d^2}$ 이므로 q_A 는 q_B 의 4배이다. c 지점에서는 A에 의한 전기장 $=k\frac{q_A}{(3d)^2}=k\frac{4q_B}{9d^2}$ 이고,

B에 의한 전기장 $=k\frac{q_B}{(2d)^2}=k\frac{q_B}{4d^2}$ 로, A에 의한 전기장이 B에 의한 전기장보다 크므로 알짜 전기장의 방향은 A에 의한 방향이 된다. 따라서 A는 (-)전하이므로, B는 (+)전하이다.

ㄷ. a에서 전기장의 세기는 $E_A=k\frac{4q_B}{d^2}$, $E_B=k\frac{q_B}{(2d)^2}=k\frac{q_B}{4d^2}$ 이다. 따라서 a에서는 알짜 전기장의 방향이 A가 만드는 전기장의 방향과 같으므로 $+x$ 방향이다.

8 정전기 유도

ㄴ. A와 B 모두 막대와 가까운 부분은 (-)전하를 띠므로 막대와 다른 종류의 전하를 띤다. 따라서 A와 B 모두 막대와 인력이 작용한다.

바로알기 ㄱ. A에서 전자는 막대 쪽으로 끌려왔으므로 전자는 막대로부터 인력을 받는다.

ㄷ. 물은 절연체로 B와 같은 유전 분극에 의해 대전체 쪽으로 끌려온다.

9 도체와 절연체의 정전기 유도 현상

ㄱ. 과정 (2)에서 (+)전하로 대전된 막대를 B에 가까이 하면 전자가 (+)대전체로부터 인력을 받아 A에 있던 전자가 B쪽으로 이동한다. 따라서 A는 (+)전하가 상대적으로 많고 B는 (-)전하가 상대적으로 많으므로 A와 B 사이에도 인력이 작용하여 붙어 있고, B는 (-)전하가 유도되어 (+)전하를 띤 막대와 인력이 작용한다.

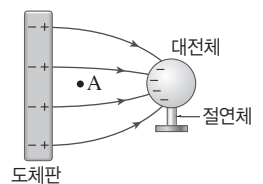
ㄷ. 과정 (3)에서 A와 B를 떨어뜨린 후 막대를 치웠으므로 A는 (+)전하를, B는 (-)전하를 띤다. 따라서 A와 B는 서로 인력이 작용한다.

바로알기 ㄴ. 과정 (2)에서 유전 분극에 의해 D의 오른쪽은 (-)전하, 왼쪽은 (+)전하를 띠므로 D와 대전된 막대 사이에는 인력이 작용한다. 또한 D의 왼쪽이 (+)전하를 띠므로 유전 분극에 의해 C의 오른쪽은 (-)전하, 왼쪽은 (+)전하를 띤다. 따라서 C와 D 사이에도 인력이 작용한다.

10 대전체의 정전기 유도

ㄱ. 전하와 거리가 가까울수록 전기력이 커진다. 전기장은 전기력이 클수록 세므로 대전체를 A쪽으로 접근시키면 전기장의 세기가 증가한다.

ㄴ. 그림과 같이 A의 왼쪽에 도체판을 놓으면 정전기 유도 현상에 의해 도체판의 대전체와 가까운 부분은 (+)전하가 유도되어 A쪽의 전기장의 세기가 세진다.



바로알기 ㄷ. 대전체의 오른쪽에 도체판을 놓으면 정전기 유도 현상에 의해 대전체 내에서 전자가 오른쪽으로 이동한다. 따라서 대전체의 오른쪽은 전기장의 세기가 세지고, A쪽의 전기장의 세기는 약해진다.

11 절연체에서의 정전기 유도 현상

ㄷ. 유리 막대는 정전기 유도 현상에 의해 (-)대전체와 먼 쪽이 대전체와 같은 (-)전하를 띤다. A에서도 유리 막대의 왼쪽 끝부분이 띤는 (-)전하에 의해 정전기 유도 현상이 나타나 A에서 유리 막대와 가까운 쪽은 (+)전하를 띤다. 따라서 유리 막대와 A 사이에는 인력이 작용한다.

바로알기 ㄱ. 유리 막대는 절연체이므로 (-)대전체와의 인력에 의해 전하가 기존의 위치에서 조금씩 벗어나 재배열되고, 자유전자가 직접 이동하지는 않는다. 따라서 (-)대전체와 가까운 쪽은 (+)전하를, 먼 쪽은 (-)전하를 띤다.

ㄴ. A와 유리 막대는 절연체이므로 전하가 기존의 위치에서 조금씩 벗어나 재배열되는 유전 분극 현상이 나타난다.

12 정전기 유도와 전기력선

(가)에서 (+)대전체를 금속구에 가까이 하였으므로 A는 (+)전하를, B는 (-)전하를 띤다. (나)에서 접지선을 타고 지면의 전자가 금속구 A로 이동하므로 (다)에서 A와 B는 모두 (-)전하를 띤 채 분리된다. 따라서 전기력선은 A와 B로 들어가는 방향으로 생긴다.

$$2 \quad B = \frac{\Phi}{S} = \frac{10 \text{ Wb}}{20 \text{ m}^2} = 0.5 \text{ T}$$

4 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향을 (+)라고 할 때, (가), (나)의 경우 자기장의 세기는 각각 다음과 같다.

$$(가) \quad B_{(가)} = k \frac{I}{r} = B \quad (나) \quad B_{(나)} = k \frac{I}{r} - k \frac{I}{2r} = k \frac{I}{2r} = \frac{B}{2}$$

5 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥐면 엄지손가락은 왼쪽을 가리킨다. 따라서 코일의 왼쪽 끝이 N극을 띤다. 따라서 자기장은 왼쪽 끝에서 나와서 오른쪽 끝으로 들어가는 방향으로 생긴다.

6 (2) 자기장을 가했을 때 상자성체는 원자 자석들이 자기장의 방향으로 약하게 자기화된다.

(4) 반자성체에는 구리, 유리, 금 등이 있고, 종이와 알루미늄은 상자성체에 속한다.

8 유도 전류는 유도 기전력의 크기에 비례한다. 동일한 시간 동안 자기장의 세기가 크게 변하는 구간에서 유도 기전력의 크기가 크므로 유도 전류의 세기도 크다. 따라서 A, C, B 순이다.

08 자기장과 전자기 유도

수능 기본 다지기

본책 86~87쪽

S.T.E.P ①

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ 2 0.5 T 3 A : 남쪽, B : 서쪽, C : 북쪽, D : 동쪽 4 종이면에서 수직으로 나오는 방향, $\frac{B}{2}$ 5 A : 동쪽, B : 서쪽, C : 동쪽, D : 서쪽 6 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 7 감소, $A \rightarrow R \rightarrow B$ 8 A, C, B 9 ㄱ, ㄴ, ㄹ

S.T.E.P ②

- 10 ⑤ 11 ③ 12 ③ 13 ① 14 ① 15 ③ 16 ④ 17 ④

개념 확인 문제

S.T.E.P

①

- 1 (2) 자석 내부에서 자기장의 방향은 S극에서 N극을 향하므로 (가)이다.
(4) 자기장의 방향은 자기력선의 방향과 같다.

수능 기본 문제

S.T.E.P

②

10 직선 도선에 의한 자기장

민수 : 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하므로 전류가 세지면 자기장도 세진다.

철수 : 앙페르 법칙(오른나사 법칙)에 의해 전류의 방향이 바뀌면 자기장의 방향도 바뀐다.

영희 : 자기장의 세기는 도선으로부터의 수직 거리에 반비례하므로 자기장은 도선으로부터의 수직 거리가 가까운 P점에서보다 Q점에서보다 더 세다.

11 직선 도선과 원형 도선에 의한 자기장

(가)에서 나침반 자침의 N극 방향은 시계 반대 방향을 향하므로 오른손의 네 손가락을 시계 반대 방향으로 감아쥐면 전류의 방향인 엄지손가락은 위쪽을 향한다.

(나)에서 오른손 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하고 네 손가락을 감아쥐면 원형 도선 속에서 자기장의 방향은 지면으로 들어가는 방향으로 생긴다.

12 두 직선 도선에 의한 자기장

도선 A, B에 흐르는 전류의 세기와 방향이 같으므로 도선 A, B에 의한 자기장의 세기는 같고, 방향은 시계 반대 방향이다. 두 도선의 중간 지점에는 도선 A에 의한 북쪽 방향의 자기장과 도선 B에 의한 남쪽 방향의 자기장이 동시에 존재하므로 합성

자기장은 0이다. 따라서 두 도선의 중간 지점에서는 지구 자기장의 영향만 받으므로 나침반 자침의 N극 부분은 북쪽을 향한다.

13 솔레노이드에 의한 자기장

ㄱ. 솔레노이드 속에서 자기장이 가장 세므로 B점에서 자기장이 가장 세다.

바로알기 ㄴ, ㄷ. 코일에 흐르는 전류의 방향으로 오른손의 네 손가락을 감아쥐면 엄지손가락은 오른쪽을 향하므로 오른쪽 끝 부분이 N극을 띤다. 따라서 자기장의 방향은 오른쪽 끝에서 나가서 왼쪽 끝으로 들어오므로 A와 B에서 자기장의 방향은 반대이다.

14 반자성체와 강자성체

반자성체 A에 자석을 가까이 하면 원자 자석들이 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다. 따라서 자석과 척력이 작용하므로 A는 왼쪽으로 힘을 받는다.

강자성체 B에 자석을 가까이 하면 원자 자석들은 외부 자기장의 방향으로 강하게 자기화된다. 따라서 자석과 인력이 작용하므로 B는 왼쪽으로 힘을 받는다.

15 자성을 띠는 물질의 원자 자석의 배열

ㄱ. A는 외부 자기장이 제거되더라도 자석의 효과가 바로 사라지지 않으므로 강자성체이다.

ㄴ. 외부 자기장을 가하기 전 A, B는 원자 자석들의 배열이 무질서하여 자석의 효과가 나타나지 않고, C는 원자 자석이 없으므로 자석의 효과가 나타나지 않는다.

바로알기 ㄷ. B와 C는 외부 자기장을 제거하였을 때 자석의 효과가 바로 사라진다.

16 전자기 유도

ㄴ. 막대자석의 N극을 가까이 하면 코일은 막대자석을 밀어내려고 하므로 왼쪽 끝이 N극이 되는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 검류계에 흐르는 전류의 방향은 a이다.

ㄷ. N극을 멀리 하면 코일은 막대자석을 끌어당기려고 하므로 코일의 왼쪽 끝이 S극이 되는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 코일에 흐르는 전류의 방향이 반대로 바뀐다.

바로알기 ㄱ. 자석을 코일에 가까이 하면 코일에 유도되는 전류에 의한 자기장 때문에 코일과 자석 사이에 척력이 작용한다.

17 균일한 자기장 속에서 운동하는 금속 막대

ㄱ. 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기선속이 증가하므로 이를 방해하도록 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 자기선속이 발생한다. 따라서 렌츠 법칙에 의해 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이므로 금속 막대에는 유도 전류가 b에서 a로 흐른다.

ㄷ. 금속 막대를 왼쪽으로 끌어당기면 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기선속이 감소하므로 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 자기선속이 발생한다. 따라서 유도 전류는 시계 방향으로 흐르므로 $c \rightarrow R \rightarrow d$ 로 흐른다.

바로알기 ㄴ. 금속 막대가 일정한 속력으로 이동하므로 자기선속의 변화도 일정하다. 따라서 유도 전류의 세기는 일정하다.

수능 유형 분석하기

본책 88~89쪽

1 ⑤ 2 ① 3 ④ 4 ④

1 평행한 세 직선 전류에 의한 자기장

ㄱ, ㄴ. 직선 도선 주위의 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락이 전류의 방향을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 감아쥐는 방향이다. O점에서 세 도선에 의한 합성 자기장의 방향인 +y 방향은 도선 Q에 전류가 종이면에서 나오는 방향으로 흐를 때의 자기장의 방향과 일치하므로 O점에서 P와 R에 의한 자기장이 상쇄된다는 것을 알 수 있다. 즉, O점에서 P와 R에 의한 자기장의 방향이 반대이고 자기장의 세기는 같다. 그러기 위해서 P와 R에는 같은 방향으로 같은 세기의 전류가 흘러야 한다. 따라서 R에 흐르는 전류의 세기는 P에 흐르는 전류의 세기와 같은 I이다.

ㄷ. 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례한다. Q에 2I의 전류가 흐를 때 O점에서 자기장의 세기가 B_0 이고 O점에서 Q와 R까지의 거리가 같으므로, R에 I의 전류가 흐를 때 O점에서 R에 의한 자기장의 세기는 $\frac{B_0}{2}$ 이다.

2 코일 주위의 자기장과 자성

ㄱ. 솔레노이드에 유도되는 자기장의 방향을 이용하면 왼쪽 코일은 오른쪽 끝이 N극, 오른쪽 코일은 왼쪽 끝이 S극을 띠고, 상자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다. 따라서 a점에서 자기장의 방향은 오른쪽이다.

바로알기 ㄴ. 왼쪽 코일의 오른쪽 끝은 N극, 오른쪽 코일의 왼쪽 끝은 S극을 띠므로 두 상자성 막대 사이에는 인력이 작용한다. ㄷ. 상자성체는 외부 자기장이 사라지면 원래 상태로 되돌아간다. 따라서 스위치를 열었을 때 a점에서 자기장 세기는 0이 된다.

3 원형 도선을 통과하는 자석에 의한 전자기 유도

ㄱ. 자석의 중심이 P에 있을 때는 A가 B보다 자석과 가까이 있으므로 A에 영향을 주는 자기선속의 변화량이 크다. 따라서 유도 전류의 세기는 A가 B보다 크다.

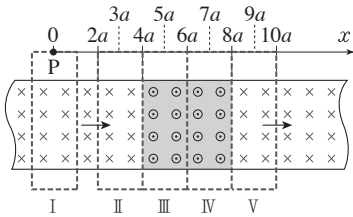
ㄷ. 자석에 작용하는 중력은 아래 방향, 유도 전류에 의한 자기력은 자석이 떨어지지 않게 하는 방향인 위 방향이므로 자석에 작용하는 합력은 중력보다 작다. 따라서 자석의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기보다 작다.

바로알기 ㄴ. P점에서 원형 고리를 보았을 때 자석이 Q를 지나면 순간 S극이 원형 고리 A에서 멀어진다. 따라서 A에 유도되는 전류에 의한 자기장이 자석을 끌어당기므로 A의 아래쪽이 N극으로 유도되어 A에는 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다. B에서는 자석의 N극이 가까이 오므로 유도 전류에 의한 자기장이 자석을 밀어낸다. 따라서 B의 위쪽이 N극으로 유도되어 B에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

4 자기장 영역에서 운동하는 코일의 전자기 유도

균일한 자기장이 형성된 곳을 직사각형 도선이 일정한 속력으로 이동하고 있으므로 자기선속의 변화가 시간에 따라 변할 때

일정한 전류가 발생한다.



- 0~3a(I~II 구간) : 종이면 속으로 들어가는 방향으로 자기장이 일정하다. ➔ 유도 전류는 0이다.
- 3a~5a(II~III 구간) : 코일의 속력이 일정하므로 지면에서 나오는 방향으로 자기장이 일정하게 증가한다. ➔ 자기장 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 종이면 속으로 들어가는 방향으로 엄지손가락을 향하고 네 손가락을 감아쥐는 방향, 즉 시계 방향(유도 전류 : (+)값)으로 일정한 세기의 전류가 발생한다.
- 5a~7a(III~IV 구간) : 종이면에서 나오는 방향으로 자기장이 일정하다. ➔ 유도 전류는 0이다.
- 7a~9a(IV~V 구간) : 코일의 속력이 일정하므로 종이면으로 들어가는 방향으로 자기장이 일정하게 증가한다. ➔ 자기장 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 지면에서 나오는 방향으로 엄지손가락을 향하고 네 손가락을 감아쥐는 방향, 즉 시계 반대 방향(유도 전류 : (-)값)으로 일정한 세기의 전류가 발생한다.
- 9a~10a(V~) : 종이면 속으로 들어가는 방향으로 자기장이 일정하다. ➔ 유도 전류는 0이다.

수능 실력 굳히기

본책 90~93쪽

- 1 ④ 2 ③ 3 ④ 4 ① 5 ④ 6 ④ 7 ③ 8 ⑤
9 ② 10 ① 11 ② 12 ① 13 ④

1 직선 도선에 의한 자기장

ㄴ. 도선의 저항은 $\frac{\text{도선의 길이}}{\text{도선의 단면적}}$ 에 비례한다. 저항 비는 $R_A :$

$$R_B = \frac{l}{S} : \frac{3l}{2S} = 2 : 3 \text{이므로 } B \text{의 저항이 } A \text{의 저항보다 크다.}$$

따라서 도선을 B로 바꾸면 저항이 커져서 전류에 의한 자기장의 세기가 작아지므로 회전각은 θ 보다 작아진다.

ㄷ. 단자 a와 b를 바꾸어 연결하면 전류의 방향이 바뀌므로 나침반 자침의 N극은 북쪽에서 서쪽으로 θ 만큼 돌아간다.

바로알기 ㄱ. 스위치를 닫았을 때 나침반 자침의 N극 방향은 지구 자기장과 전류에 의한 자기장의 합성 자기장 방향이다. 지구 자기장의 방향은 북쪽이므로 합성 자기장의 방향이 북동쪽이라면 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 동쪽이어야 한다. 오른손의 네 손가락이 도선 아래에서 동쪽을 향하도록 감아 쥐면 엄지손가락은 남쪽을 향하므로 전류는 북쪽에서 남쪽으로 흐른다. 따라서 전원 장치의 단자 a는 (-)극, b는 (+)극이다.

2 평행한 두 직선 도선에 의한 자기장

ㄱ, ㄴ. 두 도선 P, Q는 a, b, c와 같은 간격 d만큼 떨어져 있으며 도선 P에는 전류가 위로 흐른다. 점 c에서 전류에 의한 자기장이 0이므로 도선 Q에는 아래 방향으로 $\frac{I}{3}$ 의 전류가 흐른다.

바로알기 ㄷ. 도선 P에 흐르는 전류 I에 의한 자기장은 세기가 a와 b에서 같고, a에서는 종이면에서 나오는 방향, b에서는 종이면 속으로 들어가는 방향으로 생긴다. 도선 Q에 흐르는 전류 $\frac{I}{3}$ 에 의한 자기장은 a와 b에서 모두 종이면 속으로 들어가는 방향으로 생긴다. 따라서 a에서는 두 도선에 의한 자기장의 방향이 반대이고, b에서는 두 도선에 의한 자기장의 방향이 같다. 따라서 자기장의 세기는 b에서가 a에서보다 크다.

3 원형 고리에 의한 자기장

영희 : 가변 저항기의 저항값을 감소시키면, 원형 고리에 흐르는 전류의 세기가 증가한다. 따라서 원형 고리 중심에서 도선에 의한 자기장이 세지므로 자침의 N극이 회전하는 각도가 더 커진다.

민수 : 전류의 방향이 반대로 바뀌면 원형 고리의 중심에서 도선에 의한 자기장의 방향이 반대 방향인 서쪽이 된다.

바로알기 철수 : 나침반 자침은 지구 자기장과 원형 고리가 만드는 자기장의 합성 자기장의 방향을 가리킨다. 자침의 N극이 북동쪽을 가리킨다면 원형 고리가 만드는 자기장의 방향은 동쪽이다. 이때 오른손의 엄지손가락을 동쪽으로 향하면 감아진 네 손가락의 방향은 동쪽에서 보았을 때 시계 반대 방향이므로, 원형 고리에는 시계 반대 방향으로 전류가 흐른다.

4 두 원형 도선에 의한 자기장의 세기와 방향

점 P에서 전류에 의한 자기장 $B_P = k\frac{3I}{a} = B$ 이다. 점 Q에서 전

류에 의한 자기장의 세기는 $B_Q = k\frac{3I}{a} - k\frac{2I}{2a} = k\frac{2I}{a} = \frac{2}{3}B$ 이고, (+)값이므로, 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

5 직선 도선과 원형 도선에 의한 자기장

(가)에서는 X와 Z에 전류가 흐르지 않으므로 P점에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0 이고, 부호가 (-)이므로 자기장의 방향은 종이면으로 들어가는 방향임을 알 수 있다.

ㄱ. (나)에서는 X에만 전류가 흘렀을 때 P점의 자기장이 0이 되므로, X에 의한 자기장은 Y에 의한 자기장과 세기는 같고 방향이 반대이다. 따라서 X에 흐르는 전류에 의해 P점에서는 종이면에서 나오는 방향으로 B_0 의 자기장이 생긴다.

ㄷ. (나)에 의해 X와 Y에 의한 자기장은 0이 되므로 (라)에서는 Z에 의한 자기장만 존재한다. (다)에 의해 Z에 의한 자기장은 종이면에서 나오는 방향으로 B_0 이므로 ㉠은 B_0 이다.

바로알기 ㄴ. (다)에서는 Z에만 전류가 흘렀을 때 P점의 자기장이 0이 되므로, Z에 의한 자기장은 Y에 의한 자기장과 세기는 같고 방향이 반대이다. 따라서 Z에 의한 자기장의 방향은 종이

면에서 나오는 방향이어야 하므로 오른나사 법칙에 의해 전류의 방향은 b에서 a이다.

6 코일에 의한 자기장

ㄴ. 자석과 솔레노이드 사이에는 척력이 작용하여 용수철이 압축되면서 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지는 증가한다.

ㄷ. 전류가 흐르면서 나침반 자침의 N극은 동쪽으로 회전하게 된다. 솔레노이드에 흐르는 전류가 증가하면 자침이 회전하는 각도는 증가한다.

바로알기 ㄱ. 솔레노이드에 전류가 세지면서 자기장이 강해지므로 자석에 작용하는 자기력은 증가한다.

7 물질의 자성

영희 : 전류의 방향은 전자의 운동 방향과 반대이므로 전류는 시계 방향으로 흐른다. 따라서 오른나사 법칙에 의해 자기장의 방향은 아래 방향이다.

민수 : 전류의 방향은 전자의 회전 방향과 반대인 시계 반대 방향으로 오른나사 법칙에 의해 자기장은 위 방향이다.

철수 : 서로 반대 방향으로 회전하는 전자들이 짝을 형성하여 전자가 만드는 자기장이 서로 상쇄되면 물질은 자성을 갖지 않는다.

8 솔레노이드에 의한 자기장과 물질의 자성

ㄱ. 오른손의 네 손가락을 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향으로 감아쥐면 엄지손가락이 가리키는 방향은 b 방향이다. 따라서 p점에 형성된 자기장의 방향은 $a \rightarrow b$ 방향이다.

ㄴ. 자기력선의 간격이 좁을수록 자기장의 세기가 세다. 자기력선은 솔레노이드 내부가 외부보다 간격이 더 좁으므로 p점에서 q점에서도 자기장이 세다.

ㄷ. 과정 (라)에서 스위치를 열면 외부 자기장은 0이 된다. 외부 자기장이 0인 상태에서 쇠못을 금속 가루에 가까이 할 때 금속 가루가 쇠못에 달라붙었다는 것은 금속 가루가 자성을 띠는 것이다.

외부 자기장을 가했다가 제거해도 자성을 가지고 있는 것은 강자성체이므로 금속 가루는 강자성체이다.

9 코일과 전자기 유도

ㄴ. 자석의 세기가 셀수록 자석이 운동할 때 코일 주위의 자기장 세기의 변화가 크므로 Q에 흐르는 유도 전류의 최댓값은 증가한다.

바로알기 ㄱ. 막대자석이 운동하는 주기가 클수록 한 번 왕복하는 데 걸리는 시간이 길므로 막대자석의 속력이 느리다. 막대자석의 속력이 느릴수록 자기장의 변화가 작으므로 코일 P에 흐르는 유도 전류의 최댓값은 감소한다.

ㄷ. P가 자석으로부터 멀어지면 P에 유도되는 전류에 의한 자기장이 자석의 N극을 끌어당긴다. 따라서 P의 오른쪽 끝부분이 S극을 띠어 검류계에 흐르는 유도 전류는 오른쪽이다. Q가 자석으로부터 멀어지면 Q에 유도되는 전류에 의한 자기장이 자석의 S극을 끌어당기려고 하므로 Q의 왼쪽 끝부분이 N극을 띠어 검류계에 흐르는 유도 전류는 오른쪽이다. 따라서 두 검류계에 흐르는 전류의 방향은 같다.

10 자성체와 전자기 유도

ㄱ. 철은 강자성체이기 때문에 이 막대를 솔레노이드에서 꺼내어도 자성이 유지되어 (나)와 같은 상태에서 유도 전류가 형성된다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 위에서 보았을 때 유도 전류가 시계 반대 방향으로 흘렀으므로 원형 도선에 유도된 전류에 의해 위쪽이 N극을 띠어서 막대를 밀어내려고 한다. 따라서 막대의 아래쪽은 N극, 위쪽인 P는 S극을 띤다.

ㄷ. (가)에서 막대의 P가 S극이라면 오른쪽 끝이 N극이므로 코일에 의한 자기장의 방향이 오른쪽이다. 오른손의 엄지손가락을 오른쪽으로 하고 네 손가락을 감아쥐는 방향으로 전류가 흐르므로 a는 (+)극, b는 (-)극이어야 한다.

11 코일과 전자기 유도

ㄴ. 패러데이의 법칙에 의해 자석의 운동 에너지는 솔레노이드의 전기 에너지로 전환되므로 자석의 속력은 솔레노이드를 통과하면서 느려진다. 주어진 그림에서 자석이 a를 지날 때의 속력은 자석이 b를 지날 때의 속력보다 크므로 자석이 a를 지날 때가 b를 지날 때보다 솔레노이드를 지나는 자기선속 변화가 크다. 따라서 유도 전류의 세기는 자석이 a를 지날 때가 b를 지날 때보다 크다.

바로알기 ㄱ. 자석이 a를 지날 때 솔레노이드에 N극이 접근하므로 솔레노이드의 왼쪽 끝에는 N극이 형성되도록 유도 전류가 흐른다. 자석이 b를 지날 때 솔레노이드에서 S극이 멀어지므로 솔레노이드의 오른쪽 끝에는 N극이 형성되도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 자석이 a를 지날 때와 b를 지날 때 반대이다.

ㄷ. 자석이 a를 지날 때 솔레노이드에 의해 척력이 작용하여 자기력은 자석을 기준으로 왼쪽으로 작용하고 자석이 b를 지날 때 솔레노이드에 의해 인력이 작용하여 자기력은 자석을 기준으로 왼쪽으로 작용한다. 따라서 자석이 받는 자기력의 방향은 자석이 a를 지날 때와 b를 지날 때 같다.

12 운동하는 금속 고리에 흐르는 유도 전류

유도 기전력은 자기선속의 변화율에 비례하므로 유도 전류도 자기선속의 변화율에 비례한다.

• $0 \sim t$ 사이 : 코일을 통과하는 자기선속은 종이면으로 들어가는 방향으로 증가하므로 금속 고리에 흐르는 유도 전류에 의한 자기장은 그것을 방해하는 방향인 종이면에서 나오는 방향으로 생긴다. 따라서 오른손 엄지손가락을 종이면에서 나오는 방향으로 향할 때 네 손가락을 감아쥐는 방향인 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. 이때의 유도 전류의 세기를 I 라 둔다.

• $t \sim 2t$ 사이 : 금속 고리의 세로 길이가 $0 \sim t$ 사이의 2배이므로 자기선속의 변화율도 2배이다. 따라서 유도 전류는 시계 반대 방향으로 $2I$ 가 흐른다.

• $2t \sim 4t$ 사이 : 자기선속 변화율이 0이므로 유도 전류도 0이다.

• $4t \sim 5t$ 사이 : 코일에는 종이면으로 들어가는 방향의 자기선속이 감소하므로 그것을 방해하는 방향으로 오른손 엄지손가락을 향하고 네 손가락을 감아쥐는 방향, 즉 시계 방향(-)으로 유도 전류 I 가 흐른다.

• $5t \sim 6t$ 사이 : 자기선속의 변화율이 2배이므로 시계 방향(-)으로 유도 전류 $2I$ 가 흐른다.

13 자기전속이 변하는 곳에 있는 코일

ㄱ. $0 \sim 2t$ 까지 종이면으로 들어가는 자기장의 세기가 커지므로 이를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 유도 전류는 오른 손의 엄지손가락을 종이면에서 나오는 방향으로 향할 때 네 손가락이 감아쥐는 방향인 $b \rightarrow R \rightarrow a$ 방향으로 흐른다.

ㄴ. 코일의 면적은 t 일 때가 $3t$ 일 때의 $\frac{1}{2}$ 이고, 자기장의 변화율은 t 일 때가 $3t$ 일 때의 2배이므로 유도 기전력의 비는 $V_t : V_{3t} = 1 : 1$ 이다. 도선의 저항은 t 일 때가 $3t$ 일 때가 같으므로 유도 전류의 비도 $I_t : I_{3t} = 1 : 1$ 이다.

바로알기 ㄴ. $2t \sim 4t$ 까지 종이면으로 들어가는 자기장의 세기가 작아지므로 이를 방해하는 방향, 즉 종이면으로 들어가는 방향으로 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 $3t$ 일 때 유도 전류의 방향은 t 일 때 유도 전류의 방향과 반대이다.

09 물질의 구조와 성질

수능 기본 다지기

본책 97~99쪽

S.T.E.P 1

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ 2 (1) A-B-C (2) C-B-A
3 (1) ㉠, 허용된 띠 (2) ㉡, 띠틈 4 (1) 절 (2) 반 (3) 도 (4) 반
5 (1) 도핑 (2) 양공 (3) 원자가띠, 전도띠 6 (1) n (2) p
7 ㄴ, ㄹ 8 (1) ㉠ (2) ㉢ (3) ㉤ 9 (1) 초전도체 (2) 유전체
(3) 액정

S.T.E.P 2

- 10 ① 11 ④ 12 ② 13 ⑤ 14 ① 15 ③ 16 ④ 17 ③

개념 확인 문제

S.T.E.P 1

- 1 (1) 전자의 에너지는 양자수에 따라 불연속적인 값을 가진다.
2 (1) 전자가 전이할 때 에너지 준위의 차가 클수록 발생하는 전자기파의 진동수가 커진다. 따라서 진동수가 큰 것부터 쓰면 A, B, C 순이다.
(2) 발생하는 전자기파의 진동수가 클수록 파장이 짧다.
7 p형 반도체 쪽에 (+)전원을, n형 반도체 쪽에 (-)전원을 연결할 때 전류가 흐른다.

수능 기본 문제

S.T.E.P 2

10 전자의 에너지 양자화

ㄱ. 원자핵은 (+)전하, 전자는 (-)전하를 띠므로 쿨롱 법칙을 따르는 전기적인 인력이 작용한다.

바로알기 ㄴ. 전자가 $n=1$ 인 궤도에 있을 때는 바닥상태로, 전자의 에너지가 가장 작다.

ㄷ. 에너지 준위는 양자수가 클수록 크다. $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이하면 빛을 방출하면서 전자의 에너지 준위가 낮아진다.

11 전이와 에너지

에너지 준위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 전이했으므로 전자가 에너지 준위의 차만큼 에너지를 방출한다.

$$\text{방출한 에너지} = |-3.40 \text{ eV} - (-0.85 \text{ eV})| = 2.55 \text{ eV}$$

12 고체의 에너지띠

ㄴ. 원자의 수가 매우 많으면 각 원자의 에너지 준위들이 미세한 차이로 분포해 띠를 이룬다.

바로알기 ㄱ. 에너지띠와 에너지띠 사이의 띠틈에는 전자가 존재하지 않는다.

ㄷ. 에너지띠를 보면 원자핵에서 멀어질수록 전자의 에너지 준위가 증가하므로 에너지 값도 커진다.

13 고체의 종류에 따른 에너지띠 구조

ㄱ. (가)는 띠틈이 매우 넓어서 전자가 전도띠로 올라갈 수 없기 때문에 전류가 거의 흐르지 않는 절연체이다.

ㄴ. 약간의 에너지만 흡수해도 전자가 쉽게 전도띠로 이동하여 자유롭게 움직이는 것은 도체인 (나)이다.

ㄷ. (다)는 절연체에 비해 띠틈이 좁아서 전자가 일정량의 에너지를 흡수하면 전도띠로 이동하여 전류가 흐르는 반도체이다.

14 p형 반도체

ㄷ. 원자가 전자가 4개인 실리콘(Si)에 원자가 전자가 3개인 알루미늄(Al)을 첨가하면 알루미늄 원자는 실리콘 원자에 비해 전자 1개가 부족하다. 따라서 전자 1개가 공유 결합을 하지 못해 양공이 생성되어 전기 전도도가 증가한다.

바로알기 ㄱ. 실리콘과 원자가 전자가 3개인 알루미늄이 공유 결합하여 양공이 생성되므로 이 불순물 반도체는 p형 반도체이다.

ㄴ. p형 반도체의 전하 나르개는 양공이다.

15 p-n 접합 다이오드

ㄱ. 스위치를 a에 연결하면 역방향 전압이 연결되면서 p-n 접합 다이오드의 p형 반도체에 있는 양공과 n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면에서 멀어진다.

ㄴ. 스위치를 b에 연결하면 다이오드에 순방향 전압이 걸리면서 양공과 전자는 p-n 접합면을 이동하여 지나간다.

바로알기 ㄷ. 다이오드에 전류가 흐르도록 스위치를 연결하였을 때, n형 반도체에서는 주로 양공이 아니라 전자가 전류를 흐르게 한다.

16 p-n-p형 트랜지스터

ㄴ. 순방향 전압인 V_1 을 조절하면 컬렉터에 흐르는 전류의 세기를 조절할 수 있다.

ㄷ. 트랜지스터는 미세한 전기적 변화를 커다란 전기 신호로 바꾸는 증폭 작용과 이미터와 베이스 사이의 전압을 조절하여 정해진 조건에서만 컬렉터에 전류를 흐르게 하는 스위치 작용을 한다.

바로알기 ㄱ. 트랜지스터는 이미터, 베이스, 컬렉터의 3단자로 이루어져 있다.

17 신소재

[보기 2]의 A는 n형 반도체, B는 액정, C의 신소재는 초전도체이다.

반도체는 온도가 올라갈수록 저항이 작아지므로 온도에 따른 저항 그래프가 (다)와 같다.

초전도체는 임계 온도 이하에서 저항이 0이 되므로 온도에 따른 저항 그래프가 (나)와 같다.

수능 유형 분석하기

본책 100쪽

1 ① 2 ③

1 에너지의 양자화와 스펙트럼

ㄱ. 광자 한 개의 에너지는 $E=hf$ 이다. 빛의 진동수는 파장에 반비례하므로 광자 한 개의 에너지는 파장이 짧은 a가 b보다 크다.

바로알기 ㄴ. 전이하는 에너지 준위의 차가 클수록 방출되는 빛의 에너지가 크므로 진동수가 크다. 따라서 a는 ㉔에 의해 나타나는 스펙트럼선이다.

ㄷ. b는 ㉓에 의해 나타나는 스펙트럼선이고, c는 ㉑에 의해 나타나는 스펙트럼선이다. 따라서 b와 c의 진동수 차는 $n=4$ 에서 $n=3$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수와 같다.

2 p-n 접합 다이오드

ㄱ. p-n 접합 발광 다이오드에 순방향 전압이 걸려야 빛이 방출되므로 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.

ㄴ. 전류가 흐를 때 p-n 접합 발광 다이오드의 내부에서는 n형 반도체의 전도띠의 전자가 접합면 쪽으로 가며, p형 반도체의 원자가띠에 있는 양공 역시 접합면 쪽을 향한다.

바로알기 ㄷ. 띠틈의 간격이 넓을수록 에너지 차가 크므로 방출되는 전자기파의 에너지가 커진다. 따라서 파장이 더 짧은 빛이 나온다.

수능 실력 굳히기

본책 101~103쪽

1 ① 2 ⑤ 3 ② 4 ① 5 ③ 6 ③ 7 ⑤ 8 ③
9 ③ 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ④

1 에너지의 양자화

ㄱ. 선스펙트럼이 방출된 것으로 보아 수소 원자의 전자가 불연속적인 에너지 준위를 갖고 있음을 알 수 있다.

바로알기 ㄴ. 전자는 에너지를 방출해서 빛을 내므로 에너지 준위가 낮아진다.

ㄷ. 에너지는 파장에 반비례하므로 파장이 가장 짧은 a의 에너지가 가장 크다.

2 에너지의 양자화

ㄱ. 보어의 수소 원자 모형에서 진동수 f_b 인 빛을 방출하여 $n=4$ 에서 $n=3$ 인 상태로 전이하였으므로 진동수 f_b 인 빛을 흡수하면 $n=3$ 에서 $n=4$ 인 상태로 전이한다.

ㄴ. 방출되는 에너지는 $E=hf$ 이므로 에너지 준위 차를 방출되는 빛의 진동수로 나누면 플랑크 상수 h 를 얻게 된다. 따라서 $\frac{E_4-E_2}{f_a}=\frac{E_4-E_3}{f_b}=h$ 이다.

ㄷ. $n=4$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전자가 전이할 때 에너지는 $E_4-E_2=(E_4-E_3)+(E_3-E_2)=hf_a=h(f_b+f_x)$ 인 빛을 방출한다. 따라서 $n=3$ 인 상태에서 전자가 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 $f_x=f_a-f_b$ 인 빛을 방출한다.

3 고체의 에너지띠 구조

ㄴ. 전도띠의 에너지 준위는 원자가띠의 에너지 준위보다 높으므로, 원자가띠의 전자가 전도띠로 이동하려면 에너지를 흡수해야 한다.

바로알기 ㄱ. 파울리 배타 원리에 의해 원자가띠에 있는 전자는 같은 에너지 준위에 두 개 이상 있을 수 없다. 따라서 원자가띠는 전자의 에너지 준위의 간격이 매우 좁아 띠처럼 보이는 것이지, 전자의 에너지 준위가 모두 같은 것은 아니다.

ㄷ. 다이아몬드 띠틈의 에너지 간격은 5.33 eV이고, 실리콘 띠틈의 에너지 간격은 1.14 eV이므로 실리콘의 원자가띠에 있는 전자가 다이아몬드의 원자가띠에 있는 전자보다 전도띠로 이동할 때 필요한 에너지가 더 작다. 따라서 전기 전도성은 실리콘이 다이아몬드보다 좋다.

4 고체의 에너지띠와 온도에 따른 비저항

ㄱ. (나)는 원자가띠와 전도띠가 겹쳐져 있어 전자가 자유롭게 움직일 수 있으므로 도체의 에너지띠를 나타낸다. 도체는 전류가 잘 흐르므로 비저항이 작다. 또한 온도가 올라갈수록 원자와 자유 전자의 충돌 횟수가 증가하므로 비저항이 커진다. 따라서 (가)에서 도체에 해당하는 것은 A이다.

바로알기 ㄴ. 외부 전기장에 의해 유전 분극 현상이 일어나는 것은 절연체이다. (가)에서 절연체는 비저항이 가장 큰 C이다.

ㄷ. 실리콘(Si), 저마늄(Ge)은 반도체(B)이다.

5 p-n 접합 다이오드

ㄱ. (나)에서 전자 1개가 공유 결합을 하지 못하고 남았으므로 B는 n형 반도체이다. (가)에서 A와 B를 접합하여 만든 것이 p-n 접합 다이오드이므로 A는 p형 반도체이다. 따라서 A에서는 공유 결합할 때 양공이 있어야 하므로 a는 원자가 전자가 4개보다 한 개 적다.

ㄴ. p형 반도체인 A에 전원 장치의 (+)극, n형 반도체인 B에 전원 장치의 (-)극이 연결되었으므로 순방향 전압이 걸려 있다.

바로알기 ㄷ. 순방향 전압이 걸렸으므로 p형 반도체인 A의 내부에서 양공은 접합면으로 이동하여 B에 양공을 공급한다.

6 p-n 접합 다이오드

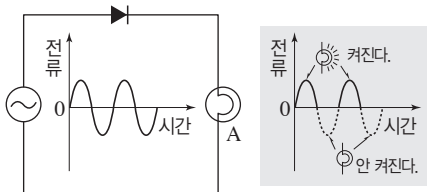
ㄱ. 점 c에 흐르는 전류의 세기가 스위치 S를 a에 연결했을 때가 b에 연결했을 때보다 큰 것은 S를 a에 연결했을 때에는 R₁과 R₂에 모두 전류가 흐르고, S를 b에 연결했을 때는 R₂에만 전류가 흐르기 때문이다. 따라서 S를 a에 연결하였을 때 다이오드에 순방향 전압이 걸린 것이므로 X는 p형 반도체, Y는 n형 반도체이다.

ㄴ. S를 a에 연결하였을 때, 다이오드에 순방향 전압이 걸렸으므로 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

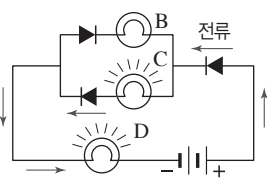
바로알기 ㄷ. S를 b에 연결하면 다이오드에 역방향 전압이 걸리므로 R₁에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 R₂에 흐르는 전류가 R₁에 흐르는 전류보다 세다.

7 p-n 접합 다이오드 회로

전구 A가 연결된 회로에는 다이오드에 순방향 전압이 걸릴 때만 회로에 전류가 흘러 A에 불이 켜진다.



전구 B, C, D가 연결된 회로에서는 다이오드에 직류 전원의 전압이 순방향으로 걸릴 때에만 전구에 불이 켜지므로 C, D에는 불이 켜진다. B에는 역방향 전압이 걸리므로 불이 켜지지 않는다.



8 p-n 접합 다이오드

ㄱ. 다이오드에서 빛이 방출되었고 p형 반도체 쪽은 (+)극이, n형 반도체 쪽은 (-)극이 연결되었으므로 순방향 전압이 걸려 있다.

ㄴ. p형 반도체의 주요 전하 나르개의 에너지 준위는 원자가띠에 분포하며, n형 반도체의 에너지 준위는 전도띠에 분포한다. 따라서 A는 p형 반도체, B는 n형 반도체이다.

바로알기 ㄷ. n형 반도체의 전자는 p형 반도체의 양공과 결합하면서 빛에너지를 방출한다. 이때 에너지 차가 작을수록 파장이

길고 진동수가 작은 빛을 방출한다($E=hf=\frac{hc}{\lambda}$). 따라서 락틈이 작아지면 파장이 더 긴 빛을 방출한다.

9 p-n 접합 발광 다이오드와 전자기 유도

ㄱ. S극을 코일에 가까이 하면 전자기 유도에 의해 코일은 자석을 밀어내려고 하므로 코일의 위쪽이 S극으로 유도되는 방향으로 전류가 흐른다. 이때 다이오드에 흐르는 전류의 방향은 B → A이고, 이때 빛이 방출되었다. 따라서 순방향 전압이 걸렸으므로 A는 n형 반도체, B는 p형 반도체이다.

ㄴ. B는 p형 반도체로, 양공이 주요 전하 나르개이므로 원자가 전자가 3개인 원자로 도핑되어 있다.

바로알기 ㄷ. 막대자석 중심이 Q를 지날 때에는 코일의 아랫부분이 자석의 S극으로 유도되므로 자석이 P를 지날 때와 유도 전류가 반대 방향으로 흐른다. 따라서 다이오드에 역방향 전류가 흐르므로 발광 다이오드에서 빛이 방출되지 않는다.

10 초전도체의 원리와 이용

ㄱ. ㄴ. 물체 A는 온도 T₁에서 저항이 0이다. 따라서 물체 A의 온도가 T₁일 때가 T₂일 때보다 더 센 전류가 흐르므로 전구의 밝기도 더 밝다.

ㄷ. 물체 A는 특정 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 초전도체이다. 초전도체는 자기 부상 열차, 핵융합로 등에 이용된다.

11 유전체의 원리와 이용

물체 A는 유전체이다.

ㄱ. 스위치를 닫으면 축전기의 두 극판 사이에서 작용하는 전기장에 의해 물체 A에 유전 분극이 일어난다.

ㄴ. 물체 A를 넣으면 유전체와 극판 사이에서 작용하는 전기력에 의해 더 많은 전하를 저장할 수 있다.

ㄷ. 서미스터와 금속 산화물 배리스터는 유전체를 이용한다.

12 액정 디스플레이의 원리

ㄱ. 편광판 A와 B의 편광축은 서로 수직 상태이어야 외부에서 전압이 걸리지 않았을 때 빛이 편광판과 액정을 통과할 수 있다.

ㄷ. 액정은 고체와 액체의 중간 물질이다. 전압이 걸리지 않았을 때에는 꼬아진 형태를 유지하다가 전압이 걸리면 분자가 일정하게 배열된다.

바로알기 ㄴ. (가)에서는 편광판 A에 입사한 빛이 액정 분자의 뒤틀림을 따라 회전하면서 편광판 B를 통과하므로 외부에서 전압이 걸리지 않았을 때이다. (나)에서는 편광판 A에 입사한 빛이 일정하게 배열된 액정 분자에 의해 편광판 B를 통과하지 못하므로 외부에서 전압이 걸렸을 때이다.

III

정보와 통신

10 소리

수능 기본 다지기

본책 109~111쪽

S.T.E.P 1

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ 2 (1) 반사 (2) 굴절 (3) 회절 3 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢
4 2000 m/s 5 (가) ㄱ, (나) ㄷ 6 (1) 정상파 (2) ㉠ 배, ㉡ 마디 (3) 공명
7 (1) 1 : 2 (2) 2 : 1 (3) (가) 8 (1) ○ (2) × (3) ○ 9 ㉠ 소리, ㉡ 전기

S.T.E.P 2

- 10 ㉢ 11 ㉢ 12 ㉤ 13 ㉣ 14 ㉣ 15 ㉤ 16 ㉠ 17 ㉣

개념 확인 문제

S.T.E.P 1

- 1 (2) 소리의 속력은 일반적으로 고체 > 액체 > 기체 매질의 순으로 빠르다.

- 4 파동의 속력 = 진동수 × 파장

$$= (4 \times 10^6) \text{ Hz} \times (0.5 \times 10^{-3}) \text{ m} = 2000 \text{ m/s}$$

- 5 (가) 파동의 마루와 마루, 골과 골끼리 중첩하면 진폭이 커지는 보강 간섭이 발생한다.
 (나) 한 파동의 마루와 다른 파동의 골이 중첩하면 진폭이 작아지거나 0이 되는 상쇄 간섭이 발생한다.

- 7 (1) (가)의 파장 $\lambda_{(가)} = 2l$, (나)의 파장 $\lambda_{(나)} = 4l$
 $\therefore \lambda_{(가)} : \lambda_{(나)} = 2l : 4l = 1 : 2$
 (2) $v = f\lambda$ 이므로 $f_{(가)} : f_{(나)} = \frac{v}{\lambda_{(가)}} : \frac{v}{\lambda_{(나)}} = \frac{v}{2l} : \frac{v}{4l} = 2 : 1$ 이다.
 (3) 진동수가 클수록 높은 소리이다. 따라서 (가)에서 (나)에서보다 높은 소리가 난다.

- 8 (2) 미와 파는 반음 차이이므로, 진동수 비율은 $1 : \sqrt[12]{2}$ 이다.

수능 기본 문제

S.T.E.P 2

10 종파와 횡파

- ㄷ. 초음파는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란한 종파이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 나란한 종파이다.

ㄴ. (나)의 매질인 용수철은 위아래로 진동한다. 따라서 파동의 진행 방향인 오른쪽과 수직이다.

11 파동의 요소

- ㄱ. 파장은 마루와 이웃한 마루 사이의 거리이므로, 12 m이다.
 ㄷ. 파동이 한 번 진동하는 데 걸린 시간인 주기는 4초이다. 따라서 주기의 역수인 진동수는 $\frac{1}{4} = 0.25 \text{ (Hz)}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 진폭은 파동의 중심으로부터 마루 또는 골까지의 높이이다. 따라서 2 m의 절반인 1 m이다.

12 소리의 성질

(가) 철수와 영희의 대화 소리가 담장의 가장자리에서 회절되어 담장 너머에도 전달된다.

(나) 낮에는 상공의 기온이 지표면 부근의 기온보다 낮으므로 소리의 속력은 상공에서가 지표면 부근에서보다 느리다. 따라서 소리는 속력이 느린 상공 쪽으로 굴절한다.

(다) 음악당 내부 벽면은 무대에서 발생한 소리가 부딪힌 후 반사되어 모든 객석에 전달되도록, 단단한 재질을 이용한 곡면으로 만들어져 있다.

13 소리와 초음파

- ㄱ. 소리 및 초음파는 탄성파로, 매질의 진동을 통해 전달된다. 따라서 A, B는 공기 중에서 공기의 진동에 의해 전달된다.
 ㄷ. 소리 및 초음파의 속력은 고체 > 액체 > 기체 매질 순으로 빠르다. 따라서 B의 전파 속력은 물속에서가 공기 중에서보다 빠르다.

바로알기 ㄴ. 사람은 일반적으로 진동수가 20 Hz ~ 20 kHz 범위의 소리를 들을 수 있고, 이때의 진동수를 가청 진동수라고 한다. 초음파는 진동수가 가청 진동수보다 큰 영역의 소리로, 우리가 들을 수 없다. 따라서 진동수는 A가 B보다 작다.

14 소리의 성질과 파동의 중첩

철수 : 메아리는 소리가 이웃한 산에 부딪혀 되돌아오는 현상으로, 소리의 반사로 인해 발생한다.

민수 : 소리의 진폭이 클수록 큰 소리가 난다.

바로알기 영희 : 두 파동의 마루와 마루, 골과 골이 만나면 진폭이 커져 큰 소리가 나지만, 한 파동의 마루와 다른 파동의 골이 만나면 진폭이 작아져 작은 소리가 난다.

15 소리의 진폭, 진동수, 파장

ㄴ. 진동수는 주기의 역수이므로, 주기가 짧을수록 진동수가 큰 높은 소리이다. 한편 (가) ~ (다)에서 마루와 마루 사이의 시간 간격은 주기에 해당하므로, 마루와 마루 사이의 시간 간격이 가장 짧은 (다)가 가장 높은 소리이다.

ㄷ. $v = \frac{\lambda}{T}$ 에서 속력 v 가 같을 때 주기 T 가 길수록 파장 λ 도 길므로, 파장은 (가) > (다)이다. 한편 파장이 길수록 회절이 잘 일어나므로, 회절은 (가)가 (다)보다 잘 일어난다.

바로알기 ㄱ. 진폭이 클수록 큰 소리이다. 따라서 (나)가 (가)보다 큰 소리이다.

16 줄에서의 정상파

ㄴ. A와 B에서 줄의 장력이 같으므로 줄을 통해 진행하면서 정상파를 이루는 파동의 속력이 같고, (나)에서 파장은 A가 B의 2배이다. $v=f\lambda$ 에서 속력 v 가 같을 때 진동수 f 와 파장 λ 는 반비례하므로, 진동수는 B가 A의 2배이다.

바로알기 ㄱ. 정상파의 마디에서 다음 마디 사이의 거리는 반파장에 해당한다. 따라서 A에서 L은 반파장에 해당하므로 A의 파장은 $2L$ 이다.

ㄷ. 공기의 온도가 일정하므로, 공기를 통해 전달되는 소리의 속력도 같다.

17 마이크의 원리

ㄴ, ㄷ. 소리, 즉 공기의 진동이 마이크에 도달하면 떨림막을 진동시킨다. 이 진동에 의해 떨림막에 고정된 코일이 영구 자석 주위에서 운동하고, 이에 따라 코일을 통과하는 자기력선속이 변하면서 코일에서 유도 전류가 발생한다. 즉, 마이크에서는 공기의 진동이 전자기 유도에 의해 전기 신호로 변환된다.

바로알기 ㄱ. 마이크는 전자기 유도를 이용하여 소리를 전기 신호로 변환하는 장치이다. 자기장 속에서 전류가 흐르는 코일이 받는 힘을 이용하는 장치는 스피커로, 전기 신호를 소리로 변환한다.

수능 유형 분석하기

본책 112쪽

1 ⑤ 2 ⑤

1 소리의 크기와 높낮이

ㄱ. 진폭이 클수록 소리의 크기가 크다. 따라서 B가 A보다 큰 소리이다.

ㄷ. 파동의 속력 $v=f\lambda$ 이다. A~C의 속력은 같고 진동수는 $A < C$ 이므로, 파장은 $A > C$ 이다. 한편 파장이 길수록 회절이 잘 일어나므로, 회절은 A가 C보다 잘 일어난다.

바로알기 ㄴ. 그래프에서 같은 모양이 한 번 반복되는 데 걸린 시간은 주기를 의미하고, 진동수는 주기의 역수이므로, A와 B의 진동수는 $\frac{1}{2\text{ms}}=500\text{ Hz}$, C의 진동수는 $\frac{1}{1\text{ms}}=1000\text{ Hz}$ 이다. 한편 진동수가 클수록 높은 소리이므로, C가 B보다 높은 소리이다.

2 스피커와 마이크

ㄴ. (가)에서 전기 신호, 즉 코일에 흐르는 전류에 의해 코일 주위에 자기장이 형성되고, 이 자기장이 영구 자석의 자기장과 상호 작용하여 진동판이 진동하게 된다.

ㄷ. 소리가 진동판에 도달하면, 공기의 진동이 진동판을 진동시킨다. 이에 따라 진동판에 부착된 코일이 영구 자석 주위에서 진동하게 되고, 이는 코일을 통과하는 자기력선속이 변하게 한다. 따라서 코일에는 유도 전류, 즉 전기 신호가 발생한다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 소리가 전기 신호로 변환되는 과정은 전자기 유도 법칙으로 설명할 수 있다. 한편 (가)에서 전기 신호가 소리로 변환되는 과정은 자기장 속에서 전류가 받는 힘에 의한 것이다.

수능 실력 굳히기

본책 113~115쪽

1 ① 2 ③ 3 ⑤ 4 ③ 5 ② 6 ④ 7 ④ 8 ①
9 ④ 10 ① 11 ① 12 ①

1 파동 그래프

ㄱ. 진폭은 진동 중심에서 마루까지의 높이이므로 2 m이다.

바로알기 ㄴ. 파동이 $\frac{1}{4}$ 파장 진행하는 데 3초가 걸렸으므로, 1 파장 진행하는 데 걸린 시간인 주기는 12초이다. 또한 1.5파장의 거리가 12 m이므로 파장은 8 m이다.

따라서 파동의 속력 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{8\text{ m}}{12\text{ s}}=\frac{2}{3}\text{ m/s}$ 이다.

ㄷ. 파동이 진행할 때 매질은 제자리에서 진동만 한다. 따라서 A에 있던 매질은 3초 후 $y=0$ 인 위치에 있다.

2 종파와 횡파

ㄷ. 소리는 종파로, (나)와 같이 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 종이 조각은 파동의 진행 방향과 수직 방향으로 진동한다.

ㄴ. 용수철을 1초에 4번씩 흔들었으므로, 진동수는 4 Hz이다.

3 초음파의 물리량

초음파가 A까지 왕복한 거리 $=255\text{ m} \times 2=510\text{ m}$ 이고, B까지 왕복한 거리 $=(340\text{ m}-255\text{ m}) \times 2=170\text{ m}$ 이다. 따라서 $\frac{510\text{ m}}{v}-\frac{170\text{ m}}{v}=1\text{ s}$ 에서 $v=340\text{ m/s}$ 이다.

따라서 파장 $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{340\text{ m/s}}{1.7 \times 10^5\text{ Hz}}=0.2 \times 10^{-2}\text{ m}$ 이다.

4 소리의 전달

ㄱ, ㄴ. 소리는 매질이 있어야 전달되는 파동으로, 공기는 소리의 매질 중 하나이다.

바로알기 ㄷ. 공기가 없는 진공 중에서는 소리가 전달되지 않아 소리가 들리지 않는 것이지만, 북 자체는 진동을 한다.

5 시간에 따른 파동 그래프

ㄷ. 파동의 속력 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1.6 \text{ m}}{0.004 \text{ s}} = 400 \text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㄱ. A는 밀한 곳에서 다음 밀한 곳 사이의 거리로, 파장이다.

ㄴ. 주기는 파동이 한 번 진동하는 데 걸린 시간이므로 주기는 $2B(=4 \text{ ms}=0.004 \text{ s})$ 이다.

6 귀의 구조와 소리의 인식

ㄱ. 외이도를 통해 들어온 소리에 의한 공기의 진동이 고막을 진동시킨다.

ㄷ. 소리의 음이 높을수록 진동수가 크다. 따라서 소리의 음이 높을수록 1초 동안 고막이 진동하는 횟수도 많아진다.

바로알기 ㄴ. 고막의 진동은 귀의 여러 기관을 통해 전기 신호로 바뀌고, 뇌는 이 전기 신호를 인식한다.

7 줄에서의 정상파와 소리

ㄱ. 마디에서 다음 마디까지의 거리는 반파장이므로, A의 파장은 $2L$, B의 파장은 L 이다. 따라서 정상파의 파장은 A가 B의 2배이다.

ㄷ. C의 파장은 $2L$ 이고, B와 C에서 파동의 속력은 v_2 로 같으므로 $f_0 L = f_c \times 2L$ 에서 C의 진동수 $f_c = \frac{1}{2} f_0$ 이다. 따라서 A의 진동수는 C의 4배이므로, A는 C보다 두 옥타브 높은 음을 발생시킨다.

바로알기 ㄴ. A에서 $v_1 = 2f_0 \times 2L = 4f_0 L$ 이고, B에서 $v_2 = f_0 L$ 이므로 $v_1 = 4v_2$ 이다.

8 양 끝이 열린 관에서의 정상파

ㄱ. A의 길이는 L 이므로, 정상파의 배에서 다음 배까지의 거리가 L 이다. 따라서 정상파의 파장은 $2L$ 이다.

바로알기 ㄴ. $\lambda_A = 2L$, $\lambda_B = L$ 이고, 각 파이프 내부에서 소리의 속력은 같으므로, $f_A : f_B = \frac{v}{\lambda_A} : \frac{v}{\lambda_B} = \frac{1}{2L} : \frac{1}{L} = 1 : 2$ 이다.

ㄷ. A와 B에서 나는 소리의 진동수 비가 $1 : 2$ 이므로, 두 음은 한 옥타브 차이가 난다. 따라서 A에서 '도' 음이 난다면, B에서는 한 옥타브 높은 '레' 음이 난다.

9 개관과 폐관에서의 정상파

ㄴ. A와 B에서 공기의 온도가 같으므로 소리의 속력도 같다. 따라서 진동수 $f = \frac{v}{\lambda}$ 에서 $f_A : f_B = \frac{v}{2L} : \frac{v}{4L} = 2 : 1$ 로, A의 경우가 B의 경우보다 높은 소리가 난다.

ㄷ. A와 B의 진동수 비가 $2 : 1$ 이므로 A와 B의 음정은 한 옥타브 차이가 난다.

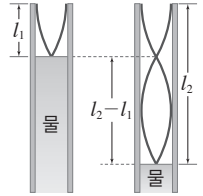
바로알기 ㄱ. 관의 길이를 L 이라 하면, A의 파장은 $2L$, B의 파장은 $4L$ 이다.

10 기주 공명 실험 장치

ㄱ. 유리관 내부에 정상파가 형성되면 진폭이 증가하여 소리가 크게 들린다.

바로알기 ㄴ. 파원인 소리굽쇠의 진동수는 일정하므로, 유리관 속의 물의 높이가 달라져도 진동수는 일정하다.

ㄷ. l_1 과 l_2 일 때 유리관 내부 정상파의 모습은 오른쪽 그림과 같다. 따라서 $l_2 - l_1$ 은 마디와 다음 마디 사이의 거리인 반파장에 해당한다.



11 소리의 크기, 높낮이, 맵시

ㄴ. 파동의 진폭이 클수록 큰 소리이다. (가)보다 (다)의 진폭이 크므로 (가)보다 (다)가 큰 소리이다.

바로알기 ㄱ. 파동의 진동수가 클수록 높은 소리이다. 진동수는 주기가 가장 짧은 (나)가 가장 크므로 (나)가 가장 높은 소리이다.

ㄷ. 파동의 파형이 다르면 서로 다른 소리이다. (나)와 (다)의 파형은 다르므로 (나)와 (다)는 다른 악기에서 나는 소리이다.

12 마이크의 원리와 소리의 높낮이

ㄱ. 마이크에서는 소리, 즉 공기의 진동이 진동판을 진동시키면 코일이 자석 주위에서 진동하게 된다. 이에 따라 코일을 통과하는 자기력선속이 변하면서 전기 신호가 유도된다. 따라서 마이크에서 소리가 전기 신호로 변환되는 과정은 패러데이 전자기 유도 법칙으로 설명할 수 있다.

바로알기 ㄴ. 그래프에서 같은 모양이 1번 반복되는 데 걸린 시간은 주기를 의미하므로, 주기는 $A > B$ 이다. 한편 진동수는 주기의 역수이므로, 진동수는 $A < B$ 이다. 따라서 A에서 B에 서보다 낮은 소리가 발생한다.

ㄷ. A의 주기는 T 이고, B의 주기는 $\frac{1}{2}T$ 보다 크다. 두 음이 한 옥타브 관계이기 위해서는 두 음의 진동수 비가 $1 : 2$, 즉 주기 비가 $2 : 1$ 이 되어야 하므로, A와 B에서 발생한 소리의 음정은 한 옥타브가 아니다.

11 빛

수능 기본 다지기

본책 118~119쪽

S.T.E.P ①

1 (1) ㄷ (2) ㄱ (3) ㄹ (4) ㄴ 2 (1) × (2) ○ (3) × 3 ㉠ 광합성, ㉡ 광전 4 (1) 노란색 (2) 자홍색 (3) 흰색 5 (1) 막대 (2) 원뿔

S.T.E.P ②

6 ㉢ 7 ㉤ 8 ㉥ 9 ㉢ 10 ㉢ 11 ㉤

개념 확인 문제

S.T.E.P

1

2 (1) 광전자의 운동 에너지는 빛의 세기와는 관계가 없고, 빛의 진동수가 클수록 크다.

(3) 광전 효과는 빛이 파동성뿐만 아니라 입자성도 가지고 있다는 것을 증명하는 현상이다.

수능 기본 문제

S·T·E·P

2

6 빛의 진동수와 광전 효과

ㄷ. 금속판의 문턱 진동수인 f_0 보다 진동수가 큰 빛을 금속판에 비추면 표면에서 광전자가 방출되는 광전 효과가 일어난다.

바로알기 ㄱ, ㄴ. 진동수가 f 인 빛은 금속판의 문턱 진동수보다 진동수가 작은 빛이므로 그 빛의 세기와 빛을 비추는 시간에 관계없이 금속판에서는 광전자가 방출되지 않는다.

7 광전 효과의 해석

광전 효과는 금속에 진동수가 문턱 진동수보다 큰 빛을 쏘여줄 때 금속 표면에서 광전자가 방출되는 현상이다. 이는 빛이 입자의 성질을 갖는다는 ‘입자성’의 증거가 된다. 아인슈타인은 이 현상을 ‘빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 입자인 광자들의 흐름이다.’라는 광양자설을 도입하여 설명하였다.

8 광합성과 광전 효과

ㄱ. 태양으로부터 온 빛과 물, 이산화 탄소가 반응하여 포도당과 산소를 생성하는 과정을 광합성이라고 한다.

ㄴ, ㄷ. 식물의 잎은 광합성 과정에서 빛으로부터 에너지를 얻은 전자의 이동으로 에너지를 생성한다. 따라서 광합성은 광전 효과와 유사한 과정이다.

9 원뿔 세포와 막대 세포

ㄱ. 원뿔 모양인 A는 원뿔 세포이다. 원뿔 세포는 색을 구별하는 세포이다.

ㄴ. 막대 모양인 B는 막대 세포이다. 막대 세포는 명암을 구별하는 세포이다.

바로알기 ㄷ. 원뿔 세포에는 빨강, 파랑, 초록을 감지하는 세 가지 종류가 있다.

10 빛의 3원색

ㄱ. A 영역에서는 빨간색 빛과 초록색 빛이 모두 반사되어 우리 눈에 들어온다. 따라서 우리 눈에서는 A 영역을 빨간색 빛과 초록색 빛이 합성된 노란색으로 인식한다.

ㄴ. B 영역에서는 빨간색, 초록색, 파란색 빛이 모두 반사되어 우리 눈에 들어온다. 따라서 세 종류(R, G, B)의 원뿔 세포가 모두 반응한다.

바로알기 ㄷ. C 영역에 비춘 빛과 초록색 빛이 합성된 부분이 청록색으로 보이므로, C 영역에는 파란색 빛을 비춘 것이다. 파란색 빛의 파장은 빨간색 빛의 파장보다 짧다.

11 영상 장치의 원리

ㄱ. 영상 장치의 기본 단위를 화소라고 한다. 화소는 하나의 빨강, 파랑, 초록의 색 묶음으로 구성되어 있다.

ㄴ. A의 색이 모두 꺼지면, 모니터의 화면은 초록색 빛과 파란색 빛이 합쳐진 청록색으로 보인다.

ㄷ. 빨강, 파랑, 초록의 세 가지 빛의 상대적인 밝기를 조절하면 다양한 색을 표현할 수 있다.

수능 유형 분석하기

본책 120쪽

1 ④ 2 ④

1 광전 효과와 빛의 세기 및 진동수의 관계

(가) : 단색광 A를 비추었을 때 광전자가 방출되므로, A의 진동수는 문턱 진동수보다 크다. 따라서 단색광 A의 세기가 약해져도 광전자가 방출되지만, 방출되는 광전자의 개수는 감소한다.

(나) : 빛의 속력을 c 라 하면, $c=f\lambda$ 에서 파장이 짧아지면 진동수가 커진다. 한편 광자의 에너지는 빛의 진동수에 비례하므로, 빛의 파장이 짧을수록 광자의 에너지가 크다.

금속에 비춘 빛의 에너지 중 일부는 전자를 금속에서 떼어내는 일로 전환되고, 나머지는 광전자의 운동 에너지로 전환된다. 따라서 파장이 짧은 빛 B는 A보다 에너지가 커서, B를 비출 때 방출된 광전자가 가지는 최대 운동 에너지는 A의 경우보다 크다.

2 빛의 3원색과 파장에 따른 원뿔 세포의 반응 정도

ㄱ. c 를 꺼도 바나나에서는 초록색과 빨간색 빛이 반사되므로 노란색으로 보인다. 따라서 c 의 빛은 파란색이다. 또한 파장은 a 가 b 보다 길므로, a 는 빨간색 빛, b 는 초록색 빛이다.

ㄷ. 바나나에 초록색인 b 의 빛만 비추면 초록색 빛만 반사되므로, 바나나는 초록색으로 보인다.

바로알기 ㄴ. 빛의 3원색의 파장을 비교하면 빨간색 > 초록색 > 파란색이다. 따라서 빨간색인 a 의 빛에 반응하는 정도가 가장 큰 세포는 파장이 가장 긴 영역에서 세게 반응하는 S_3 이다.

수능 실력 굳히기

본책 121~123쪽

1 ② 2 ⑤ 3 ⑤ 4 ① 5 ② 6 ③ 7 ⑤ 8 ④
9 ④ 10 ⑤ 11 ② 12 ④

1 광전 효과와 광양자설

ㄷ. 전자가 금속으로부터 방출되기 위해서는 빛의 진동수가 문턱 진동수보다 커야 한다. 광자의 에너지 $E=hf$ 이므로, 문턱 진동수를 f_0 이라 하면 광자의 에너지가 hf_0 보다 커야 전자가 금속으로부터 방출된다. 즉, 전자가 금속으로부터 방출되기 위해서는 hf_0 이상의 에너지가 필요하다.

바로알기 ㄱ. 광전 효과는 빛이 입자의 흐름이라는 입자성을 증명하는 현상이다.

ㄴ. 빛의 속력을 c 라 하면, $c=f\lambda$ 에서 빛의 파장과 진동수는 반비례한다. 또한 광자의 에너지는 진동수에 비례하므로, 광자의 에너지는 파장에 반비례한다. 한편 파장은 빨간색 빛 > 파란색 빛이므로 광자의 에너지는 빨간색 빛 < 파란색 빛이다.

2 검전기를 이용하여 관측한 광전 효과

철수 : 네온등에서 나오는 빛은 아연판의 문턱 진동수보다 작아서 광전 효과가 일어나지 않는다. 한편 자외선등에서 나오는 빛은 아연판의 문턱 진동수보다 커서 광전 효과가 일어난다. 즉, 네온등 대신 자외선등을 사용하는 (다) 과정은 빛의 진동수를 바꾸는 과정이다.

영희 : 아연판에서 광전자가 방출되면, 금속박에 있는 전자가 아연판으로 이동한다. 이때 금속박에 있는 전자의 양이 줄어들면서 금속박 사이에 작용하는 척력이 감소하여 금속박이 오르라든다.

민수 : 단위 시간당 아연판으로부터 방출되는 광전자의 수가 많아지면 금속박에 있는 전자들이 아연판으로 더 빨리 이동한다. 따라서 금속박 사이에 작용하는 척력도 더 빠르게 감소하여 금속박이 더 빨리 오르라든다.

3 광양자설

ㄱ. 광양자설에 의하면 빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 광자라고 하는 입자들의 흐름이다. 따라서 빛에너지는 빛의 진동수에 비례한다.

ㄴ. (가)에서 광전자가 튀어나오기 위해서는 빛에너지가 금속에서 전자를 떼어내는 데 필요한 에너지인 A보다 커야 한다.

ㄷ. 빛의 진동수가 클수록 빛에너지가 크므로, 전자를 금속에서 떼어내고 남은 에너지인 B도 크다. 이때 B는 광전자의 운동 에너지로 전환되므로, (가)에서 빛의 진동수가 클수록 B의 값이 크다.

4 광전 효과 실험

ㄱ. 빨강 빛을 비추었을 때 전류가 흐르지 않으므로, 빨강 빛을 비추었을 때 금속판에서 광전자가 방출되지 않은 것이다. 따라서 빨강 빛의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작다.

바로알기 ㄴ. 진동수가 문턱 진동수보다 작은 빛의 경우, 그 세기가 아무리 세더라도 금속판에서 광전자가 방출되지 않는다. 따라서 (가)에 들어갈 값은 0이다.

ㄷ. 파랑 빛을 비출 때, 빛의 세기가 셀수록 단위 시간당 방출되는 광전자의 개수가 증가하므로 회로에 흐르는 전류의 세기도 증가한다.

5 광전자가 가질 수 있는 최대 운동 에너지

ㄷ. 광자의 에너지 hf 중 광전자를 방출시키는 데 필요한 에너지 hf_0 를 제외한 $hf - hf_0$ 만큼의 에너지가 광전자의 운동 에너지로 전환될 수 있다. 따라서 광전자가 가질 수 있는 최대 운동 에너지는 $hf - hf_0$ 이다.

바로알기 ㄱ. 광양자설에 의해 진동수가 f 인 빛의 에너지는 hf 이다.

ㄴ. 광전자를 방출시키기 위해서는 빛의 진동수가 문턱 진동수 f_0 이상이 되어야 한다. 따라서 광전자를 방출시키는 데 필요한 최소한의 에너지는 hf_0 이다.

6 영사기에 이용되는 광전 효과

ㄱ. 영사기에서 보낸 빛이 광전관에 도달했을 때 광전 효과가 일어나야 스피커에 전류가 흘러 소리가 들리게 된다. 따라서 영

사기에서 보낸 빛의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 커야 한다.

ㄴ. 영사기에서 나온 빛이 사운드 트랙의 밝고 어두운 무늬를 통과하면서 밝기, 즉 세기에 변화가 생긴다.

바로알기 ㄷ. 사운드 트랙의 무늬에 의해 금속판에 도달하는 빛의 세기가 달라지면, 금속판에서 방출되는 광전자의 수가 달라지게 된다. 따라서 스피커로 흘러 들어가는 전류의 세기가 달라지면서 여러 가지 소리가 재생된다.

7 원뿔 세포와 막대 세포

철수 : 원뿔 모양의 시각 세포인 A는 원뿔 세포이다. 원뿔 세포는 빛의 파장(색)에 따라 반응하는 정도를 통해 R 원뿔 세포, G 원뿔 세포, B 원뿔 세포의 세 종류로 구분할 수 있다.

영희 : 원뿔 세포는 주로 강한 빛에서 색과 명암 등을 구분하는 역할을 한다.

민수 : 막대 모양의 시각 세포인 B는 주로 약한 빛에서 명암 및 형태를 구분하는 역할을 하는 막대 세포이다. 따라서 막대 세포에 이상이 있으면 어두운 곳에서 잘 볼 수 없는 증상인 야맹증이 나타난다.

8 빛의 3원색과 광다이오드

ㄱ. 띠름이 E_g 인 반도체의 경우, 원자가띠의 전자에 E_g 이상의 에너지를 가진 빛을 비추면 전자가 에너지를 얻어 전도띠로 전이하여 전류가 흐르게 된다.

한편 (가)에서 파장이 λ_0 보다 짧은 빛을 비출 경우 광다이오드에 전류가 흐른다. 따라서 파장이 λ_0 인 광자 1개의 에너지는 E_g 이고, 파장이 λ_0 보다 긴 광자 1개의 에너지는 E_g 보다 작다.

ㄴ. 파랑 LED에 흐르는 전류를 증가시키면 방출되는 파랑 빛의 세기도 증가한다. 한편 문제에 주어진 파랑 빛의 파장은 480 nm로, λ_0 보다 짧다. 따라서 파랑 빛을 비출 경우 광전 효과가 일어나고, 이때 빛의 세기가 증가하면 방출되는 전자의 수가 증가하여 전류도 증가한다.

바로알기 ㄷ. 노랑 빛은 빨강 빛과 초록 빛이 합성된 빛이다. 이때 빨강 빛의 파장은 λ_0 보다 길어서 전류를 흐르게 하지 못하지만, 초록 빛의 파장은 λ_0 보다 짧아서 전류를 흐르게 한다.

9 빛의 3원색의 인식

ㄴ, ㄷ. 빛의 3원색 중 초록색 빛과 빨간색 빛이 합성되면 노란색 빛이 되므로, (나)에서 두 빛은 빨간색 빛과 초록색 빛이다. 따라서 (나)에서 S_2 와 S_3 이 모두 반응한다. 한편 우리 눈에서는 (가)와 (나)의 노란색 빛의 차이를 구분하지 못하므로, (가)에서도 S_2 와 S_3 이 모두 반응한다.

바로알기 ㄱ. (다)에서 S_1 은 빛의 3원색 중 파장이 가장 짧은 영역의 빛, 즉 파란색 빛에 가장 크게 반응하고, S_3 은 파장이 가장 긴 영역의 빛, 즉 빨간색 빛에 가장 크게 반응한다. 따라서 S_1 은 B 원뿔 세포, S_2 는 G 원뿔 세포, S_3 은 R 원뿔 세포이다.

10 빛의 3원색과 색의 구현

ㄴ. P는 빨강과 초록 빛의 합성색이므로, P의 빛이 눈에 들어오면 R 원뿔 세포와 G 원뿔 세포가 모두 반응한다.

ㄷ. (나)에서는 빨강 빛이 초록 빛보다 더 세게 합성되므로, 주황색이 구현된다.

바로알기 ㄱ. 자홍은 빨강과 파랑, 청록은 초록과 파랑 빛의 합성색이다. 따라서 자홍과 청록에 공통으로 포함된 ㉠은 파랑이고, 이에 따라 ㉡은 빨강, ㉢은 초록이다.

11 화소의 원리

ㄷ. A와 C가 켜진 화면을 보면 B에 가장 크게 반응하는 세포인 R 원뿔 세포가 가장 작게 반응한다.

바로알기 ㄱ. 화소에서 노란색을 표현할 때 C만 켜므로, C는 파란색이다.

ㄴ. 화소에서 자홍색을 표현할 때 A만 켜므로, A는 초록색이다. 따라서 B는 빨간색이다. 빛의 파장은 빨간색(B)이 초록색(A)보다 길다.

12 광전 효과와 빛의 3원색

ㄱ. X와 Y를 비출 때는 광전 효과가 일어나고, Y와 Z를 비출 때는 광전 효과가 일어나지 않으므로, Y와 Z는 진동수가 문턱 진동수보다 작고, X는 진동수가 문턱 진동수보다 크다. 따라서 금속판에 X만 비추면 광전자가 방출된다.

ㄷ. Y는 Z보다 파장이 길므로, 진동수는 Y가 Z보다 작다. 따라서 진동수는 $X > Z > Y$ 이고, 이에 따라 X는 파랑, Z는 초록, Y는 빨강이다. 따라서 Y와 Z를 합성하면 노랑 빛을 만들 수 있다.

바로알기 ㄴ. B 원뿔 세포는 X에 반응하는 정도가 가장 크다.

12 전자기파와 통신

수능 기본 다지기

본책 127~129쪽

S.T.E.P ①

- 1 ㉠ 자기장, ㉡ 수직, ㉢ 횡파 2 (1) ㄷ (2) ㄴ (3) ㄱ (4) ㄹ (5) ㄱ
3 ㉠ 교류, ㉡ 직류 4 (1) ㉠ (2) $\times$ (3) ㉠ 5 (가)-(다)-(나)
6 ㉠ ㄱ, ㉡ ㄴ 7 $\sqrt{2}$ 8 (1) $\times$ (2) ㉠ (3) ㉠ 9 광섬유

S.T.E.P ②

- 10 ㉠ 11 ㉡ 12 ㉠ 13 ㉢ 14 ㉢ 15 ㉡ 16 ㉢ 17 ㉢

개념 확인 문제

S.T.E.P ①

4 (1) 전자는 도선 내부에서 왕복 운동, 즉 속력과 방향이 변하는 운동을 한다. 따라서 도선에는 세기와 방향이 변하는 전류인 교류가 흐른다.

(2) 전자의 가속도 운동에 의해 도선에는 교류, 즉 크기와 방향이 변하는 전류가 흐른다. 따라서 도선 주위에 크기와 방향이 변하는 전기장과 자기장이 발생한다.

5 금속 안테나에 전자기파가 도달하면, 안테나 내부 전자들은 진동하는 전기장에 의해 전기력을 받아 진동 운동을 한다. 이에 따라 교류 전류, 즉 전기 신호가 발생한다.

6 음성 신호를 마이크를 통해 전기 신호로 변환하면, 이를 전파로 만들기 위해 교류 신호에 첨가한다. 이 과정을 변조라고 한다. 한편 전파를 안테나에서 수신한 후, 변조 과정에서 첨가한 교류 신호를 제거하고 원래 전기 신호만 스피커로 보낸다. 이를 복조라고 한다.

$$7 \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_A}{n_{\text{공기}}}, n_A = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$

8 (1) 굴절률 $n = \frac{c}{v}$ 에서 굴절률이 클수록 매질 내부에서 빛의 속력 v 는 느리다.

(3) 굴절률이 작은 진공에서 굴절률이 큰 매질(물)로 빛이 입사할 때는 전반사 현상이 일어날 수 없다.

수능 기본 문제

S.T.E.P ②

10 전자기파의 진행과 특성

ㄴ. 진공 중에서 전자기파의 속력은 빛의 속력과 같다.

ㄷ. 전기장은 자기장의 진동 방향과 전자기파의 진행 방향에 수직인 z축 방향으로 진동하고 있다.

바로알기 ㄱ. 전자기파의 파장은 전자기파가 한 번 진동할 때 이동한 거리이므로, λ 는 전자기파 파장의 $\frac{1}{2}$ 에 해당한다.

11 파장에 따른 전자기파의 종류와 특징

ㄱ. A는 가시광선의 보라색보다 파장이 짧은 영역의 전자기파인 자외선이다. 자외선은 살균이나 소독에 이용된다.

ㄷ. 파장에 관계없이 진공에서 전자기파의 속력은 빛의 속력(c)과 같으므로, $c = f\lambda$ 에 의해 파장과 진동수는 반비례한다. 따라서 파장이 짧은 감마(γ)선의 진동수는 파장이 긴 B의 진동수보다 크다.

바로알기 ㄴ. 마이크로파는 전파의 영역에 속한다.

12 교류 전류가 흐르는 직선 도선에서의 전자기파 발생

ㄷ. 전자가 도선 내부에서 왕복 운동하므로, 도선에는 크기와 방향이 변하는 전류인 교류가 흐르고 있다. 따라서 도선 주위에서는 전기장과 자기장의 변화가 공간을 통해 퍼져 나간다. 즉, 직선 도선 주위에 전자기파가 발생한다.

바로알기 ㄱ. 전류의 방향은 전자의 운동 방향(a)과 반대 방향인 b이다.

ㄴ. 앙페르 법칙에 의해 전류의 방향인 b로 오른손 엄지손가락을 향하게 하고, 나머지 네 손가락을 감아쥐면 네 손가락이 감긴 방향인 d가 자기장의 방향이다.

13 축전기에서 전자기파의 발생 원리

축전기에 교류 전류가 흐르면 축전기 두 극판에 충전된 전하량이 계속 변하여 극판 사이에 진동하는 전기장이 생긴다. 이때 전기장의 진동에 의해 자기장이 유도된다. 이러한 전기장과 자기장의 변화가 서로를 유도하면서 공간을 퍼져 나가며 전자기파를 발생한다.

14 라디오 방송 통신의 원리

ㄱ. 전기 신호를 일정한 주파수의 교류 신호에 첨가하는 과정을 변조라고 한다.

ㄴ. 안테나는 전파를 송신하거나 수신하는 데 사용하는 장치이다. 이때 송신 안테나는 ㉞ 과정에서와 같이 전기 신호를 전파로 변환하고, 수신 안테나는 ㉡ 과정에서와 같이 전파를 전기 신호로 변환한다.

바로알기 ㄷ. 스피커의 내부 코일에 전기 신호가 도달하면 코일에 형성된 자기장과 자석의 자기장이 상호 작용한다. 이로 인하여 진동판이 진동하면서 소리가 발생한다. 한편 전자기 유도 현상을 이용하는 장치는 마이크이다.

15 빛의 굴절

스넬 법칙에 의해 $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{\text{공기}}}{v_{\text{유리}}} = \frac{\lambda_{\text{공기}}}{\lambda_{\text{유리}}}$ 이다.

ㄷ. $r_1 > r_2$ 이므로, $\frac{\sin i}{\sin r_1} < \frac{\sin i}{\sin r_2}$ 이다. 따라서 두 단색광의 $\frac{v_{\text{공기}}}{v_{\text{유리}}}$ 의 값은 빨간색 < 보라색이다. 이때 빨간색 단색광과 보라색 단색광의 공기 중에서의 속력 $v_{\text{공기}}$ 는 같으므로, 유리에서 단색광의 속력 $v_{\text{유리}}$ 는 빨간색 > 보라색이다.

바로알기 ㄱ. 빨간색 단색광의 입사각 i 가 굴절각 r_1 보다 크므로 $\sin i > \sin r_1$ 이다. 따라서 $\lambda_{\text{공기}} > \lambda_{\text{유리}}$ 이다. 즉, 빨간색 단색광의 파장은 공기 중에서도 유리에서보다 길다.

ㄴ. 보라색 단색광의 입사각 i 가 굴절각 r_2 보다 크므로 $\sin i > \sin r_2$ 이다. 따라서 $v_{\text{공기}} > v_{\text{유리}}$ 이다. 즉, 보라색 단색광의 속력은 공기 중에서도 유리에서보다 빠르다.

16 빛의 굴절과 전반사

(가)에서 매질 B에서의 굴절각을 r 라 하면, 스넬 법칙에 의해

$\frac{\sin \theta_1}{\sin r} = \frac{n_B}{n_A}$ 이다. 이때 $\theta_1 > r$ 이므로 $\sin \theta_1 > \sin r$ 가 되어 $n_A < n_B$ 이다. ... (i)

(나)에서와 같이 단색광이 두 매질의 경계면에서 전반사하기 위해서는 단색광이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 입사해야 한다. 따라서 $n_C < n_A$ 이다. ... (ii)

(i), (ii)에 의해 $n_C < n_A < n_B$ 이다.

17 광섬유

ㄱ. 빛이 코어와 클래딩의 경계에서 전반사하기 위해서는 코어와 클래딩이 빛이 진행할 수 있는 투명한 매질로 이루어져야 한다.

ㄴ. 빛이 코어 내부에서 전반사하며 진행하기 위해서는 빛이 굴절률이 큰 매질(코어)에서 굴절률이 작은 매질(클래딩)로 진행해야 한다.

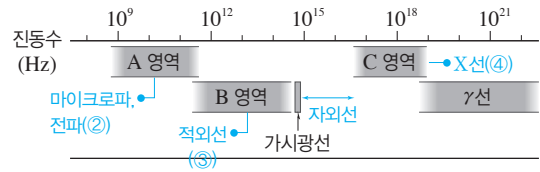
바로알기 ㄷ. 광섬유는 한번 끊어지면 다시 연결하기 어렵다.

수능 유형 분석하기

1 ① 2 ⑤

본책 130쪽

1 전자기파의 진동수에 따른 종류와 특성



⑤ 진공 중에서 전자기파의 속력은 빛의 속력(c)과 같으므로 $c = f\lambda$ 에서 진공 중에서 전자기파의 파장과 진동수는 반비례한다. 그림에서 진동수는 γ 선 > A 영역이므로, 파장은 γ 선 < A 영역이다.

바로알기 ① 진공 중에서 전자기파의 속력은 파장 또는 진동수에 관계없이 빛의 속력과 같다.

2 빛의 전반사와 광섬유

ㄴ. B에서의 굴절각을 θ_B 라 하면, 스넬 법칙에 의해 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_B} =$

$\frac{n_B}{n_A}$ 이다. 이때 $\theta_1 < \theta_B$ 이므로 $n_B < n_A$ 이다. 한편 (나)에서 코어 내부에서 레이저 빛이 전반사하므로, 코어의 굴절률이 클래딩의 굴절률보다 커야 한다. 따라서 코어를 구성하는 물질은 굴절률이 큰 A이다.

ㄷ. A와 B 사이에서 전반사가 일어나는 임계각을 θ_C 라 하면, (가)에서는 전반사가 일어나지 않으므로 $\theta_1 < \theta_C$ 이고, (나)에서는 전반사가 일어나므로 $\theta_2 > \theta_C$ 이다. 따라서 $\theta_1 < \theta_2$ 이다.

바로알기 ㄱ. 스넬 법칙에 의해 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_B} = \frac{v_1}{v_2}$ 이므로 $v_1 < v_2$ 이다.

수능 실력 굳히기

본책 131~133쪽

1 ③ 2 ⑤ 3 ② 4 ③ 5 ⑤ 6 ④ 7 ① 8 ⑤
9 ④ 10 ③ 11 ③ 12 ⑤

1 전자기파의 물리량

ㄱ. 그림에서 전기장과 자기장은 서로 수직으로 진동하고, 한 값이 최대일 때 다른 한 값도 최대이다.

ㄴ. 이 전자기파의 파장은 a 이므로 진동수를 f 라 하면 $c = fa$ 에서 $f = \frac{c}{a}$ 이다.

바로알기 ㄷ. 물속에서 전자기파의 진동수는 진공에서와 같고, 속력은 진공에서보다 느리므로, $\lambda = \frac{v}{f}$ 에서 물속에서 파장은 a 보다 짧다.

2 전자기파의 종류와 특성

ㄴ. 진공에서 전자기파의 속력은 파장에 관계없이 빛의 속력과 같다.

ㄷ. (가)의 파동은 자외선, (나)의 파동은 마이크로파, (다)의 파동은 적외선이다.

바로알기 ㄱ. 파장은 (가)의 파동이 (다)의 파동보다 짧다.

3 진동수에 따른 전자기파의 종류와 이용

ㄷ. 진공에서 전자기파의 속력은 파장에 관계없이 빛의 속력(c)과 같다. 한편 진동수는 $A < C$ 이므로, $c = f\lambda$ 에 의해 파장은 $A > C$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 γ (감마)선이고, A 영역에 해당하는 전자기파는 적외선이다.

ㄴ. 전자레인지에서 사용하는 전자기파는 전파의 한 종류인 마이크로파이다. B 영역은 자외선에 해당한다.

4 전자기파의 수신

ㄱ. 전기장과 자기장은 서로 수직으로 진동하여 서로를 유도하면서 퍼져 나간다. 따라서 A는 자기장이다.

ㄷ. 안테나 속의 전자는 주기적으로 변하는 전파의 전기장에 의해 전기력을 받아 약한 교류로 흐르게 되며, 이 전류를 증폭해서 여러 가지 신호를 수신하게 된다.

바로알기 ㄴ. 전파의 전기장은 주기적으로 세기와 방향이 바뀌게 된다. 따라서 안테나 속의 전자는 전기장의 방향에 따라 계속 운동하는 방향이 변하게 되어 교류를 형성한다.

5 전자기파의 발생과 수신 실험

ㄱ, ㄴ. (가)에서 압전 변환 소자를 누르면 구리선 사이에 순간적으로 걸린 높은 전압에 의하여 알루미늄박에 강한 전기장 변화가 발생하고, 이는 자기장 변화를 유도한다.

ㄷ. 전자기파가 (나)의 원형 도선을 통과하면, 원형 도선을 통과하는 자기력선속이 변하여 전류가 유도되어 네온관에 불이 켜진다.

6 전자기파의 발생과 수신 실험

ㄱ. (가)에서 압전 변환 소자를 누를 때 발생한 전자기파가 (나)의 원형 도선을 통과하면 전류가 유도되어 네온관에 불이 순간적으로 켜진다.

ㄴ. (가)의 알루미늄박은 전자기파를 발생시키는 송신 안테나 역할을 한다.

바로알기 ㄷ. (나)의 원형 도선은 전자기파를 수신하는 수신 안테나 역할을 한다. 네온관은 유도 전류가 흐르는지의 여부를 확인하는 역할을 한다.

7 전파를 이용한 라디오 방송 통신의 과정

ㄱ. 마이크에서는 전자기 유도에 의해 소리가 전기 에너지로 전환된다.

바로알기 ㄴ. A는 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 진폭을 바꾼 신호, 즉 진폭 변조(AM)를 통해 만들어진 신호이다.

ㄷ. 송신 안테나에서는 변조된 신호 A에 따른 교류에 의해 전자기파가 발생한다. 라디오에서는 이 전자기파를 수신하여 다시 A와 같은 전기 신호로 전환한 후, 처음의 교류 신호를 제거하고 원래 전기 신호만 남긴다(복조). 이 전기 신호가 라디오의 스피커로 흘러 들어가면, 스피커에서는 방송국에서 입력한 소리를 재생한다.

8 전자기파의 차폐

ㄱ. 손전등의 불빛은 가시광선으로, 파장은 전파보다 짧다.

ㄴ. 손전등의 불빛, 즉 가시광선이 우리 눈에 들어오므로 가시

광선은 철망을 통과할 수 있다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 휴대 전화에 전파가 걸리지 않는 것은 휴대 전화에 전파가 도달하지 않기 때문이다. 따라서 전파는 철망을 통과할 수 없다는 것을 알 수 있다.

9 스넬 법칙을 통한 굴절을 측정 실험

ㄴ. 반원형 물통을 사용하면 원의 중심을 지난 빛이 물에서 공기로 나올 때, 빛의 진행 방향과 원의 접선이 항상 수직이 되게 할 수 있다. 따라서 이때 빛은 굴절하지 않아, 진행 방향이 변하지 않는다.

ㄷ. (나)에서 원의 반지름을 R , 입사각을 i , 굴절각을 r 라고 하면, 스넬 법칙에 의해 $\frac{n_{\text{물}}}{n_{\text{공기}}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{AB/R}{CD/R} = \frac{AB}{CD}$ 이다. 공기의 굴절률이 1이므로, 물의 굴절률은 A, B 사이의 길이를 C, D 사이의 길이로 나눈 것과 같다.

바로알기 ㄱ. 입사각이 굴절각보다 크므로, 굴절률은 물이 공기보다 크다. 따라서 빛의 속력은 물보다 공기에서 빠르다.

10 빛의 전반사와 광섬유

ㄱ. 전반사가 일어나기 위해서는 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행해야 하므로, 코어의 굴절률(n_A)이 클래딩의 굴절률(n_B)보다 크다.

ㄴ. 굴절각이 90° 일 때의 입사각을 임계각(θ_c)이라고 한다. 따라서 빛이 코어에서 클래딩으로 임계각으로 진행할 때 스넬 법칙을 적용하면 $\frac{n_B}{n_A} = \frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \sin \theta_c$ 이다. 한편 전반사가 일어나기 위해서는 $\theta > \theta_c$ 이어야 하므로, $\sin \theta > \frac{n_B}{n_A}$ 이다.

바로알기 ㄷ. 코어와 클래딩에서 레이저 빛의 파장을 각각 λ_A, λ_B 라 하면, 스넬 법칙에 의해 $\frac{n_B}{n_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ 이다. 이때 $n_A > n_B$ 이므로 $\lambda_A < \lambda_B$ 이다.

11 굴절률에 따른 임계각 변화와 전반사

ㄱ. 빛이 코어에서 클래딩으로 진행할 때 전반사하기 위해서는 코어의 굴절률 n_1 이 클래딩의 굴절률 n_2 보다 커야 한다.

ㄴ. 단색광이 공기에서 코어로 진행할 때 굴절각을 r 라 하면, r 는 입사각 i 보다 작다. 따라서 스넬 법칙에 의해 $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{\text{공기}}}{v_{\text{코어}}}$ 이므로 $v_{\text{공기}} > v_{\text{코어}}$ 이다.

바로알기 ㄷ. 빛이 입사각 i_m 으로 입사할 때 굴절각을 r_m 이라 하면, 코어에서 클래딩으로 $90^\circ - r_m$ 의 각도로 입사하게 된다. 이 입사각은 임계각과 같으므로, $\sin(90^\circ - r_m) = \frac{n_2}{n_1}$ 에서 n_2 를 작게 하면 $\sin(90^\circ - r_m)$ 이 작아져, r_m 은 커진다. 한편 스넬 법칙에 의해 $\frac{\sin i_m}{\sin r_m} = \frac{n_1}{n_2}$ 로 일정하므로, r_m 이 커지면 i_m 도 커진다. 즉, n_2 를 작게 하면 i_m 은 커진다.

12 광통신

ㄱ. 음성으로 인한 공기 진동이 마이크의 진동판에 부착된 코일을 진동시키면 코일을 통과하는 자기력선속이 변하므로 유도

전류(전기 신호)가 발생한다. 따라서 ㉠ 과정은 전자기 유도 현상을 이용하면 진행할 수 있다.

ㄴ. 광통신에서 정보를 담은 광신호는 광섬유 내부를 전반사하면서 진행한다.

ㄷ. ㉡ 과정은 빛을 전기 신호로 변환하는 과정으로, 광전 효과의 원리가 이용된다.

13 전기 신호와 정보의 저장

수능 기본 다지기

본책 138~140쪽

STEP 1

- 1 (1) ㄱ (2) ㄹ (3) ㄴ (4) ㄷ 2 (1) × (2) ○ (3) × 3 (1) ㉠ 클,
㉡ 클 (2) ㉠ 작을, ㉡ 작을 4 (1) × (2) × (3) ○ 5 (1) ×
(2) × (3) ○ 6 ㉢ 7 (1) RFID (2) 태그 8 (1) ㉠ (2) ㉡
(3) ㉢ (4) ㉣

STEP 2

- 9 ㉡ 10 ㉡ 11 ㉣ 12 ㉤ 13 ㉢ 14 ㉤ 15 ㉣ 16 ㉠

개념 확인 문제

STEP 1

2 (1) 두 금속판 사이의 거리가 멀수록 금속판 사이에 작용하는 전기력이 작으므로 전기 용량도 작다.

(3) 코일의 유도 리액턴스 $X_L = 2\pi fL$ 이므로 교류의 진동수 f 가 작을수록 작다.

3 회로의 저항이 작을수록 회로에는 센 전류가 흐른다. 교류 회로에서는 용량 리액턴스와 유도 리액턴스가 저항과 같은 효과를 내므로, 용량 리액턴스와 유도 리액턴스가 작을수록 회로에 센 전류가 흐른다.

(1) 축전기의 용량 리액턴스는 교류의 주파수와 축전기의 전기 용량에 반비례하므로, 전원의 주파수와 전기 용량이 클수록 회로에 센 전류가 흐른다.

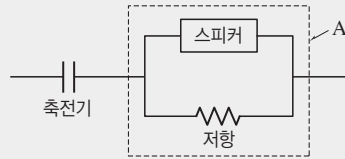
(2) 코일의 유도 리액턴스는 교류의 주파수와 코일의 자체 유도 계수에 비례하므로, 전원의 주파수와 자체 유도 계수가 작을수록 회로에 센 전류가 흐른다.

4 (1) 용량 리액턴스 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 에서 교류의 주파수 f 가 클수록 X_C 는 작다.

(2), (3) 축전기의 용량 리액턴스가 작을수록 축전기에 걸리는 전압이 작고, 저항과 스피커에 걸리는 전압이 크므로 스피커에는 센 전류가 흐른다. 따라서 주파수가 큰 전류가 흐를 때 스피커에 센 전류가 흘러 소리가 잘 발생한다.

더 알아보기

그림은 문제에 주어진 축전기와 저항, 스피커가 혼합 연결된 회로를 간단히 나타낸 것이다.



저항과 스피커가 병렬 연결된 부분을 하나의 저항 A로 생각할 수 있다. 이때 축전기는 A와 직렬 연결되어 있으므로, 축전기와 A에 흐르는 전류의 세기는 같다. 따라서 옴의 법칙 $V=IR$ 에서 같은 세기의 전류 I 가 축전기와 A에 흐를 때, 저항값(또는 리액턴스) R 가 큰 곳에 걸리는 전압 V 도 크다.

따라서 축전기의 용량 리액턴스가 작을수록 A, 즉 스피커에 걸리는 전압은 커져서 스피커에 흐르는 전류의 세기가 증가한다.

5 (1), (2) LC 회로의 공명 진동수 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이므로 전기 용량 C 와 자체 유도 계수 L 이 클수록 공명 진동수가 작다.

(3) 교류 전원의 주파수가 회로의 공명 진동수와 같으면 공명이 일어나, 회로에 가장 센 교류가 흐르게 된다.

6 안테나에서 수신한 전파와 같은 주파수의 교류가 1차 코일에 흐르고, 이 교류가 2차 코일에 전류를 유도한다. 따라서 전파의 주파수가 LC 회로의 공명 진동수와 같을 때, 즉 f_0 일 때 2차 코일에 유도된 전류가 회로와 공명하여 가장 센 전류가 흐른다.

수능 기본 문제

STEP 2

9 축전기에 충전되는 전하량

ㄴ. 축전기의 전기 용량은 두 금속판의 면적에 비례한다. 따라서 A, B를 면적이 S보다 큰 금속판으로 바꾸면 전기 용량이 증가하여 축전기에 저장되는 전하량이 많아진다.

바로알기 ㄱ. 전지의 두 극을 반대로 연결하더라도 금속판에 저장할 수 있는 전하의 양에는 변함이 없다.

ㄷ. 축전기의 전기 용량은 두 금속판 사이의 거리에 반비례한다. 따라서 A, B 사이의 거리 d 가 커지면 전기 용량이 감소하여 축전기에 저장되는 전하량이 적어진다.

10 축전기의 전기 용량과 용량 리액턴스

ㄴ. 축전기의 전기 용량은 금속판 사이의 거리에 반비례한다. 따라서 금속판 사이 간격이 $\frac{1}{2}$ 배가 되면 전기 용량은 2배인 $2C_0$ 이 된다.

바로알기 ㄱ. 축전기의 용량 리액턴스 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 이므로, 전원의 주파수를 2배로 하면 용량 리액턴스는 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

ㄷ. 금속판 사이 간격이 증가하면 전기 용량이 감소하므로 용량 리액턴스, 즉 축전기가 교류를 방해하는 정도가 증가한다. 따라서 회로에 흐르는 전류는 감소한다.

11 코일의 유도 리액턴스

ㄱ. 코일의 유도 리액턴스 $X_L = 2\pi fL$ 이다.

ㄷ. 코일의 자체 유도 계수 L 의 크기를 증가시키면 코일의 유도 리액턴스, 즉 저항 효과가 증가하여 전류의 세기는 감소한다.

바로알기 ㄴ. 자체 유도 계수는 코일의 특성으로, 코일의 길이, 감은 수 등에 의해 결정되고 전원의 주파수와는 관계가 없다.

12 코일을 이용한 저주파 통과 필터

ㄱ. $X_L = 2\pi fL$ 에서 주파수 f 가 높은 전류가 흐르면 코일의 유도 리액턴스 X_L 이 커진다.

ㄴ. 코일은 저항 및 스피커와 직렬 연결되어 있다. 따라서 코일의 저항 효과, 즉 유도 리액턴스가 커지면 코일에 걸리는 전압도 커져서 스피커와 저항에 걸리는 전압은 작아진다.

ㄷ. 교류의 주파수가 낮을수록 코일의 유도 리액턴스가 작아져서 스피커와 저항에 걸리는 전압이 크므로 스피커에 흐르는 전류가 세다.

13 LC 회로와 전파의 수신

ㄱ. 전파의 전기장은 안테나의 자유 전자를 진동시켜, 안테나에 교류 전류를 흐르게 한다.

ㄷ. 수신 회로의 스피커에서 방송이 나오는 것은 회로의 공명 진동수가 f_0 이어서 전파와 LC 회로가 공명하기 때문이다.

바로알기 ㄴ. 축전기의 용량 리액턴스 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 이므로 교류의 진동수가 클수록 용량 리액턴스가 작아 전류가 잘 흐를 수 있다.

14 RFID의 이용

ㄱ. 안테나에서 보내는 전자기파를 수신하기 위해, 차량 단말기에는 전자기파 센서가 있다.

ㄷ. 차량 단말기 수신 회로의 공명 진동수와 안테나가 보내는 전자기파의 진동수가 같아야 단말기에 최대 전류가 흐른다.

바로알기 ㄴ. RFID는 전파를 사용하여 비접촉 방식으로 정보를 송신 및 수신하는 기술이다.

15 아날로그 정보와 디지털 정보

ㄱ. 자연에서 접하는 대부분의 신호는 (가)와 같은 아날로그 형태이다.

ㄴ. CD나 DVD에는 정보를 (나)와 같은 디지털 형태로 저장한다.

바로알기 ㄷ. 디지털 정보는 아날로그 정보에 비해 단순한 방식으로 신속하게 처리할 수 있다는 장점이 있다.

16 정보 저장 장치

(가) 원판에 자성체를 입힌다고 하였으므로 하드 디스크에 해당하는 내용이다.

(나) 반도체에 기억 소자를 사용하였으므로 플래시 메모리에 해당하는 내용이다.

(다) 파장이 짧은 레이저를 사용하였으며 CD보다 홈의 크기와 간격을 좁혔으므로 DVD에 해당하는 내용이다.

수능 유형 분석하기

본책 141쪽

1 ② 2 ④

1 고주파 통과 필터

A는 스피커와 직렬 연결되었으므로 A에 낮은 전압이 걸려야 스피커에 높은 전압이 걸린다. 따라서 주파수가 클수록 리액턴스가 작은 축전기가 연결되어야 한다.

B는 스피커와 병렬 연결되었으므로 B에 높은 전압이 걸려야 스피커에도 높은 전압이 걸린다. 따라서 주파수가 클수록 리액턴스가 큰 코일이 연결되어야 한다.

2 LC 회로와 공명 진동수

ㄱ. 교류 전류의 진동수가 작을수록 축전기의 저항 효과인 용량 리액턴스가 커져, 회로에 전류를 잘 흐르지 못하게 한다.

ㄴ. 회로의 고유 진동수(공명 진동수)가 전자기파의 진동수인 f_0 과 같아지면 회로와 전자기파가 공명한다. 이에 따라 회로에 흐르는 교류 전류의 세기, 즉 교류 전류의 진폭은 최대가 된다.

바로알기 ㄷ. LC 회로의 고유 진동수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 로, 코일의 자체 유도 계수 L 과 축전기의 전기 용량 C 에 의해 결정되고, 저항의 저항값과는 관계가 없다.

수능 실력 굳히기

본책 142~145쪽

1 ④ 2 ② 3 ② 4 ④ 5 ① 6 ① 7 ③ 8 ④
9 ⑤ 10 ① 11 ③ 12 ③ 13 ⑤ 14 ③ 15 ③ 16 ⑤

1 교류와 축전기

ㄱ. 평행판 사이의 거리 d 가 증가하면 전기 용량 C 는 감소하므로 용량 리액턴스 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 에서 X_C 는 증가한다. 이때 전류의 세기는 저항에 반비례하므로, d 가 증가하면 전류의 세기는 감소한다.

ㄷ. 축전기에 충전된 전하가 최대일 때 전류는 최소이고, 방전되면서 전류의 세기가 증가한다.

바로알기 ㄴ. 진동수 f 가 증가하면 용량 리액턴스는 감소한다.

2 교류 회로에서 코일과 축전기

ㄷ. (가)에서 스위치를 S_1 에 연결하면 저항과 코일이 직렬 연결된다. 이때 주파수를 f_0 에서 f_1 로 바꾸면 전류가 증가하므로 코일의 유도 리액턴스(X_L)는 감소한 것이다. $X_L = 2\pi fL$ 에서 $2\pi f_0L > 2\pi f_1L$ 이므로 $f_0 > f_1$ 이다.

(나)에서 스위치를 S_2 에 연결하면 저항과 축전기가 직렬 연결된다. 이때 주파수를 f_0 에서 f_2 로 바꾸면 전류가 증가하므로 축전기의 용량 리액턴스(X_C)는 감소한 것이다.

$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 에서 $\frac{1}{2\pi f_0C} > \frac{1}{2\pi f_2C}$ 이므로 $f_0 < f_2$ 이다.

따라서 $f_1 < f_0 < f_2$ 가 되어 $f_1 < f_2$ 이다.

바로알기 ㄱ. 전원의 주파수를 바꾸어도 저항의 저항값은 변하지 않는다.

ㄴ. 전원의 주파수를 바꿀 때 전류가 증가하였으므로 축전기의 저항 효과인 용량 리액턴스는 감소하였다.

3 교류 회로에서 저항, 코일, 축전기

• a에 연결 : 교류의 진동수가 변하더라도 저항의 저항값은 일정하다. 따라서 $V_0 = V_R$ 이다.

• b에 연결 : 교류의 진동수가 f_0 에서 $2f_0$ 으로 증가하면 코일의 저항 효과인 유도 리액턴스가 증가한다. 따라서 코일에 걸리는 전압이 증가하여 $V_0 < V_L$ 이다.

• c에 연결 : 교류의 진동수가 f_0 에서 $2f_0$ 으로 증가하면 축전기의 저항 효과인 용량 리액턴스가 감소한다. 따라서 축전기에 걸리는 전압이 감소하여 $V_0 > V_C$ 이다. 따라서 $V_C < V_R < V_L$ 이다.

4 직류에서 축전기와 교류에서 코일

축전기에 직류가 흐르면 축전기가 충전됨에 따라 전류가 감소하다가, 완전히 충전되면 전류가 0이 된다.

S를 a에 연결하면 X와 저항이 직류 전원에 연결된다. 이때 전류가 점점 작아지다가 0이 되었으므로 X는 축전기이고, 이에 따라 Y는 코일이 된다.

따라서 S를 b에 연결하면 코일과 저항이 교류 전원에 연결된다. 한편 코일이 교류를 방해하는 정도, 즉 코일의 유도 리액턴스 $X_L = 2\pi fL$ 에서 교류 전원의 진동수가 증가하면 유도 리액턴스도 증가한다. 따라서 전류계에서 측정되는 전류는 감소한다. 이에 따라 옴의 법칙 $V = IR$ 에 의해 저항에 걸리는 전압이 감소하여, 코일에 걸리는 전압은 증가한다.

5 코일과 저항이 직렬 연결된 회로에 흐르는 전류

ㄱ. 그래프에서 전류의 세기가 모두 양(+)이므로 전류의 방향은 모두 같은 방향이다.

바로알기 ㄴ. B 구간에서는 전류의 세기가 일정하므로 코일에서 발생하는 자기장의 변화가 없다. 따라서 코일에 유도 전류가 발생하지 않는다.

ㄷ. 전류가 갑자기 감소하는 순간인 t_2 일 때가 스위치를 연 시각이다.

6 고주파 통과 필터와 저주파 통과 필터

ㄱ. 주파수가 작은 교류가 흐르면 축전기의 저항 효과가 커지므로 축전기 쪽에 큰 전압이 걸린다. 따라서 스피커에 센 전류가 흘러 큰 소리가 난다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 교류의 주파수가 클수록 코일의 저항 효과가 크다. 따라서 코일과 스피커에 걸리는 전압은 크고, 저항에 걸리는 전압은 작다.

ㄷ. (나)의 스피커에는 교류의 주파수가 클수록 큰 전압이 걸려 스피커에서 큰 소리가 난다. 따라서 (나)의 스피커는 주파수가 큰 음, 즉 높은 음을 잘 표현할 수 있다.

7 축전기의 용량 리액턴스와 필터

ㄱ. (나)에서 진동수가 클수록 전류의 세기가 세지므로, P는 진동수가 커지면 저항 효과가 작아지는 소자이다. 따라서 P는 축

전기이다.

ㄴ. 진동수가 클수록 P의 저항 효과가 작아져, P에 걸리는 전압이 감소한다. 따라서 P와 직렬 연결된 저항 및 스피커에 걸리는 전압은 증가한다.

바로알기 ㄷ. 스피커와 축전기가 병렬로 연결되므로, 축전기의 저항 효과가 커서 축전기에 걸리는 전압이 클 때 스피커에도 큰 전압이 걸려 소리가 크게 출력된다. 따라서 진동수가 작은 저음일 때 축전기의 저항 효과가 커서 고음보다 크게 출력된다.

8 고주파 통과 필터와 저주파 통과 필터

(가) 코일은 주파수가 클수록 저항 효과가 크다. 따라서 코일에 병렬 연결된 A에는 큰 주파수의 전류가 잘 흐르고, 직렬 연결된 B에는 작은 주파수의 전류가 잘 흐른다.

(나) 축전기는 주파수가 작을수록 저항 효과가 크다. 따라서 축전기에 병렬 연결된 C에는 작은 주파수의 전류가 잘 흐르고, 직렬 연결된 D에는 큰 주파수의 전류가 잘 흐른다.

9 전기 진동 회로

ㄱ. (가), (마)와 같이 축전기에 전하가 최대로 충전되어 전기 에너지가 최대일 때에는 전류가 흐르지 않는다.

ㄴ. LC 회로에 전류가 흐르면 코일에서 발생하는 자체 유도 기전력에 의해 전류는 천천히 증가하게 되며, (다)와 같이 축전기에 저장된 전하가 모두 방전될 때 회로에 흐르는 전류가 최대가 된다.

ㄷ. 회로의 공명 진동수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이다. 따라서 축전기의 전기 용량 C가 증가하면 진동수가 감소하고, 진동수의 역수인 주기는 길어진다.

10 전파의 송신

ㄱ. 1차 코일에 흐르는 변화되는 전류에 의해 자기 에너지가 충전되었다가 다시 반대 방향으로 전류가 흐르며 전기 진동이 일어나므로, 1차 코일에서 발생하는 자기장의 세기와 방향이 계속 변한다.

바로알기 ㄴ. 2차 코일에 있는 전자들은 1차 코일에서 발생하는 자기장의 진동 때문에 가속도 운동을 한다.

ㄷ. LC 회로에 흐르는 교류의 진동수와 같은 진동수의 전류가 2차 코일에 유도되므로, 이 진동수와 같은 진동수의 전파가 발생한다.

11 LC 회로와 공명 진동수

ㄱ. $X_L = 2\pi fL$ 에서 진동수 f 가 클수록 코일의 유도 리액턴스 X_L 이 커져 전류의 흐름을 방해하는 정도가 커진다. 즉, 코일은 진동수가 큰 교류 전류를 잘 흐르지 못하게 하는 성질이 있다.

ㄴ. 외부 전자기파의 진동수와 수신 회로의 공명 진동수가 같을 때, 전자기파와 수신 회로가 공명하여 수신 회로에 최대 전류가 흐른다. (나)에서 교류 전원의 진동수가 f_0 일 때, 수신 회로의 전류계에 최대 전류가 흐르므로, 수신 회로의 공명 진동수는 f_0 이다.

바로알기 ㄷ. 수신 회로의 공명 진동수는 코일의 자체 유도 계수

와 축전기의 전기 용량에 의해 결정되며($f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$) 저항과는 관계가 없다.

12 특정 주파수의 전파만 수신하는 원리

ㄱ. 마이크에 소리가 입력되어 전기 신호가 나오고 있으므로 마이크는 공기의 진동을 전기 에너지로 전환시킨다.

ㄴ. 송신 안테나로 변조된 신호가 전달되어 이 신호에 따라 송신 안테나의 전자가 진동하면서 전자기파가 발생하게 된다.

바로알기 ㄷ. 변조는 진동수가 일정한 교류를 전기 신호에 맞추어 신호를 변환하는 과정이다. 따라서 송신 안테나가 보내는 전자기파의 진동수는 교류 신호 B의 진동수이므로 방송을 수신하기 위해서는 B의 진동수에 맞추어야 한다.

13 RFID의 이용

ㄱ. 교통 카드는 전자기파를 이용하여 비접촉 방식으로 정보를 주고받는 RFID 기술을 이용한 것이다.

ㄴ. 단말기에서 발생한 자기장 변화로 인해 유도 코일에 전류가 발생하므로 유도 코일은 IC칩의 전원 역할을 한다.

ㄷ. 단말기에는 IC칩으로부터 온 전파를 수신하는 수신 안테나가 내장되어 있어야 한다.

14 아날로그 신호와 디지털 신호

ㄱ. 소리나 빛과 같이 실생활에서 접하는 대부분의 정보는 아날로그 형태이다.

ㄷ. 컴퓨터 하드 디스크에는 정보가 디지털 형태로 저장된다. 따라서 (나)는 철수의 목소리가 디지털 형태로 저장된 것을 나타낸다.

바로알기 ㄴ. 마이크는 소리로 인한 공기의 진동을 전자기 유도 현상에 의해 전기 신호로 변환한다. 즉, 아날로그 형태인 공기의 진동을 아날로그 형태인 전기 신호로 변환한다.

15 여러 가지 정보 저장 장치

ㄱ. 검은 띠는 강자성체를 붙여 놓은 자기 테이프다. 이 자기 테이프에 신용 카드에 대한 정보가 저장된다.

ㄴ. 교통 카드는 RFID 기술을 이용한 것으로, 태그가 부착되어 있다.

바로알기 ㄷ. 검은 띠 부분은 외부 자기장에 의해 정보가 손상될 수 있지만, RFID 기술을 이용한 교통 카드의 IC칩에 저장된 정보는 외부 자기장의 영향을 받지 않는다.

16 CD와 DVD에 저장된 정보

ㄴ. (가)와 (나)에는 홈이 있고 없는 것을 이용하여 0과 1의 디지털 정보가 저장된다. 따라서 아날로그 정보를 (가)와 (나)에 저장하기 위해서는 디지털 형태로 변환해야 한다.

ㄷ. 트랙 간격과 홈의 크기가 작은 (나)에 더 많은 양의 정보를 저장할 수 있다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)에 레이저를 쏘면, 홈과 그 외의 부분에서 반사된 빛의 세기가 다른 것을 이용하여 0과 1의 형태로 저장된 정보를 재생한다.

IV 에너지

14 전기 에너지의 발생과 수송

본책 150~151쪽

수능 기본 다지기

STEP 1

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ 2 (1) 원자력 발전 (2) 수력 발전 (3) 화력 발전
3 (1) ○ (2) ○ (3) × 4 2 A 5 10 A

STEP 2

- 6 ④ 7 ③ 8 ② 9 ④ 10 ② 11 ⑤

개념 확인 문제

STEP 1

1 (2) 발전기는 역학적 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

3 (3) 손실 전력을 줄이기 위해서는 송전 전압을 높여 송전 전류의 세기를 낮추어야 한다.

4 송전선의 저항을 r 라 하면 송전선에서의 소비 전력

$$P = I^2 r \text{에서 } I = \sqrt{\frac{P}{r}} = \sqrt{\frac{400 \text{ W}}{100 \Omega}} = 2 \text{ A이다.}$$

5 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$ 에서 $\frac{I_2}{20 \text{ A}} = \frac{N}{2N}$ 이므로 $I_2 = 10 \text{ A}$ 이다.

수능 기본 문제

STEP 2

6 발전기의 원리

ㄱ. 코일이 회전하면 코일면과 자기력선이 이루는 각도가 변하므로 코일 내부의 자기력선속이 계속 변한다.

ㄷ. 코일의 회전 운동으로 인한 역학적 에너지가 코일에 유도 전류를 흐르게 하는 전기 에너지로 전환된다.

바로알기 ㄴ. 코일이 회전하면 코일을 통과하는 자기력선속이 증가하다 감소하는 것을 반복하므로, 유도 전류의 세기도 증가하다 감소하는 것을 반복한다.

7 여러 가지 발전 방식

ㄷ. A는 터빈의 회전을 통해 전기 에너지를 만드는 장치인 발전기이다. 발전기는 패러데이의 전자기 유도 법칙을 이용하여 전기 에너지를 생산한다.

바로알기 ㄱ. 화력 발전은 화석 연료에 저장된 화학 에너지를 에너지원으로 하고, 원자력 발전은 우라늄 원자핵에 저장된 핵 에너지를 에너지원으로 한다.

ㄴ. 증기나 물의 흐름이 터빈의 회전, 즉 운동 에너지로 전환된다. 이 회전으로 발전기를 회전시키면, 발전기에서 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다.

8 송전 과정

ㄴ. 발전소에서 생산한 전력을 P 라 하면, $P=VI$ 에 의해 송전 전압 V 가 높을수록 송전 전류 I 가 작다. 한편 송전선의 저항을 r 라 하면, 송전선에서 손실되는 전력 $P_r=I^2r$ 이다. 따라서 송전 전압이 높으면 송전 전류가 작아져 송전선에서 손실되는 전력도 작아진다.

따라서 손실 전력을 줄이기 위해 발전소에서 생산한 전기를 변전소 1에서 전압을 높여 송전선을 통해 송전한다. 또한 가정에서는 낮은 전압을 사용하므로, 변전소 2에서 전압을 낮춘 후에 가정으로 전기를 보낸다.

이처럼 송전 과정에서는 전압을 높이거나 낮추는 단계가 필요하다. 이에 적합한 형태의 전기는 교류이다. 교류는 직류와 다르게 변압기를 이용하면 전압을 쉽게 높이거나 낮출 수 있기 때문이다.

바로알기 ㄱ. 발전소에서 생산된 전기는 교류로 송전된다.

ㄴ. 송전 전압을 높이면 송전 전류가 감소한다.

9 송전선의 저항과 송전 전압에 따른 손실 전력

발전소에서 생산한 전력 $P=VI$ 이고, A와 B에서 같은 전력을 송전하므로 $(가) \times 4I = 2V \times I$ 이다. 따라서 $(가)$ 는 $\frac{V}{2}$ 이다.

또한 송전선 A에서의 소비 전력 $P_0=(4I)^2 \times 2r = 32I^2r$ 이므로, 송전선 B에서의 소비 전력 $(나) = I^2r = \frac{1}{32}P_0$ 이다.

10 변압기

변압기는 송전 과정에서 전압을 변화시키는 장치로, 1차 코일에 교류가 입력되면 전류의 세기와 방향이 주기적으로 변하여 1차 코일에서 발생하는 자기장이 변한다. 따라서 이 자기장 변화가 철심을 통해 2차 코일을 통과하면, 2차 코일에 유도 전류가 흐르게 된다.

ㄱ. 교류 전류가 흘러야 자기장 변화가 생겨 2차 코일에 유도 전류가 흐를 수 있다.

ㄴ. 전압은 코일의 감은 수에 비례한다. 1차 코일의 전압은 2차 코일의 전압의 2배이므로, 1차 코일의 감은 수는 2차 코일의 감은 수의 2배이다.

바로알기 ㄴ. 1차 코일에 의해 공급하는 전력과 2차 코일에서 공급받는 전력이 같으므로 전류의 세기는 전압에 반비례한다. 1차 코일의 전압은 2차 코일의 전압의 2배이므로, 1차 코일에 흐르는 전류의 세기는 2차 코일에 흐르는 전류의 세기의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

11 송전과 변압기

ㄱ. 교류는 시간에 따라 세기와 방향이 바뀌는 전류이다.

ㄴ. 송전 전력 $P=VI$ 에서 송전 전압 V 를 높이면 송전 전류 I 가 작아진다. 한편 송전선의 저항을 r 라 하면, $P_r=I^2r$ 에서 송전 전압이 높아지면 송전 전류가 감소하므로 송전선에서 손실 전력 P_r 가 줄어든다.

ㄴ. 감은 수가 N_1 인 1차 코일에 입력되는 전압을 V_1 , 감은 수가 N_2 인 2차 코일에서 출력되는 전압을 V_2 라 하면, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ 이다. 따라서 $V_1 < V_2$ 이기 위해서는 $N_1 < N_2$ 가 되어야 한다.

수능 유형 분석하기

본책 152쪽

1 ② 2 ③

1 전압을 높여 송전하는 경우

ㄴ. r 에 흐르는 전류가 $\frac{1}{2}$ 배가 되므로 r 에서 발생하는 열에너지는 $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$ 배가 된다.

바로알기 ㄱ. 송전 전력은 같고 전압이 2배가 되면 전류는 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

ㄴ. 송전선 r 의 저항값은 송전선의 길이가 짧을수록, 단면적이 클수록 작아진다. 하지만 송전 전압이나 전류에 의해서는 변하지 않는다.

2 변압기

ㄱ. $V_1 : V_2 = N_1 : N_2 = 200\text{회} : 100\text{회} = 2 : 1$ 이므로 2차 코일에 걸리는 전압은 1차 코일에 걸리는 전압 200 V의 $\frac{1}{2}$ 배인 100 V이다.

ㄴ. 변전소에서 공급해 주는 전력은 가정에서 소비하는 전력과 같으므로 $P=VI=100\text{ V} \times 1\text{ A}=100\text{ W}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 2차 코일에 흐르는 전류는 $I = \frac{V}{R} = \frac{100\text{ V}}{100\text{ }\Omega} = 1\text{ A}$

이다. 따라서 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$ 에서 1차 코일에 흐르는 전류 $I_1=1\text{ A} \times \frac{100\text{회}}{200\text{회}} = 0.5\text{ A}$ 이다.

수능 실력 굳히기

본책 153~155쪽

1 ⑤ 2 ④ 3 ② 4 ⑤ 5 ④ 6 ③ 7 ③ 8 ①
9 ⑤ 10 ③ 11 ① 12 ②

1 관 속에서 자석의 낙하 운동

ㄴ. 자석의 운동을 방해하는 방향으로 발생하는 유도 전류에 의한 자기장이 셀수록 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되는 양이 많고, 낙하 시간이 길어진다. A가 B보다 낙하 시간이 길므로 전기 에너지로 전환되는 역학적 에너지의 양도 많다.

ㄷ. 낙하 시간은 C가 A보다 짧으므로 평균 가속도는 C가 A보다 크다. 따라서 C에 작용하는 평균 힘의 합력이 A에 작용하는 합력보다 크다. 이때 공기 저항을 무시하므로 C에는 중력만 작용하고, A에는 아래쪽으로 중력, 위쪽으로 유도 전류에 의한 자기력이 작용한다.

바로알기 ㄱ. A의 낙하 시간은 공기 중에서의 낙하 시간보다 길므로 A를 통과하며 낙하하는 자석에는 운동하는 방향의 반대 방향으로 힘이 작용함을 알 수 있다. 따라서 A는 유도 전류가 발생하는 도체이다.

2 발전기의 원리

ㄴ. 패러데이의 전자기 유도 법칙에 의해 코일의 회전 속력이 빠를수록 코일을 통과하는 자기력선속의 변화가 커져서 유도 기전력이 커지므로 유도 전류의 세기가 세진다.

ㄷ. 발전기의 코일을 회전시키는 데 필요한 에너지의 근원에 따라 수력 발전, 화력 발전, 원자력 발전 등으로 구분한다.

바로알기 ㄱ. 다음 순간 코일 내부를 통과하는 자기력선속이 감소하므로 렌츠 법칙에 의해 자기력선속의 감소를 방해하는 방향, 즉 같은 방향의 자기력선속이 생기도록 B 방향으로 유도 전류가 흐른다.

3 여러 가지 발전과 송전

ㄴ. 터빈이 회전하면, 코일이 자석 사이에서 회전하면서 패러데이 전자기 유도 법칙에 의해 전류가 유도된다.

바로알기 ㄱ. 화력, 원자력 발전에서는 에너지원을 이용하여 발생시킨 열에너지로 물을 끓여 터빈을 회전시킨다. 한편 수력 발전에서는 에너지원인 물의 퍼텐셜 에너지를 이용하여 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산하므로, 열 에너지를 이용하지 않는다.

ㄷ. 송전 과정에서 전력 손실을 줄이기 위해서는 변전소에서 변압기를 이용하여 전압을 높여야 한다. 이때 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ 에서 $V_1 < V_2$ 이기 위해서는 $N_1 < N_2$ 가 되어야 한다. 즉, 1차 코일보다 2차 코일의 감은 수를 많게 한다.

4 여러 가지 발전과 송전

ㄱ. 화력 발전에서는 에너지원인 화석 연료(석탄, 석유 등)를 연소시킨 열로 물을 가열하여 증기를 발생한다.

ㄴ. 우라늄이나 플루토늄은 핵 에너지를 가지고 있고, 원자로에서는 이 에너지원으로 물을 가열하여 증기를 발생시킨다. 따라서 원자로에서는 핵 에너지가 열 에너지로 전환된다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. (나)는 변전소로, 송전선에서 전력 손실을 줄이기 위해 전압을 높이는 역할을 한다.

5 전력 손실의 그래프

ㄴ. 기울기 = $\frac{\text{송전선에 걸린 전압}}{\text{송전 전류}} = \text{송전선의 저항이다.}$

ㄷ. (가)와 (나)에서 송전선의 저항, 즉 그래프의 기울기는 같다.

따라서 송전선의 저항을 R 라 하면, (가)에서 $R = \frac{V_{(가)}}{I} = \frac{2V}{I}$

이고 (나)에서 $R = \frac{V_{(나)}}{2I}$ 이다. 따라서 $4V_{(가)} = V_{(나)}$ 이다.

바로알기 ㄱ. ㉠의 면적은 송전 전압과 송전 전류의 곱으로, 공급 전력 P 와 같다.

6 송전 전력과 손실 전력

A, B에서 송전하는 전력을 P 라 하면, $P = VI$ 에 의해 $2V_A I_A = V_B I_B$ 이다. 따라서 $2I_A = I_B$ 가 되어 $I_A : I_B = 1 : 2$ 이다.

한편 A에서 손실 전력 $2P_0 = I_A^2 R_A$ 이고, B에서 손실 전력 $P_0 = I_B^2 R_B$ 이므로 $\frac{I_A^2 R_A}{2} = (2I_A)^2 R_B$ 에서 $R_A = 8R_B$ 이다. 따라서 $R_A : R_B = 8 : 1$ 이다.

7 전기 기구의 소비 전력 비교

ㄷ. 저항의 직렬 연결에서는 전압이 A와 B에 나뉘어 걸리므로 A에는 V 보다 작은 전압이 걸리고, 저항의 병렬 연결에서는 전원의 전압과 같은 전압이 걸리므로 A에는 V 의 전압이 걸린다. 따라서 A의 소비 전력은 (나)에서 (가)에서보다 크다.

바로알기 ㄱ. 저항의 직렬 연결에서 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 같다. 소비 전력 $P = VI = I^2 R$ 이므로 A의 소비 전력 $P_A = I^2 R$ 이고, B의 소비 전력 $P_B = 2I^2 R$ 이다. 따라서 A의 소비 전력은 B의 소비 전력보다 작다.

ㄴ. 저항의 병렬 연결에서 각 저항에 걸리는 전압의 크기는 같다. 소비 전력 $P = VI = \frac{V^2}{R}$ 이므로 A의 소비 전력 $P_A = \frac{V^2}{R}$ 이고, B의 소비 전력 $P_B = \frac{V^2}{2R}$ 이다.

더 알아보기

저항의 직렬 연결과 병렬 연결

① 저항을 직렬로 연결한 경우 : 각 저항에 흐르는 전류가 같다.

→ 각 저항에 걸리는 전압의 비는 각 저항의 저항값의 비와 같다. 또한 각 저항에 걸리는 전압의 합은 전체 전압과 같다.

② 저항을 병렬로 연결한 경우 : 각 저항에 걸리는 전압이 같다.

→ 각 저항에 흐르는 전류의 비는 각 저항의 $\frac{1}{\text{저항값}}$ 의 비와 같다. 또한 각 저항에 흐르는 전류의 합은 전체 전류와 같다.

8 전력 수송 과정에서의 손실 전력

ㄱ. 직렬 연결에서는 각 저항에 걸리는 전압이 저항에 비례한다. 따라서 (가)에 들어갈 값은 B 구간의 $\frac{1}{2}$ 배인 $\frac{V}{2}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 송전선에서 손실되는 전력 $P_r = I^2 r$ 이다. 이때 A 구간과 B 구간은 직렬 연결되어 있으므로 A, B 구간에 흐르는 전류의 세기는 같다. 따라서 손실 전력은 각 구간의 저항에 비례하므로 A 구간이 B 구간의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

ㄷ. C의 변전소에 공급된 전력은 공급 전력 P 에서 A, B 구간에서 각각 소비된 전력만큼 감소된 값이다.

A 구간의 소비 전력 $P_A = \frac{V_A^2}{R_A} = \frac{\left(\frac{V}{2}\right)^2}{lR} = \frac{V^2}{4lR}$ 이고, B 구간의

소비 전력 $P_B = \frac{V_B^2}{R_B} = \frac{V^2}{2LR}$ 이므로 C의 변전소에 공급된 전력
은 $P - \frac{V^2}{4LR} - \frac{V^2}{2LR} = P - \frac{3V^2}{4LR}$ 이다.

9 직류와 교류

(가)는 전류의 세기와 방향이 시간에 관계없이 일정한 직류를,
(나)는 전류의 세기와 방향이 주기적으로 변하는 교류를 나타
낸다.

ㄴ. (가)는 일정한 세기의 전류가 한 방향으로 흐르므로 안정된
전류를 필요로 하는 전기 기구에 사용한다.

ㄷ. (나)는 변압기를 이용하여 전압을 바꾸기 쉽다. 따라서 (나)
는 전압을 높여 송전선에서의 전력 손실을 줄여야 하는 전기 에
너지 수송에 유리한 형태이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 전압을 높이기 어려워 송전선에서의 전력
손실을 줄이기 어렵다.

10 송전선의 저항과 손실 전력

ㄱ. A가 B보다 긴 경로이므로, 송전선의 길이는 A가 B보다
길다. 따라서 송전선의 전체 저항은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 발전소에서 생산한 전력은 전압을 높이거나 낮추기 쉬운 교
류의 형태로 송전된다. 따라서 송전선에 흐르는 전류의 세기와
방향이 주기적으로 변하므로, 송전선 주위에는 전자기파가 발
생한다.

바로알기 ㄴ. 손실 전력 $P_r = I^2 r$ 이고, A와 B의 송전 전압이 같
다면 송전 전류 I 도 같다. 따라서 송전선의 저항 r 가 큰 A가 B
보다 손실 전력이 크다.

11 변압기의 원리

ㄱ. $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$ 에서 전류는 코일의 감은 수에 반비례한다. 1차 코
일의 감은 수는 2차 코일의 감은 수의 2배이므로 1차 코일에
흐르는 전류 (가)는 2차 코일에 흐르는 전류 (다)의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

바로알기 ㄴ. $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$ 에서 전압은 코일의 감은 수에 비례한다.

2차 코일의 감은 수는 1차 코일의 감은 수의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 2차
코일의 전압은 1차 코일의 $\frac{1}{2}$ 배인 110 V이다.

ㄷ. 1차 코일에 공급되는 전력과 2차 코일에 유도되는 전력은
같으므로 (라)는 220(W)이다. 따라서 전기 에너지 $E = Pt =$
 $220 \text{ W} \times 60 \text{ s} = 13200 \text{ J} = 13.2 \text{ kJ}$ 이다.

12 변압기의 원리

1차 코일에 흐르는 전류를 I_1 이라 하면, r 에서 소비되는 전력
 $P_1 = I_1^2 r = 2P_0$ 이므로 $P_0 = \frac{I_1^2 r}{2}$ 이다. 또한 2차 코일에 흐르는

전류를 I_2 라 하면, $2r$ 에서 소비되는 전력 $P_2 = 2I_2^2 r = P_0$ 이다.
따라서 $2I_2^2 r = \frac{I_1^2 r}{2}$ 에서 $I_1 = 2I_2$ 이다. 한편 변압기에서 $\frac{N_1}{N_2}$
 $= \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$ 이므로 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $N_1 : N_2 = 1 : 2$ 이다.

15 핵에너지와 여러 가지 발전

본책 159~161쪽

수능 기본 다지기

STEP 1

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 (1) ㄱ, ㄴ (2) ㄴ, ㄷ (3) ㄷ 3 ㉠ 94, ㉡ 54
4 $2.322 \times 10^{-12} \text{ J}$ 5 (1) $^{235}_{92}\text{U}$ (2) 감소 6 (1) 경 (2) 중 (3) 중
7 (1) ㉠ 방사성, ㉡ 방사선 (2) ㉠ α , ㉡ β 8 (1) × (2) ○ 9 (1) ㄷ
(2) ㄱ (3) ㄴ 10 (1) 풍력 발전 (2) 지열 발전 (3) 태양열 발전

STEP 2

- 11 ㉠ 12 ㉠ 13 ㉠ 14 ㉠ 15 ㉠ 16 ㉠ 17 ㉠ 18 ㉠

개념 확인 문제

S · T · E · P 1

1 (1) 원자핵은 원자 질량의 대부분을 차지하며, (+)전하를 띠
양성자와 전기적으로 중성인 중성자로 이루어져 있다. 따라서
원자핵은 (+)전하를 띤다.

(3) 동위 원소는 원자 번호, 즉 원자핵 속의 양성자수는 같으나
중성자수가 다른 원소를 의미한다.

3 ㉠ : 원소 기호 왼쪽 윗부분에 있는 값은 질량수를 나타낸
다. 질량수 보존 법칙에 의해 핵반응 전후 질량수의 총합은 같
아야 하므로 $235 + 1 = 94 + 140 + (2 \times 1)$ 에서 ㉠은 94이다.

㉡ : 원소 기호 왼쪽 아랫부분에 있는 값은 양성자수를 나타낸
다. 전하량 보존 법칙에 의해 핵반응 전후 양성자수의 총합은
같아야 하므로, $92 + 0 = 38 + ㉡ + (2 \times 0)$ 에서 ㉡은 54이다.

$$4 E = \Delta mc^2 = 2.58 \times 10^{-29} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 \\ = 2.322 \times 10^{-12} \text{ J}$$

5 (1), (2) $^{235}_{92}\text{U}$ 가 속력이 느린 저속 중성자를 흡수하면 핵분열
이 일어나면서 2~3개의 고속 중성자를 방출한다. 따라서 우라
늄에서 연쇄 반응이 일어나기 위해서는 핵분열 시 방출한 고속
중성자의 속력을 감소시키는 물질, 즉 감속재가 필요하다.

6 (1) 경수로는 연료로 저농축 우라늄을, 감속재로 경수(일반
적인 물)를 사용한다.

(2), (3) 중수로는 연료로 천연 우라늄을, 감속재로 중수를 사용
한다. 천연 우라늄은 저농축 우라늄에 비해 값이 싸다. 한편 중
수는 경수보다 얻기가 어렵다.

8 (1) γ 붕괴는 원자핵이 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준
위로 전이할 때 γ 선을 방출하는 현상으로, 이때 원자핵의 변환
은 일어나지 않는다.

(2) 방사선의 양을 나타내는 단위로 Bq(벵퀸), Sv(시버트),
Gy(그레이) 등을 사용한다.

11 원자핵의 표기와 동위 원소

ㄱ. (가)와 (나)는 양성자수가 92로 같고, 중성자수가 다르므로 동위 원소이다.

ㄴ. 중성자수 = 질량수 - 양성자수이므로 (나)의 중성자수 = $238 - 92 = 146$ 이다.

ㄷ. 원소 기호 왼쪽 아랫부분의 값이 원자 번호이므로 (다)의 원자 번호는 56이다.

12 핵분열과 질량 결손

철수 : 핵분열은 입자의 충돌로 불안정해진 큰 원자핵이 2개 이상의 다른 작은 원자핵으로 나누어지는 반응이다.

영희 : 핵분열이 일어나면 핵반응 후 질량의 합이 핵반응 전보다 줄어들게 되는 질량 결손이 발생하므로, 핵분열로 생성된 원자핵들의 질량 합은 분열 전 원자핵의 질량보다 작다.

민수 : 핵분열 과정에서 감소한 질량이 에너지로 전환되므로, 많은 양의 에너지가 방출된다.

13 핵융합과 핵분열에서의 핵반응식

ㄱ. A는 중수소(${}^2_1\text{H}$)와 삼중수소(${}^3_1\text{H}$)가 핵융합하여 헬륨 원자핵(${}^4_2\text{He}$)을 생성하는 핵융합 반응이다.

바로알기 ㄴ. A에서 전하량 보존 법칙에 의해 핵반응 전 양성자수 = $1 + 1 = 2$ 이므로 핵반응 후 양성자수도 2이다. 따라서 (가)에 들어갈 입자는 전하를 띠지 않는 중성자이다.

ㄷ. 전하량 보존 법칙에 의해 B에서 $92 + (\text{나})$ 의 전하량 = $56 + 36 + 3 \times 0$ 이다. 따라서 (나)는 전하량이 0, 즉 전기적으로 중성인 입자이다.

14 원자로와 우라늄 원자핵의 분열

ㄴ. 핵분열 시 방출되는 에너지는 핵반응 전에 비하여 감소한 질량이 에너지로 전환된 것이다.

바로알기 ㄱ. 우라늄 동위 원소 중 저속 중성자를 흡수하여 핵분열하는 것은 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 이다. ${}^{238}_{92}\text{U}$ 은 고속 중성자를 흡수하여 ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 로 변환되는 성질이 있다.

ㄷ. 고속 중성자의 속력을 감소시켜 저속 중성자가 되게 하는 것은 감속재이다. 원자로에서는 감속재로 물(경수 또는 중수)을 사용한다.

15 경수로와 중수로

ㄱ. (가)에서는 감속재로 경수(H_2O)를 이용하고, (나)에서는 감속재로 중수(D_2O)를 이용한다.

ㄷ. (가), (나) 모두 핵연료가 핵분열할 때 발생한 에너지로 물을 끓여 증기를 발생시켜 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산한다.

바로알기 ㄴ. (가)에서는 저농축 우라늄을, (나)에서는 천연 우라늄을 연료로 사용한다.

16 α 붕괴, β 붕괴, γ 붕괴

ㄷ. 방사선의 종류나 에너지에 따라 인체에 미치는 영향이 다르다. 이를 나타낸 물리량을 등가선량이라 하고, 단위로 Sv(시버

트)를 사용한다.

바로알기 ㄱ. α 의 질량수 = $238 - 234 = 4$, 양성자수 = $92 - 90 = 2$ 이다. 따라서 α 의 중성자수 = $4 - 2 = 2$ 로, 양성자수와 같다.

ㄴ. β 의 양성자수 = $5 - 6 = -1$ 이다. 따라서 β 는 음(-)전하를 띤다.

17 태양 전지의 원리

ㄴ, ㄷ. p-n 접합면에서 전기장이 생겨 전자는 n형 반도체 쪽으로, 양공은 p형 반도체 쪽으로 이동하여 n형 반도체는 (-)전극, p형 반도체는 (+)전극을 형성하므로 외부 회로를 통해 전류가 흐른다.

바로알기 ㄱ. 태양 전지는 발전기가 필요없이 빛에너지를 전기 에너지로 직접 전환하는 장치이다.

18 여러 가지 발전 방식

ㄴ. 조류 발전은 조석 현상에 따른 바닷물의 흐름으로 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산하는 발전 방식이다.

ㄷ. 지열 발전은 땅속의 열을 이용하는 발전 방식이므로, 계절과 기후의 영향을 받지 않는다.

바로알기 ㄱ. 태양열 발전은 오목 거울을 이용하여 태양열을 모아 만든 증기로 터빈을 돌리는 발전 방식이다. 태양 전지를 이용한 발전은 태양광 발전이다.

수능 유형 분석하기

본책 162쪽

1 ③ 2 ②

1 전하량 보존과 질량수 보존

질량수와 전하량은 핵반응 전후 보존된다. 또한 전자는 질량수가 0, 전하량이 -1인 입자이다.

ㄷ. 양성자수 : $6 = X$ 의 양성자수 - 1, $\therefore X$ 의 양성자수 = 7

바로알기 ㄱ. 질량수 : $14 = X$ 의 질량수 + 0, $\therefore X$ 의 질량수 = 14

ㄴ. 중성자수 = 질량수 - 양성자수 = $14 - 7 = 7$

2 태양 전지의 원리

ㄷ. 전기장의 방향은 양공인 B가 이동하는 방향과 같다.

바로알기 ㄱ. n형 반도체 쪽으로 이동하는 A가 전자, p형 반도체 쪽으로 이동하는 B가 양공이다.

ㄴ. 전자가 n형 반도체로부터 외부 회로를 통해 p형 반도체 쪽으로 이동하므로 전자의 이동 방향은 $P \rightarrow Q$ 이다.

수능 실력 굳히기

본책 163~165쪽

1 ⑤ 2 ③ 3 ② 4 ② 5 ③ 6 ⑤ 7 ③ 8 ⑤
9 ② 10 ③ 11 ⑤ 12 ⑤

1 핵융합과 핵분열 과정

ㄴ. ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + \text{①}$ 이 성립하므로, ①은 질량수가 1이고 양성자수가 0인 입자이다. 따라서 ①은 중성자(${}^1_0\text{n}$)이다.

ㄷ. 핵융합과 핵분열 모두 질량 결손에 의한 에너지를 방출한다.

바로알기 ㄱ. ${}^{235}_{92}\text{U}$ 의 양성자수는 92이고, 질량수는 235이다.

2 핵반응식과 질량 결손

핵반응 결과 질량 결손에 의해 에너지가 방출되었으므로 다음과 같은 질량 관계가 성립한다.

$${}^4_2\text{He} < 4({}^1_1\text{H}), {}^4_2\text{He} < 2({}^2_1\text{H}) \dots (i)$$

또한 방출된 에너지가 클수록 결손된 질량이 큰 것이므로 다음과 같은 질량 관계가 성립한다.

$$2({}^2_1\text{H}) - {}^4_2\text{He} < 4({}^1_1\text{H}) - {}^4_2\text{He}, \therefore 2({}^2_1\text{H}) < 4({}^1_1\text{H}) \dots (ii)$$

따라서 (i), (ii)에 의해 ${}^4_2\text{He} < 2({}^2_1\text{H}) < 4({}^1_1\text{H})$ 이다.

3 핵반응식과 질량 결손

ㄴ. (가)에서 원자핵 X 2개가 융합하여 ${}^4_2\text{He}$ 가 되었으므로, X는 질량수와 양성자수가 모두 ${}^4_2\text{He}$ 의 $\frac{1}{2}$ 배인 ${}^2_1\text{H}$ 이다. 표에서 질량수가 2이고 양성자수, 즉 원자 번호가 1인 원자핵의 질량은 M_2 이고, 질량수가 4이고 원자 번호가 2인 ${}^4_2\text{He}$ 의 질량은 M_5 이다. 따라서 (가)의 핵반응에서 결손된 질량은 $2M_2 - M_5$ 이다.

바로알기 ㄱ. ${}^4_2\text{He}$ 의 양성자수는 2이고, 질량수는 4이다. 이때 질량수는 중성자수와 양성자수의 합이므로, 중성자수 = $4 - 2 = 2$ 이다.

ㄷ. (나)는 ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + Y$ 이므로, Y는 질량수가 1이고 양성자수가 0인 입자인 중성자(${}^1_0\text{n}$)이다.

4 우라늄 동위 원소

ㄷ. ${}^{235}_{92}\text{U}$ 는 중성자를 흡수하면 핵분열이 일어나고, 이때 2~3개의 중성자를 방출한다. 한편 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 는 중성자를 흡수하면 ${}^{239}_{92}\text{Pu}$ 로 변환하고, 중성자를 방출하지 않는다. 따라서 핵폭탄과 같이 연쇄적인 핵분열이 일어나 큰 에너지를 방출하기 위해서는 천연 우라늄에서 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 의 비율을 높은 농축 우라늄을 사용한다.

바로알기 ㄱ. 질량수가 ${}^{235}_{92}\text{U} < {}^{238}_{92}\text{U}$ 이므로 질량은 ${}^{235}_{92}\text{U} < {}^{238}_{92}\text{U}$ 이다.

ㄴ. 동위 원소 관계인 두 원자핵은 원자 번호, 즉 양성자수는 같고 중성자수가 다르다. 따라서 두 원자핵의 전하량은 같다.

5 원자로에서의 핵분열

ㄱ. (가)의 질량수를 n , 양성자수를 p 라 하면, 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$\bullet \text{ 질량수 보존 법칙 : } 235 + n = 141 + 92 + 3n, \therefore n = 1$$

$$\bullet \text{ 전하량 보존 법칙 : } 92 + p = 56 + 36 + 3p, \therefore p = 0$$

따라서 (가)는 질량수가 1, 양성자수가 0인 입자인 중성자이다.

ㄴ. 크립톤의 중성자수 = 질량수 - 양성자수 = $92 - 36 = 56$ 이다.

바로알기 ㄷ. 핵반응 후 방출된 에너지는 질량 결손에 의한 것이다. 따라서 핵반응 전과 후 입자들의 질량수는 보존되지만, 질량의 총합은 감소한다.

6 경수로와 중수로

ㄱ. ㄴ. ①의 감속재인 경수(물)는 구하기가 쉽고, ②의 연료인 천연 우라늄은 저농축 우라늄이나 고농축 우라늄보다 가격이 저렴하다.

ㄷ. ③은 증기로, 원자로는 연료를 이용해 발생한 열로 물을 끓일 때 발생하는 증기를 이용해 터빈을 돌린다.

7 고속 증식로에서의 핵분열 과정

ㄱ. 고속 증식로는 활용 가치가 없는 천연 우라늄 속의 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 을 ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 로 만들어 연료로 사용하는 원자로이다.

ㄴ. ${}^{238}_{92}\text{U}$ 은 고속 중성자를 흡수하면 ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 로 변환한다. 한편 ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 는 고속 중성자를 흡수하면 핵분열 후 2~3개의 고속 중성자를 방출한다. 이 중성자를 다른 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 이 흡수하면서 핵연료의 증식이 일어난다.

바로알기 ㄷ. 고속 중성자를 감속시키지 않고 계속 반응에 사용하므로 감속재는 필요없지만, 원자로에서 발생하는 열을 조절하는 냉각재가 필요하다.

8 방사성 붕괴

ㄱ. A가 B로 될 때 중성자 1개가 감소하고 양성자 1개가 증가한다. 이때 전하량과 질량수는 보존되어야 하므로, 이 과정에서 질량수가 0, 전하량이 -1인 입자인 전자, 즉 β 선이 방출된다.

ㄴ. A와 D는 양성자수는 같고 중성자수가 다르다. 따라서 A와 D는 동위 원소이다.

ㄷ. α 붕괴는 헬륨 원자핵(${}^4_2\text{He}$)을 방출하는 방사성 붕괴이다. 헬륨 원자핵은 양성자수가 2, 중성자수가 2이므로 α 붕괴가 일어나면 양성자수와 중성자수가 각각 2씩 감소한다. 따라서 전체 과정에서 α 붕괴는 3번 일어났다.

9 태양 전지의 원리

ㄷ. 빛을 비추면 전자가 n형 반도체로부터 외부 회로를 통해 p형 반도체 쪽으로 이동하므로, 전류의 방향은 전자의 이동 방향과 반대인 $Q \rightarrow \text{전구} \rightarrow P$ 이다.

바로알기 ㄱ. 태양 전지는 n형 반도체와 p형 반도체를 접합한 구조이다. 빛이 비치지 않을 때 A에는 전자, B에는 양공이 있으므로 A는 n형 반도체이고 B는 p형 반도체이다.

ㄴ. 빛을 비추면 A와 B에 전자와 양공이 많이 생성되어, p-n 접합면에 만들어진 전기장에 의해 전자는 n형 반도체인 A 쪽으로, 양공은 p형 반도체인 B 쪽으로 이동한다.

10 태양 전지와 발광 다이오드

ㄱ. LED에서 빛이 방출되는 것은 회로에 전류가 흐르는 것을 의미한다. 다이오드에서 전류는 p형 $\rightarrow$ n형으로 흐르므로 전류는 B에서 나와 LED와 저항을 차례로 거친 후 A로 흐른다. 즉 B는 (+)극, A는 (-)극이므로 전자는 접합면에서 A 쪽으로 이동한다.

ㄴ. 빛이 방출되는 것은 LED의 접합면에서 전자와 양공이 결합할 때 띠틈의 에너지 차이만큼 에너지를 방출하는 것이다.

바로알기 ㄷ. a, b를 바꾸면 LED의 p형에 (-)극이 연결된다. 따라서 회로에 전류가 흐르지 않게 되어 LED는 빛을 방출하지 않는다.

11 연료 전지의 원리

- ㄱ. 전지의 음극(A)에 주입한 수소가 이온화되면서 전자를 내놓고, 수소 이온(H^+)은 중간지 전해질을 통해 양극(B) 쪽인 ㉠ 방향으로 이동하여 전류를 흐르게 한다.
- ㄴ. 전자는 외부 회로를 통해 음극에서 양극으로 이동하므로 전자의 이동 방향은 $P \rightarrow$ 전구 $\rightarrow Q$ 이다.
- ㄷ. A는 음극으로, 음극에서는 수소가 전자를 잃는 이온화(산화) 반응이 일어난다. ($H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$)

12 여러 가지 발전 방식

- ㄱ. 화석 연료를 연소시켜 발생하는 에너지를 이용하는 발전 방식은 화력 발전이다. 따라서 A는 화력 발전 방식이다.
- ㄷ. 전자기 유도 현상을 이용하여 전기 에너지를 생산하는 발전 방식에는 발전기를 사용한다. 수력, 화력, 원자력 발전에는 발전기를 사용하지만, 태양광 발전에서는 태양 전지를 사용하여 빛에너지를 전기 에너지로 직접 전환시킨다. 따라서 D는 날씨의 영향을 많이 받는 태양광 발전 방식이다.
- 바로알기** ㄴ. 물의 중력 퍼텐셜 에너지 차를 이용한 발전 방식은 수력 발전으로, 수력 발전에서는 열에너지를 운동 에너지로 바꾸는 과정이 필요 없다.

16 돌림힘과 힘의 평형

수능 기본 다지기

본책 168~169쪽

S.T.E.P ①

- 1 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ 2 0.25 N·m 3 (1) 역학적 (2) 무게 중심 (3) 복원력
4 (1) 2 (2) 200 (3) 50 (4) 50

S.T.E.P ②

- 5 ③ 6 ① 7 ⑤ 8 ② 9 ③ 10 ③

개념 확인 문제

S.T.E.P ①

- 1 (1) 지레의 팔과 평행한 방향으로 힘이 작용하면 수직 방향으로 작용하는 힘이 0이 되어 돌림힘의 크기가 0이 된다.
- 2 $\tau = rF \sin \theta = 0.1 \text{ m} \times 5 \text{ N} \times \sin 30^\circ = 0.25 \text{ N} \cdot \text{m}$
- 4 (1) 균일한 물체의 무게 중심은 물체의 중앙, 즉 받침대로부터 2 m 떨어진 지점에 있다.
(2) $\tau = rF = 2 \text{ m} \times (10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2) = 200 \text{ N} \cdot \text{m}$
(3) 막대가 수평인 상태를 유지하고 있으므로 무게 중심에 의한 돌림힘과 손에 의한 돌림힘이 평형 상태이다.
따라서 $200 \text{ N} \cdot \text{m} = 4 \text{ m} \times F_{\text{손}}$ 에서 손이 막대를 받치는 힘의 크기 $F_{\text{손}} = 50 \text{ N}$ 이다.

- (4) 막대가 역학적 평형 상태에 있으므로, 받침대와 손이 막대를 받치는 힘과 막대에 작용하는 중력은 힘의 평형 상태이다. 따라서 $F_{\text{받}} + 50 \text{ N} = 100 \text{ N}$ 에서 받침대가 막대를 받치는 힘 $F_{\text{받}} = 50 \text{ N}$ 이다.

수능 기본 문제

S.T.E.P

2

5 시소에서 돌림힘의 크기

- 시소는 수평을 유지하므로 시계 반대 방향으로 작용하는 영희의 무게에 의한 돌림힘($\tau_{\text{영희}} = 2 \text{ m} \times 200 \text{ N} = 400 \text{ N} \cdot \text{m}$)의 크기는 시계 방향으로 작용하는 철수의 무게에 의한 돌림힘의 크기와 같다. 따라서 시계 방향으로 작용하는 돌림힘의 크기는 $400 \text{ N} \cdot \text{m}$ 임을 알 수 있다.

6 돌림힘의 평형

- ㄱ. 나무 막대가 회전하지 않고 정지해 있으므로, 나무 막대에 작용하는 모든 돌림힘의 합은 0이다.
- 바로알기** ㄴ. 시계 방향과 시계 반대 방향의 돌림힘이 평형을 이루어야 한다. 따라서 $0.2 \text{ m} \times F_A = 0.4 \text{ m} \times F_B$ 에서 $F_A = 2F_B$ 이다.
- ㄷ. C 지점은 B 지점보다 회전축으로부터의 거리가 길다. 따라서 F_B 를 C 지점에 작용하면 F_A 에 의한 돌림힘 $0.2F_A$ 보다 크기가 커지게 되어, 나무 막대는 ㉠ 방향으로 회전한다.

7 축바퀴에서의 돌림힘

- ㄴ. 질량 1 kg인 물체가 0.5 m 올라갈 때 축바퀴가 물체에 한 일의 양은 $1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0.5 \text{ m} = 5 \text{ J}$ 이다. 일의 원리에 의해 사람과 축바퀴가 한 일의 양은 같으므로 사람이 줄을 당길 때 한 일의 양도 5 J이다. 따라서 $5 \text{ N} \times x = 5 \text{ J}$ 에서 사람이 줄을 당긴 거리 $x = 1 \text{ m}$ 이다.
- ㄷ. 자전거는 축바퀴의 원리를 이용한 도구로, 뒷바퀴에 연결된 톱니바퀴의 반지름이 클수록 작은 힘으로 페달을 돌릴 수 있다.
- 바로알기** ㄱ. 축바퀴는 돌림힘을 이용하는 도구로, 물체가 올라갈 때 큰 바퀴와 작은 바퀴에 작용하는 돌림힘은 같다. 따라서 $0.1 \text{ m} \times 1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 0.2 \text{ m} \times F$ 에서 $F = 5 \text{ N}$ 이다.

8 지레에서의 역학적 평형

- ㄴ. $40 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ m} \times F$ 에서 $F = 40 \text{ N}$ 이다.
- 바로알기** ㄱ. 물체의 무게에 의한 돌림힘 $= 2 \text{ m} \times 2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 40 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다. 이때 지레는 돌림힘의 평형 상태이므로 F 에 의한 돌림힘의 크기도 $40 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.
- ㄷ. 지레에 작용하는 힘은 평형 상태이므로 받침대가 받치는 힘의 크기 = 물체의 무게 + $F = 20 \text{ N} + 40 \text{ N} = 60 \text{ N}$ 이다.

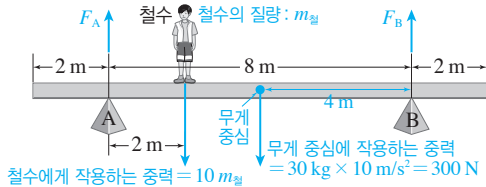
9 역학적 평형 상태와 복원력

- ㄱ. 물체 A는 무게 중심이 바닥면을 벗어나지 않아 복원력이 작용하여 안정한 상태로 돌아간다.
- ㄴ. 물체 B는 무게 중심이 바닥면 위에 있으므로 안정한 상태이다.

바로알기 ㄷ. 물체 A에는 복원력이 작용하여 시계 방향으로 회전하게 된다. 따라서 A는 돌림힘의 평형 상태가 아니다. 한편 물체 B는 안정된 상태이므로 돌림힘의 평형 상태이다.

10 역학적 평형

ㄱ. 장대의 밀도가 균일하므로, 장대의 무게 중심은 A와 B의 가운데 지점에 있다. 따라서 장대의 무게 중심으로부터 B까지의 거리는 4 m이다.



ㄴ. A와 B가 떠받치는 힘을 각각 F_A , F_B , 철수의 질량을 $m_{\text{철}}$ 이라 하고, 편의상 회전축을 B 지점으로 잡으면, 장대에 작용하는 돌림힘은 다음과 같다.

- 시계 방향 : $8 \text{ m} \times F_A = 8 \text{ m} \times 600 \text{ N} = 4800 \text{ N} \cdot \text{m}$
- 시계 반대 방향 : $6 \text{ m} \times 10m_{\text{철}} + 4 \text{ m} \times 300 \text{ N}$

장대가 수평인 상태를 유지하고 있으므로 역학적 평형 상태이고, 이에 따라 돌림힘의 평형을 만족해야 한다. 따라서 $4800 = 60m_{\text{철}} + 1200$ 에서 $m_{\text{철}} = 60(\text{kg})$ 이다.

바로알기 ㄷ. 역학적 평형 상태이므로 힘의 평형을 만족해야 한다. 따라서 $F_A + F_B = m_{\text{철}}g + m_{\text{장대}}g$ 에서 $F_B = 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 + 30 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 - 600 \text{ N} = 300 \text{ N}$ 이다.

수능 유형 분석하기

본책 170쪽

1 ③ 2 ②

1 돌림힘의 평형

(가)에서 받침대를 회전축으로 하면, A의 무게에 의한 돌림힘과 막대의 무게 중심에 의한 돌림힘이 평형을 이루고 있다. 막대의 무게 중심은 가운데 지점, 즉 받침대로부터 오른쪽으로 1 m 떨어져 있으므로, $4 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 1 \text{ m} \times (8 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2)$ 에서 A의 질량 $m = 2 \text{ kg}$ 이다.

(나)에서 A와 B의 무게에 의한 돌림힘과 막대의 무게 중심에 의한 돌림힘이 평형을 이루고 있다. B의 질량을 m_B 라고 하면, $4 \text{ m} \times 10m_B + 1 \text{ m} \times 20 \text{ N} = 1 \text{ m} \times 80 \text{ N}$ 에서 $m_B = 1.5 \text{ kg}$ 이다.

2 역학적 평형

역학적 평형 상태이므로 돌림힘의 평형과 힘의 평형을 동시에 만족한다. 이때 회전축을 줄이 묶인 부분으로 잡으면, 무게 중

심은 회전축으로부터 0.2 m 지점에 있다. 따라서 물체의 질량을 m 이라 하면 돌림힘의 평형에 의해 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\underbrace{0.2 \text{ m} \times 5 \text{ N}}_{\text{무게 중심에 의한 돌림힘}} + \underbrace{0.1 \text{ m} \times 10 \text{ N}}_{\text{추에 의한 돌림힘}} = \underbrace{0.1 \text{ m} \times 10m}_{\text{물체에 의한 돌림힘}}, \therefore m = 2 \text{ kg}$$

또한 손이 줄을 당기는 힘의 크기를 F 라 하면, 힘의 평형에 의해 $F = 5 \text{ N} + 10 \text{ N} + 20 \text{ N} = 35 \text{ N}$ 이다.

수능 실력 굳히기

본책 171~173쪽

1 ③ 2 ② 3 ① 4 ③ 5 ③ 6 ④ 7 ⑤ 8 ①
9 ① 10 ① 11 ② 12 ②

1 팔씨름에서의 돌림힘

ㄱ. A가 B에 힘을 작용하면, B의 팔꿈치를 회전축으로 하여 B의 팔이 회전 운동을 한다. 마찬가지로 B가 A에 힘을 작용하면, A의 팔꿈치를 회전축으로 하여 A의 팔이 회전 운동을 한다. 따라서 A가 B에 힘을 작용하는 지점에서 회전축까지의 거리는 (가)가 (나)보다 길다.

ㄴ. B가 A에 힘을 작용하는 지점에서 회전축(A의 팔꿈치)까지의 거리는 (가)와 (나)에서가 같으므로 B에 의한 돌림힘의 크기가 같다. 한편 A가 B를 이기기 위해서는 A에 의한 돌림힘이 B보다 커야 한다. 따라서 A가 이기기 위해서는 회전축까지의 거리가 짧은 (나)에서가 (가)에서보다 더 큰 힘을 주어야 한다.

바로알기 ㄷ. (나)에서 A와 B가 어느 쪽으로도 움직이지 않는다면, A가 B에 작용한 돌림힘과 B가 A에 작용한 돌림힘의 크기가 같은 것이다. 한편 힘을 작용한 지점에서 회전축까지의 거리는 B가 A보다 길므로, 서로에게 가한 힘의 크기는 A가 B보다 크다.

2 돌림힘의 평형

ㄴ. $\theta_1 = \theta_2$ 이면 $lF_1 = 2lF_2$ 이므로 $F_1 = 2F_2$ 이다.

바로알기 ㄱ. 막대가 정지해 있으므로 막대는 돌림힘의 평형 상태이다. 돌림힘의 크기는 $lF_1 \sin \theta_1 = 2lF_2 \sin \theta_2$ 이므로 $F_1 = F_2$ 이면 $\sin \theta_1 = 2 \sin \theta_2$ 이다. 따라서 θ_1 과 θ_2 의 크기는 다르다.

ㄷ. $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ 이므로 $\frac{\sqrt{3}}{2}F_1 = F_2$ 이다.

3 드라이버에서의 돌림힘

ㄷ. 자동차의 핸들은 회전 반경을 크게 하여 작은 힘을 들여서 핸들을 돌릴 수 있도록 하는 돌림힘을 이용한 도구이다.

바로알기 ㄱ. 손잡이에 작용한 돌림힘과 드라이버 앞부분에 작용하는 돌림힘의 크기는 같다. 돌림힘은 반지름과 작용하는 힘의 크기에 비례하므로 r_1 이 r_2 의 2배이면 F_1 은 F_2 의 $\frac{1}{2}$ 배가 되어야 한다.

ㄴ. 손잡이에서 작용하는 돌림힘과 앞부분에서 작용하는 돌림힘은 크기가 같으므로 손잡이에서 작용하는 돌림힘 r_1F_1 은 앞부분에서 작용하는 돌림힘 r_2F_2 와 같다.

4 돌림힘의 평형

막대가 정지해 있으므로 돌림힘의 평형 상태이다. 물통이 있는 부분을 회전축, 어깨가 받치는 힘을 F , 시계 방향을 $(-)$ 로 하면 $2L \times F - 3L \times 20 \text{ N} = 0$ 이므로 $F = 30 \text{ N}$ 이다.

5 지레에서의 역학적 평형

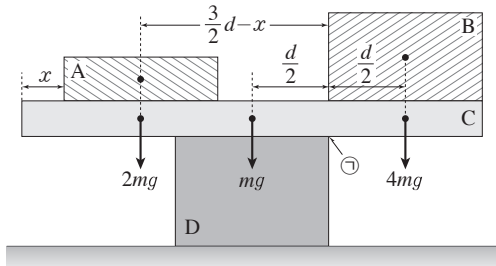
ㄱ. 회전축 A에 걸린 막대가 정지해 있으므로 돌림힘의 합은 0이다. 따라서 $0.01 \text{ m} \times m \times 10 \text{ m/s}^2 = 0.02 \text{ m} \times 1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$ 에서 $m = 2 \text{ kg}$ 이다.

ㄴ. 회전축 A가 균일한 막대를 받쳐 올리는 힘의 크기는 두 추와 막대의 무게의 합 $(= 3.5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 35 \text{ N})$ 과 같다. 따라서 A가 막대를 받쳐 올리는 힘의 크기는 35 N 이다.

바로알기 ㄷ. 시계 반대 방향을 $(+)$ 라고 할 때, $0.02 \text{ m} \times 20 \text{ N} - 0.02 \text{ m} \times 10 \text{ N} = 0.2 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.

6 돌림힘의 평형

D의 오른쪽 끝의 위쪽 모서리(㉠)를 회전축으로 하면, C에 작용하는 A~C의 무게 중심에 의한 돌림힘은 그림과 같다.



평형을 유지하기 위해 x 가 최댓값을 가질 때는 A와 C에 의한 돌림힘의 합과 B에 의한 돌림힘의 크기가 같을 때이다. 따라서 $\frac{d}{2} \times mg + \left(\frac{3d}{2} - x\right) \times 2mg = \frac{d}{2} \times 4mg$ 에서 $x = \frac{3}{4}d$ 이다.

7 역학적 평형

막대가 줄에 매달려 수평으로 정지하고 있으므로 돌림힘의 합은 0이다.

시계 반대 방향을 $(+)$ 라 하면

$$\tau = (2l \times Mg) - (2l \times mg + 6l \times F) = 0 \rightarrow F = \frac{1}{3}g(M - m)$$

줄이 막대를 당기는 힘은 M 에 작용하는 중력, 막대에 작용하는 중력, 그리고 힘 F 의 합과 같다.

$$\therefore \text{줄이 막대를 당기는 힘} = Mg + mg + \frac{1}{3}g(M - m) = \frac{2}{3}g(2M + m)$$

8 역학적 평형

• A에 역학적 평형 적용

A를 철수가 위로 떠받치는 힘을 F_1 , 영희가 위로 떠받치는 힘을 F_2 라고 하면 힘의 평형에 의해 $F_1 + F_2 = (10 \text{ kg} + 10 \text{ kg}) \times 10 \text{ m/s}^2 = 200 \text{ N}$ 이 성립한다. ... (i)

또한 영희 손의 위치를 회전축으로 할 때, 돌림힘의 평형에 의해 $5 \text{ m} \times F_1 = (5 \text{ m} - x) \times 100 \text{ N} + \frac{5}{2} \text{ m} \times 100 \text{ N}$ 이 성립한다. 이 식을 정리하면 $F_1 = 150 - 20x$ 이다. ... (ii)

• B에 역학적 평형 적용

작용 반작용 법칙에 의해 철수와 영희가 A를 떠받치는 힘의 크기만큼 A가 철수와 영희를 누른다. 따라서 B를 철수가 누르는 힘은 $F_1 + 700 \text{ N}$ 이고, 영희가 누르는 힘은 $F_2 + 500 \text{ N}$ 이다. 따라서 B의 무게 중심을 회전축으로 할 때, 돌림힘의 평형에 의해 $2 \text{ m} \times (F_1 + 700 \text{ N}) = 3 \text{ m} \times (F_2 + 500 \text{ N})$ 이 성립한다. 이 식을 정리하면 $2F_1 - 3F_2 = 100$ 이다. ... (iii)

(i), (ii), (iii)을 연립하면 $x = 0.5 \text{ m}$ 이다.

9 역학적 평형

ㄱ. 막대의 밀도가 균일하고 두께를 무시할 수 있으므로, 막대의 무게 중심은 P점으로부터 $\frac{l+2l}{2} = \frac{3l}{2}$ 만큼 떨어져 있다.

바로알기 ㄴ. P점을 회전축으로 하면, 막대 및 물체의 무게에 의한 돌림힘의 합과 F 에 의한 돌림힘이 평형을 이룬다. 따라서 $mgl + \frac{3l}{2} \times \frac{mg}{2} = 3lF$ 에서 $F = \frac{7mg}{12}$ 이다.

ㄷ. 받침대가 P점을 받치는 힘(F_P)과 F 의 합력은 막대 및 물체의 무게와 평형이다. 따라서 $F_P = mg + \frac{mg}{2} - \frac{7mg}{12} = \frac{11mg}{12}$ 이다.

10 역학적 평형

역학적 평형 상태는 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 모두 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} \text{• 힘의 평형 : } F_A + F_B &= 6 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 + 2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 80 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{• 돌림힘의 평형 : } 0 \times F_A + 4 \text{ m} \times F_B \\ &= 3 \text{ m} \times 6 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 + 6 \text{ m} \times 2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ \therefore F_B &= 75 \text{ N} \end{aligned}$$

두 식을 연립하여 풀면 $F_A = 5 \text{ N}$, $F_B = 75 \text{ N}$ 이다.

11 역학적 평형

B가 A를 받치는 힘을 F_B 라고 하면, 왼쪽 끝을 회전축으로 할 때 돌림힘의 평형에 의해 $3 \text{ m} \times 20 \text{ N} = 6 \text{ m} \times F_B$ 이다. 따라서 $F_B = 10 \text{ N}$ 이다.

한편 B가 A를 10 N 의 힘으로 받치는 만큼, A도 B를 10 N 의 힘으로 누른다. 따라서 B의 질량을 m 이라 하면, B가 C를 누르는 힘 $= F_B + mg = 10 + 10m$ 이다.

받침대가 있는 부분을 C의 회전축으로 하면, 돌림힘의 평형에 의해 $2 \text{ m} \times (10 + 10m) = 2 \text{ m} \times 40 \text{ N}$ 이다. 따라서 B의 질량 $m = 3 \text{ kg}$ 이다.

12 역학적 평형

(가)에서 B를 회전축으로 하면, 철수와 나무판의 무게에 의한 돌림힘과 A가 떠받치는 힘에 의한 돌림힘이 평형을 이룬다. 따라서 철수의 무게를 W 라고 하면, $2 \text{ m} \times 400 \text{ N} + 3 \text{ m} \times W = 4 \text{ m} \times 650 \text{ N}$ 이 되어 $W = 600 \text{ N}$ 이다.

(나)에서 B를 이동시키에 따라 A가 받치는 힘의 크기는 점점 작아지고, 결국 A가 받치는 힘이 0이 될 때가 x 의 최댓값이 된다. 이때 B를 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 적용하면, $(2-x)m \times 400 \text{ N} = (1+x)m \times 600 \text{ N}$ 에서 $x = 0.2 \text{ m}$ 이다.

17 유체에서 작용하는 힘

수능 기본 다지기

본책 176~177쪽

S.T.E.P ①

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ 2 10 N 3 (1) 와 같다 (2) 보다 크다
4 (1) 빠르다 (2) 낮아 (3) 높다

S.T.E.P ②

- 5 ② 6 ③ 7 ③ 8 ④ 9 ① 10 ①

개념 확인 문제

S.T.E.P ①

- 1 (1) 압력의 단위는 N/m^2 이다.
2 추를 물에 넣으면 추에는 아래쪽으로 중력, 위쪽으로 부력(F_b)이 작용하므로 $10 N = \text{중력} - F_b = 20 N - F_b$ 에서 $F_b = 10 N$ 이다.
4 (1) 연속 방정식 $A_1 v_1 = A_2 v_2$ 에 의해 유체가 흐르는 부분의 단면적이 작을수록 유체의 속력은 빠르다. 따라서 유체의 속력은 A에서 B에서보다 빠르다.
(2) 베르누이 법칙 $P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$ 에
서 높이가 같으므로 $\frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_1 - P_2$ 이다. 따라서
속력이 증가($v_2 > v_1$)하면 유체의 압력이 낮아($P_2 < P_1$)진다.
(3) A에서 속력이 B에서보다 빠르므로, A에서 압력은 B에서
보다 낮다. 따라서 물은 압력이 낮은 A 쪽으로 올라간다.

수능 기본 문제

S.T.E.P ②

- 5 수압
ㄴ. 시간이 지날수록 물통 내부 물의 높이가 낮아지므로, A~C
에서 물의 압력이 감소한다. 따라서 A~C에서 나오는 물줄기
의 세기는 약해진다.
바로알기 ㄱ. 압력은 물의 깊이에 비례하므로 물이 받는 압력은
깊이가 깊은 C에서 A에서보다 크다.
ㄷ. 물통을 자유 낙하시키면 물통 내부의 물은 무중력 상태가
된다. 압력 $P = \rho g h$ 에서 무중력 상태일 때 $g = 0$ 이므로 물이 받
는 압력도 0이 되어 물통에서 물줄기가 나오지 않는다.

6 부력과 비중

- ㄱ. 부력은 물속에 잠긴 물체의 부피에 비례한다. 물에 잠긴 부
피는 A가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 부력도 A가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다.
ㄴ. 부력의 방향은 중력의 반대 방향이므로 A가 받는 부력과
중력의 방향은 반대이다. 또한 A는 물에 떠서 정지해 있으므로

부력과 중력의 크기는 같다.

바로알기 ㄷ. A, B 모두 무게는 부력의 크기와 같다. 따라서 A
의 무게가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이므로, A의 질량은 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 한편
A와 B의 부피는 $8 m^3$ 로 같으므로 A의 비중은 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

7 부력의 크기와 방향

- ㄱ. 유체 속에서 물체가 정지해 있으므로 부력의 크기는 물체의
무게와 같은 mg 이다.
ㄴ. 유체 내부 압력은 유체 속 깊이가 깊을수록 크다. 따라서 P
부분 높이의 압력은 Q 부분 높이의 압력보다 작다.
바로알기 ㄷ. 유체의 밀도가 2배가 되더라도, 물체가 밀어낸 유
체의 부피는 물체의 부피와 같다. 따라서 밀려난 유체의 무게는
밀도가 ρ 일 때의 2배이다. 따라서 부력도 처음의 2배가 되어
부력이 중력보다 커지므로 물체는 A 방향으로 이동한다.

8 유압 장치

- ㄱ. 파스칼 법칙에 의하여 힘 F 에 의해 피스톤 1이 액체에 가
하는 압력 P_1 은 액체의 모든 지점에 동일하게 전달된다. 따라
서 실린더 2의 액체가 F 에 의해 받는 압력 P_2 는 P_1 과 같다.
ㄷ. 피스톤 2가 받은 힘의 크기가 증가한만큼 이동 거리가 감소
하므로, 일의 원리에 의해 일의 양은 같다.
바로알기 ㄴ. $P_1 = P_2$ 이므로 피스톤 2가 받은 힘의 크기를 F_2
라 하면, $\frac{F}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ 이다. 이때 $A_1 < A_2$ 이므로 $F < F_2$ 이다.

9 연속 방정식

- ㄱ. 유체가 굽이가 변하는 관을 통과할 때 질량은 보존된다.
바로알기 ㄴ, ㄷ. 연속 방정식 $A_1 v_1 = A_2 v_2$ 에 의해 $\frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2}$
이다. 따라서 A_1 이 A_2 보다 작으면 v_1 은 v_2 보다 크다.

10 벤츨리관

- ㄴ. 연속 방정식 $A_1 v_1 = A_2 v_2$ 에 의해 공기가 흐르는 부분의 단
면적이 클수록 공기의 속력은 느리다. 따라서 공기의 속력은 P
에서 Q에서보다 느리다.
바로알기 ㄱ. 베르누이 법칙에 의해 유체의 속력이 빠를수록 압
력이 낮아진다. 따라서 공기가 이동하는 Q에서의 압력은 공기
가 이동하지 않을 때의 압력, 즉 대기압보다 작다.
ㄷ. P에서의 속력이 Q에서보다 느리므로, P에서의 압력은 Q
에서의 압력보다 크다. 따라서 A에서 공기의 압력이 B에서보
다 커, 물은 A에서보다 B에서 높이 올라간다.

수능 유형 분석하기

본책 178쪽

- 1 ⑤ 2 ④

1 부력과 힘의 평형

(가)에서 A는 잠긴 부피 $\frac{V}{3}$ 만큼 유체를 밀어내므로, 유체의 밀

도를 ρ 라 하면 A에 작용하는 부력은 $\frac{1}{3}\rho Vg$ 이다. 이때 부력과 중력이 평형을 이루므로, $\frac{1}{3}\rho Vg = mg$ 에서 $\rho = \frac{3m}{V}$ 이다.

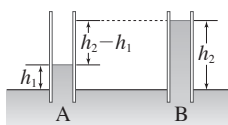
(나)에서 A는 완전히 잠기고, B는 $\frac{1}{3}$ 만 잠기므로, A와 B가 잠기면서 밀어낸 유체의 부피는 $V + \frac{2V}{3} = \frac{5V}{3}$ 가 되어 부력 = $\frac{3m}{V} \times \frac{5V}{3} \times g = 5mg$ 이다. 이 힘이 $(M+m)g$ 와 평형을 이루므로 $M = 4m$ 이다.

2 벤츨리관

연속 방정식 $A_1v_1 = A_2v_2$ 에 의해 관의 가는 부분에서 공기의 속력은 $4v$ 이다. 또한 관의 굵은 부분과 가는 부분의 높이는 같으므로, 두 부분에서 베르누이 법칙 $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$

을 적용하면 $P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho(16v^2 - v^2) = \frac{15}{2}\rho v^2$ 이다.

또한 오른쪽 그림과 같이 A의 액체 기둥에는 B에 비해 높이 $h_2 - h_1$ 의 공기 기둥에 의한 압력이 추가로 작용한다.



따라서 $\frac{15}{2}\rho v^2 + \rho g(h_2 - h_1) = 3\rho g(h_2 - h_1)$ 에서 $h_2 - h_1 = \frac{15v^2}{4g}$ 이다.

수능 실력 굳히기

본책 179~181쪽

1 ② 2 ④ 3 ① 4 ③ 5 ② 6 ⑤ 7 ② 8 ⑤
9 ③ 10 ② 11 ③ 12 ②

1 물체에 작용하는 부력

(가)에서 부력과 A의 무게가 평형을 이루므로, $\frac{5}{2}\rho Vg = m_Ag$ 에서 A의 질량 $m_A = \frac{5}{2}\rho V$ 이다. (나)에서 B의 무게가 추가되었을 때 A가 $\frac{V}{2}$ 만큼 더 가라앉으므로 $\frac{1}{2}\rho Vg$ 만큼의 부력이 증가한다. 따라서 $\frac{1}{2}\rho Vg = m_Bg$ 에서 B의 질량 $m_B = \frac{1}{2}\rho V$ 이다. (다)에서 A와 B의 무게의 합과 부력이 평형을 이루므로 $(\frac{5}{2}\rho V + \frac{1}{2}\rho V)g = (V_B + V)\rho g$ 에서 B의 부피 $V_B = 2V$ 이다. 따라서 B의 밀도는 $\frac{m_B}{V_B} = \frac{1}{4}\rho$ 이다.

2 비중이 다른 유체의 부력

ㄱ. 물의 비중이 식용유의 비중보다 크므로 금속 덩어리와 같은 부피의 무게는 물이 식용유보다 크다. 따라서 부력은 물에서가 식용유에서보다 크다.

ㄴ. 금속 덩어리의 비중이 4이므로 밀도는 4 g/cm^3 이다. 따라서 금속 덩어리의 질량 = $4 \text{ g/cm}^3 \times 100 \text{ cm}^3 = 400 \text{ g} = 0.4 \text{ kg}$ 이고, 부피가 100 cm^3 인 물의 질량 = $1 \text{ g/cm}^3 \times 100 \text{ cm}^3 =$

$100 \text{ g} = 0.1 \text{ kg}$ 이다. 그리고 금속 덩어리는 무게에서 부력을 뺀 값과 같은 힘으로 바닥을 누른다.

따라서 $(0.4 \text{ kg} - 0.1 \text{ kg}) \times 10 \text{ m/s}^2 = 3 \text{ N}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 비중이 유체보다 큰 금속 덩어리의 무게는 유체로부터 받는 부력보다 크므로 비커의 바닥에 가라앉아 있다.

3 부력과 힘의 평형

기체가 들어 있는 풍선에는 아래 방향으로 중력과 실의 장력이, 위 방향으로 부력이 작용하여 힘의 평형을 이루고 있다. 기체가 들어 있는 풍선의 질량은 원래 풍선의 질량 m 과 내부에 채운

기체의 질량 $\frac{\rho V}{2}$ 의 합과 같으므로 중력 = $mg + \frac{\rho Vg}{2}$ 이다. 또

한 풍선은 부피 V 만큼의 공기를 밀어내므로, 부력 = ρVg 이다.

따라서 $T = \rho Vg - (mg + \frac{\rho Vg}{2}) = \frac{\rho Vg}{2} - mg$ 이다.

4 부력과 유체의 부피

(가)에서 A에 작용하는 부력은 A와 B에 작용하는 중력과 평형을 이룬다. 이때 B에 작용하는 중력 = $m_Bg = 2\rho Vg$ 이다. 따라서 A에 작용하는 중력을 mg 라 하면, A에 작용하는 부력 = $mg + 2\rho Vg$ 이다.

(나)에서 A에 작용하는 부력은 A에 작용하는 중력과 평형을 이루므로 mg 이다. 또한 B는 완전히 잠겨 있으므로 B가 밀어낸 물의 부피는 V 가 되어, B에 작용하는 부력 = ρVg 이다. 따라서 (나)에서 A와 B에 작용하는 부력의 합 = $mg + \rho Vg$ 이다.

부력은 물체가 밀어낸 부피만큼에 해당하는 유체의 무게이므로, (가)와 (나)에서 부력차는 A와 B가 밀어낸 물의 무게차와 같다. 따라서 물의 무게차 = $(mg + 2\rho Vg) - (mg + \rho Vg) = \rho Vg$ 이므로 물의 부피차는 V 이다. 따라서 깊이차 $h_1 - h_2 = \frac{V}{S}$ 이다.

5 잠수함의 원리

ㄴ. A에서 C로 진행하는 동안 잠수함이 중력 방향인 아래로 운동하고 있으므로 부력보다 무게가 큼을 알 수 있다.

바로알기 ㄱ. A는 물 위에 떠 있는 상태이므로 무게와 부력의 크기가 같다.

ㄴ. C는 잠수함이 완전히 잠긴 상태이다. 따라서 C에서는 잠수함이 아래로 내려가더라도 잠수함이 밀어낸 물의 부피는 자신의 부피와 같다. 따라서 잠수함이 내려가더라도 부력의 크기는 일정하다.

6 유압 장치

ㄱ. 파스칼 법칙에 의해 실린더 1에 작용하는 압력은 실린더 2에 그대로 전달된다. ($P_1 = P_2$)

ㄴ. $P_1 = P_2$ 에서 $\frac{1 \text{ N}}{A_1} = \frac{mg}{A_2}$ 이므로 $m = \frac{A_2}{A_1}g$ 가 된다.

ㄴ. 일의 양은 일정하므로 유압 장치는 작은 힘으로 큰 힘을 낸다. 따라서 단면적이 작은 A_1 에 작용하는 힘 F_1 은 단면적이 큰 A_2 에 작용하는 힘 F_2 보다 작기 때문에 d_1 은 d_2 보다 크다.

7 자동차를 들어 올리는 장치의 원리

ㄴ. 공기 압축기가 기름을 누르는 힘은 자동차를 들어 올리는 힘보다 크므로 일의 원리에 의해 기름통에서 기름의 표면이 이

동한 거리는 피스톤이 이동한 거리보다 작다.

바로알기 ㄱ. 힘=압력×면적이다. 기름통 속 기름에 작용하는 압력은 피스톤에 작용하는 압력과 같고, 단면적은 기름통이 피스톤보다 크므로 공기 압축기가 기름을 누르는 힘은 자동차를 들어 올리는 힘보다 크다.

ㄴ. 파스칼 법칙에 의해 기름이 연결관을 통해 피스톤에 가한 압력은 기름이 기름통에서 받은 압력과 같다.

8 베르누이 법칙

베르누이 법칙 $P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$ 이다.

ㄴ. 연속 방정식 $A_1 v_1 = A_2 v_2$ 에서 관의 단면적과 물의 속력은 반비례한다. 따라서 물의 속력은 B에서가 A에서의 2배이고 ($v_B = 2v_A$), A와 C에서 같다.

ㄷ. A와 C에서 물의 속력이 같으므로, A와 C에 베르누이 법칙을 적용하면 $P_A - P_C = \rho g(h_C - h_A) = \rho gh$ 이다.

바로알기 ㄱ. 높이가 같은 지점인 A와 B에 베르누이 법칙을 적용하면 $P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \frac{1}{2} \rho (2v_A)^2$ 이다. 따라서 $P_A - P_B = \frac{3}{2} \rho v_A^2$ 이므로 $P_A > P_B$ 이다.

9 베르누이 법칙

연속 방정식에 의해 B에서 유체의 속력 $v_B = \frac{3S}{S} v = 3v$ 이다.

이를 B 지점에서 유체가 흐를 경우와 흐르지 않을 경우에 대한 베르누이 법칙에 적용하면 $P_B + \frac{1}{2} \rho (3v)^2 = P_0$ 이다. 따라서 유

체가 흐를 경우와 흐르지 않을 경우 압력 차 $P_0 - P_B = \frac{9\rho v^2}{2}$ 이다. 이 압력 차에 의해 피스톤이 H만큼 내려가므로, 높이 H에 해당하는 유체 기둥의 압력 $\rho gH = \frac{9\rho v^2}{2}$ 에서 $H = \frac{9v^2}{2g}$ 이다.

10 벤츨리관

A와 B에서 베르누이 법칙은 다음과 같다.

$$P_A + \rho gH_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \rho gH_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 \dots (i)$$

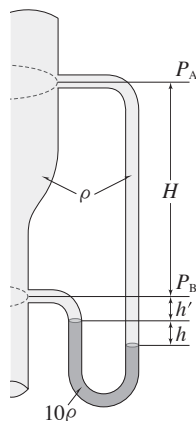
연속 방정식에 의해 B에서 물의 속력 $v_B = \frac{3S}{S} v = 3v$ 이고, A와 B의 높이차 $H_A - H_B = H$ 이다. 이를 (i)에 적용하면 A와 B의 압력차 $P_A - P_B = -\rho gH + 4\rho v^2$ 이다. ... (ii)

한편 오른쪽 그림을 보면, 유리관 속 액체 기둥의 높이차 h는 $P_A - P_B$ 와, 액체 윗부분에 있는 물기둥의 압력에 의한 것임을 알 수 있다.

오른쪽 유리관과 왼쪽 유리관 속 물기둥에 의한 압력차는 다음과 같다.

$$\rho g(H + h' + h) - \rho gh' = \rho g(H + h) \dots (iii)$$

(ii)와 (iii)에 의해 유리관 속 왼쪽 액체 기둥보다 오른쪽 액체 기둥에 $(-\rho gH + 4\rho v^2) + \rho g(H + h) = 4\rho v^2 + \rho gh$ 만큼의 압력이 더 크게 작용하여 왼



쪽 액체 기둥의 높이가 h만큼 올라간 것이라는 것을 알 수 있다. 따라서 $10\rho gh = 4\rho v^2 + \rho gh$ 에서 $h = \frac{4v^2}{9g}$ 이다.

11 회전하는 공에서의 마그누스 힘

ㄱ. (가)의 공은 회전이 없으므로 공의 A와 B 쪽의 공기의 흐름 속력이 같다.

ㄴ. (나)의 공은 시계 반대 방향으로 회전하므로 공의 진행 방향에 대해 C 쪽의 회전 방향은 공기 흐름과 같고, D 쪽의 회전 방향은 공기 흐름과 반대이다. 따라서 C 쪽은 공기의 속력이 빨라 기압이 낮고, D 쪽은 공기의 속력이 느려 기압이 높다. 따라서 마그누스 힘은 기압이 높은 D 쪽에서 낮은 C 쪽으로 발생하므로 공은 C 쪽으로 휘다.

바로알기 ㄷ. A 쪽은 회전 운동이 없으므로 공기의 흐름만 있고, D 쪽의 회전 방향은 공기의 흐름과 반대 방향이므로 공기의 속력이 느려진다. 따라서 A 부분의 기압은 D 부분의 기압보다 낮다.

12 운동하는 자동차와 유체의 흐름

ㄴ. A와 B 사이의 압력이 낮아져 B는 A 쪽으로 힘을 받는다.

바로알기 ㄱ. A가 빠르게 달리면 주변 공기를 이끌고 나가게 되면서 A를 통과하는 공기층의 속력이 빨라지게 되어 주변 압력이 낮아진다. 따라서 A와 B 사이 공기의 압력이 낮아진다.

ㄷ. A 주변 유체의 흐름 형태는 일정하므로, 한 지점을 통과한 유체의 모든 입자가 똑같은 경로로 이동하여 좌우의 압력이 같다. 따라서 A는 흔들리지 않는다.

18 열역학 법칙과 전기 에너지의 이용

수능 기본 다지기

본책 185~187쪽

STEP 1

- 1 (1) 분자 (2) 온도 (3) 비열 2 100 kcal 3 (1) ○ (2) ○ (3) ×
4 ㉠ 상승, ㉡ 증가, ㉢ 팽창, ㉣ 일 5 (1) Q (2) 0.5 6 (1) 복사
(2) 전도 (3) 대류 7 (1) 잠열 (2) 흡수 (3) 방출 8 (1) 직 (2) 직 (3) 교
9 (1) × (2) ○ (3) ○ 10 120 Wh

STEP 2

- 11 ③ 12 ④ 13 ③ 14 ③ 15 ④ 16 ③ 17 ⑤ 18 ③
19 ①

개념 확인 문제

STEP 1

- 2 $Q = cm\Delta T = 2 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 2 \text{ kg} \times (45 - 20)^\circ\text{C} = 100 \text{ kcal}$

3 (3) 열은 항상 온도가 높은 물체에서 낮은 물체로 이동한다.

5 (1) $W = Q_1 - Q_2 = 2Q - Q = Q$

(2) $e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{Q}{2Q} = 0.5$

9 (1) 백열 전구는 수명이 짧고, 에너지 효율이 낮다.

10 $W = Pt = 10 \text{ W} \times (3 \times 4) \text{ h} = 120 \text{ Wh}$

수능 기본 문제

S · T · E · P

2

11 온도의 비교

① 절대 온도 = 섭씨온도 + 273 = 27 + 273 = 300(K)

④ 1기압에서 물의 어는점을 0 °C, 끓는점을 100 °C로 하는 것은 섭씨온도이다.

바로알기 ③ 섭씨온도와 절대 온도의 눈금 간격은 같다.

12 열평형 그래프 해석

① 열평형 상태가 되면 두 물체 A와 B 사이에 열의 이동이 없어진다.

② 온도가 다른 두 물체를 접촉할 때 열에너지는 온도가 높은 물체에서 낮은 물체로 이동하므로 열에너지는 A에서 B로 이동한다.

③ 두 물체의 온도가 같아지는 열평형 온도는 30 °C이다.

⑤ 물체의 온도가 높을수록 분자의 평균 운동 에너지가 크다. A의 온도는 낮아지므로 A 분자들의 평균 운동 에너지는 작아진다.

바로알기 ④ 열용량은 비열과 질량의 곱이다. 문제에서 A와 B를 접촉하였을 뿐, B의 질량과 비열에는 변화가 없다. 따라서 열용량은 온도 변화에 관계없이 일정하다.

13 열역학 제 1법칙

열역학 제 1법칙에 의해 외부에서 실린더에 공급한 열에너지는 이상 기체의 내부 에너지 변화량과 이상 기체의 부피가 팽창하면서 외부에 한 일의 합과 같다. 따라서 기체가 외부에 한 일은 $600 \text{ J} - 400 \text{ J} = 200 \text{ J}$ 이다.

14 열역학 제 1법칙과 등압 과정

ㄱ. 피스톤의 단면적을 A, 피스톤이 밀려난 거리를 l이라 하면, 기체가 외부에 한 일 = $Fl = PA l = P(V_2 - V_1)$ 이다. 이는 (나)에서 빗금 친 부분의 넓이와 같다.

ㄴ. 열역학 제 1법칙 $Q = W + \Delta U$ 에서 내부 에너지 증가량 $\Delta U = Q - W = Q - P(V_2 - V_1)$ 이다.

바로알기 ㄷ. 기체의 온도가 높을수록 기체 분자의 운동 에너지가 커서 내부 에너지가 크다. 따라서 기체의 내부 에너지가 증가함에 따라 기체의 온도도 높아진다.

더 알아보기

압력이 일정한 열역학 과정에서 온도 변화

문제에서 실린더 내부에 있는 이상 기체의 분자수에는 변화가 없다.

이렇게 일정한 양의 이상 기체의 경우, $\frac{PV}{T}$ 의 값은 항상 일정하게 유지된다.

따라서 압력 P가 일정한 상태에서 부피 V가 증가하면 기체의 절대 온도 T도 증가한다. 이에 따라 이상 기체의 내부 에너지도 증가한다. 반대로 압력이 일정한 상태에서 부피가 감소하면 기체의 절대 온도가 감소하고, 이에 따라 내부 에너지도 감소한다.

15 열의 전달 방법

(가) 태양 에너지는 다른 물질의 도움없이 복사에 의해 지구까지 직접 전달된다.

(나) 냄비 분자의 진동에 의해 열이 손잡이까지 전도되어 손잡이도 뜨거워진다.

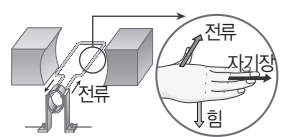
16 물질의 상태 변화 그래프 해석

ㄱ. 열을 공급할 때 온도가 상승하는 온도 변화 그래프이므로 구간 A, B에서 모두 잠열을 흡수하여 물질의 상태가 변화한다. ㄴ. A에서는 고체와 액체가, B에서는 액체와 기체가 공존하게 된다.

바로알기 ㄷ. 구간 B에서 이 물질은 잠열을 흡수한다.

17 전동기의 작동 원리

ㄱ. (가)에서 전류의 방향과 힘의 방향이 표시되어 있으므로 오른쪽 그림과 같이 오른손을 이용하여 자기장의 방향이 오른



쪽임을 알 수 있다. 따라서 자석의 왼쪽이 N극, 오른쪽이 S극이 된다.

ㄴ. (가), (다) 모두 코일의 왼쪽에는 위쪽으로, 오른쪽에는 아래쪽으로 힘이 작용하므로 코일은 시계 방향으로 회전한다.

ㄷ. 정류자는 코일이 반 바퀴 회전할 때마다 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾸어 주는 역할을 하여, 코일의 회전 방향은 변하지 않는다.

18 형광등이 빛을 내는 원리

ㄱ. 형광등은 스위치를 켜서 필라멘트가 가열된 후, 전자가 방출되고 이 전자가 수은 원자와 충돌하여 자외선을 내기까지 어느 정도 시간이 걸린다. 따라서 백열 전구나 발광 다이오드에 비해 스위치를 켤 때 반응 시간이 길다.

ㄴ. 필라멘트에 고전압이 걸리면 전자가 방출되어 형광등 내부에 있는 수은 원자와 충돌한다.

바로알기 ㄷ. 유리관 안쪽의 형광 물질은 자외선과 충돌하여 가시광선을 방출한다.

19 전기 에너지

ㄱ. 전력량 = 전력 × 시간 = $55 \text{ W} \times 3 \text{ h} = 165 \text{ Wh}$

바로알기 ㄴ. 정격 전압에 연결했을 경우에만 정격 소비 전력을 낼 수 있다. 110 V는 정격 전압인 220 V보다 작으므로 110 V에 연결하면 소비 전력은 55 W보다 작다.

ㄷ. 전기 에너지는 초 단위로 계산한다. 따라서 전구를 정격 전압에 연결하여 2시간 동안 사용한 전기 에너지 = $55 \text{ W} \times (2 \times 3600) \text{ s} = 396000 \text{ J} = 396 \text{ kJ}$ 이다.

수능 유형 분석하기

본책 188쪽

1 ③ 2 ③

1 등적 과정과 등압 과정

ㄱ. (가)에서 기체의 부피 변화가 없으므로, 기체가 한 일 $W=0$ 이다. 따라서 열역학 제 1법칙 $Q=W+\Delta U$ 에 의해 기체의 내부 에너지 증가량 $\Delta U=Q$ 이다.

ㄴ. (나)에서는 기체의 부피가 증가하고, 압력은 일정하다. 일정한 양의 이상 기체의 경우 $\frac{PV}{T}$ 값이 일정하므로, 기체의 온도는 높아진다. 따라서 기체의 내부 에너지가 증가하므로, 기체 분자의 평균 운동 에너지가 증가하여, 기체 분자의 평균 속력은 증가한다.

바로알기 ㄷ. (가)와 (나)에서 가열 후 내부 에너지는 같다. 한편 (가)에서 내부 에너지는 가열 전에 비해 Q 만큼 증가하고, (나)에서 내부 에너지는 가열 전에 비해 $Q-W$ 만큼 증가한다. 따라서 내부 에너지 증가량은 (가)가 (나)보다 크므로 가열 전 내부 에너지는 (가)가 (나)보다 작다.

2 단열 팽창의 이용

ㄱ. 단열 과정에서 $W=-\Delta U$ 이고, 기체의 부피가 팽창하므로 기체는 외부에 일을 한 것이다. 따라서 기체의 내부 에너지는 감소하여 온도는 낮아진다.

ㄴ. 기체의 온도가 낮아지고 부피가 증가하므로, 기체의 압력은 감소한다.

바로알기 ㄷ. 수증기는 물로 응결될 때 잠열을 방출한다.

수능 실력 굳히기

본책 189~192쪽

1 ① 2 ⑤ 3 ④ 4 ② 5 ② 6 ⑤ 7 ① 8 ⑤
9 ② 10 ⑤ 11 ② 12 ① 13 ③ 14 ③ 15 ⑤ 16 ①

1 열평형 그래프

ㄱ. 7분일 때 A와 B는 열평형 상태이므로, A와 B 사이에서 열의 이동은 없다.

바로알기 ㄴ. 외부와의 열 출입이 없으므로, 열은 모두 온도가 높은 A에서 온도가 낮은 B로 이동한다. 따라서 열평형 상태가 될 때까지 A가 잃은 열량과 B가 얻은 열량은 같다.

ㄷ. A와 B의 비열을 각각 c_A , c_B 라 하고, 질량을 m 이라 하면, $c_A m(4T-2T) = c_B m(2T-T)$ 에서 $c_A = \frac{1}{2} c_B$ 이다.

2 열평형과 비열

ㄱ. (가)와 (나)의 열평형 온도를 각각 $T_{(가)}$, $T_{(나)}$ 라고 하면, A의 온도 변화는 (가)에서 $2T-T_{(가)}$, (나)에서 $2T-T_{(나)}$ 이다. 이때 $T_{(가)} > T_{(나)}$ 이므로 온도 변화는 (가)에서가 (나)에서보다 작다. 따라서 A가 잃은 열량은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

ㄴ. A가 잃은 열량만큼 B와 C가 열량을 얻으므로, B가 얻은 열량은 C가 얻은 열량보다 작다. 따라서 B와 C의 질량을 m , 비열을 각각 c_B , c_C 라 하면, $c_B m(T_{(가)}-T) < c_C m(T_{(나)}-T)$ 이다. 이때 $T_{(가)} > T_{(나)}$ 이므로 $c_B < c_C$ 이다.

ㄷ. 열평형 상태일 때 B의 온도 $T_{(가)}$ 는 C의 온도 $T_{(나)}$ 보다 높으므로, B와 C를 접촉하면 열은 온도가 높은 B에서 온도가 낮은 C로 이동한다.

3 열역학 제 1법칙

철수 : 페트병 안의 공기가 팽창하면서 찌그러진 페트병을 원래 모양으로 돌아가게 했으므로, 페트병 안의 공기는 외부에 일을 한 것이다.

민수 : 열역학 제 1법칙 $Q=W+\Delta U$ 에서 공기가 외부에 일 W 를 하였으므로, 열 Q 를 얻은 것이다. 즉, 페트병 안의 공기가 따뜻한 물로부터 열을 얻어 외부에 일을 한 것이다.

바로알기 영희 : 열이 따뜻한 물에서 공기로 이동했으므로 공기의 온도는 높아진다. 따라서 공기의 내부 에너지는 증가한다.

4 피스톤이 있는 실린더 내부의 이상 기체

ㄴ. 외부에서 열을 가하여 기체의 압력이 일정한 상태에서 부피가 증가했으므로, 기체의 온도는 높아진다. 즉, 기체의 내부 에너지가 증가한 것이므로 기체 분자들의 운동 에너지가 증가한 것이다. 따라서 기체 분자의 평균 속력은 증가한다.

바로알기 ㄱ. 기체의 부피가 증가하므로, 기체는 외부에 일을 한 것이다.

ㄷ. 기체가 외부에 한 일 $W=P\Delta V=PAL$ 이다. 따라서 열역학 제 1법칙 $Q=W+\Delta U$ 에서 내부 에너지 증가량 $\Delta U=Q-PAL$ 이다.

5 압력-부피 그래프 해석

ㄴ. B → C 과정에서 기체의 부피가 감소하였으므로 외부로부터 일을 받았고($W < 0$), 온도가 낮아져 내부 에너지가 감소하였다. ($\Delta U < 0$). 따라서 기체는 열을 외부로 방출한다. ($Q = \Delta U + W < 0$)

바로알기 ㄱ. A → B 과정은 온도 변화없이(내부 에너지 변화 없이) 팽창하면서 일을 하였으므로 외부로부터 열을 흡수했다. 즉, 외부와의 열 출입이 있다.

ㄷ. A → B → C → A로 돌아오는 전 과정에서 기체가 한 일의 양은 그래프에서 폐곡선의 넓이이다. 따라서 0이 아니다.

6 기체가 외부에 한 일과 단열 압축

ㄱ. A의 경우 열역학 제 1법칙 $Q=W+\Delta U$ 에 의해 A가 B에 한 일 $W_A=Q-\Delta U_A$ 이다. B의 경우 외부와 열 출입이 없으므로 단열 압축한 것이다. 이때 B는 A로부터 $Q-\Delta U_A$ 만큼의 일을 받아 내부 에너지가 증가하므로, $\Delta U_B=Q-\Delta U_A$ 에서 $Q=\Delta U_A+\Delta U_B$ 이다.

- ㄴ. B의 기체가 받은 일은 $Q - \Delta U_A$ 이므로 Q 보다 작다.
 ㄷ. B의 기체는 내부 에너지가 증가하므로 온도가 증가한다.

7 등적 과정

ㄱ. (나)에서 A의 부피는 일정하고 압력이 높아졌다. 일정한 양의 이상 기체는 $\frac{PV}{T}$ 가 항상 일정하므로 압력 P 가 증가하면 온도 T 가 높아져, 기체의 내부 에너지는 증가한다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 B의 부피는 일정하고 압력이 감소하였으므로, 기체가 한 일은 0이고, 내부 에너지는 감소($\Delta U < 0$)한 것이다. 따라서 $Q = W + \Delta U$ 에서 $Q < 0$ 이므로 B는 외부로 열을 방출한 것이다.

ㄷ. A와 B 모두 부피는 일정하므로 외부에 한 일이 0이다.

8 단열 과정의 예

ㄱ. 공기의 압력은 지면에 가까울수록 높다. 따라서 공기 덩어리가 높은 곳으로 올라가면 압력이 낮아진다.

ㄴ. 공기 덩어리의 압력이 낮아지므로 부피가 팽창한다.

ㄷ. 외부와의 열교환이 없으므로, 공기는 단열 팽창한 것이다. 따라서 $W = -\Delta U$ 에서 부피가 팽창하며 외부에 일을 할 때 내부 에너지는 감소하므로 온도가 낮아진다.

9 등적 과정과 등압 과정

ㄴ. 가열 전 (가)와 (나)에서 기체의 절대 온도가 T 로 같으므로 내부 에너지도 같다. 한편 (가)에서 기체가 한 일은 0이므로 열역학 제 1법칙에 의해 $\Delta U_{(가)} = Q$ 이고, (나)에서 기체는 외부에 일을 하므로 $\Delta U_{(나)} = Q - W$ 이다. 따라서 가열 후 기체의 내부 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

바로알기 ㄱ. 일정량의 이상 기체는 $\frac{PV}{T}$ 값이 일정하므로, 압력이 일정하고 부피가 $2V$ 가 되면 절대 온도는 $2T$ 가 된다.

ㄷ. (나)에서 기체가 외부에 한 일은 $Q - \Delta U_{(나)}$ 이고, (가)에서 내부 에너지 증가량은 Q 이다.

10 열기관

ㄱ. 열효율 $e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1$ 이다. 따라서 $\frac{Q_2}{Q_1}$ 가 작을수록 열효율이 높아진다.

ㄴ. $Q_2 = W$ 일 때 $Q_1 = 2W$ 가 되므로 열효율은 0.5(50 %)가 된다.

ㄷ. $Q_1 = W$ 일 때 $Q_2 = 0$ 이 되어, 저열원으로 이동한 열이 없게 된다. 따라서 열은 고열원에서 저열원으로 이동한다는 열역학 제 2법칙에 위배된다.

11 열의 전달

철수 : 금속은 분자들의 진동이 잘 전달되므로 전도가 잘 일어난다.

바로알기 영희 : 비열이 큰 액체는 온도가 느리게 변한다. 따라서 비열이 큰 액체를 통한 금속의 열에너지 전달은 느리게 일어난다.

민수 : 주로 액체에서는 대류, 금속에서는 전도의 방법으로 열이 이동한다.

12 단열 과정의 예

ㄴ. (나)에서는 입김에 의해 수증기가 응결할 때 열을 방출하면서 손이 따뜻해진다.

바로알기 ㄱ. (가)에서는 물이 얼면서 주변에 방출하는 잠열을 이용하여 창고에 쌓인 사과가 얼지 않게 한다. 물이 증발할 때는 주위의 열을 흡수하므로 주위 온도가 더 낮아진다.

ㄷ. (가)에서는 물이 얼어붙는 상태 변화가 일어난다. 반면에 성에는 수증기가 차가운 물체에 닿으면 온도가 급격히 내려가서, 물이 되지 않고 바로 얼어붙게 되는 현상이다.

13 물질의 상태 변화

ㄱ. 1 kg당 용해열이 80 kcal이고, 그래프에서 용해열에 대한 잠열이 160 kcal이므로 얼음의 질량은 2 kg이다.

ㄴ. 얼음의 초기 온도가 -40°C 이므로 얼음의 비열은 다음과 같다.

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{40 \text{ kcal}}{2 \text{ kg} \times 40^\circ\text{C}} = 0.5 \text{ kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

바로알기 ㄷ. 1 kg당 기화열은 540 kcal이므로 물 2 kg의 기화열은 1080 kcal이다. 따라서 $1480 \text{ kcal} - Q = 1080 \text{ kcal}$ 에서 $Q = 400 \text{ kcal}$ 이다.

14 직류 전자기 실험

ㄱ. 에나멜선 P 부분의 피복은 반만 벗겼으므로 회전해서 전류의 방향이 반대로 되는 동안은 전류가 차단되어 원형 코일을 한 쪽 방향으로 회전하도록 하므로 정류자와 같은 역할을 한다.

ㄷ. 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향, 나머지 네 손가락을 자기장의 방향으로 할 때 손바닥이 향하는 방향이 코일이 받는 힘의 방향이다. 스위치를 닫으면 원형 코일 아래에는 왼쪽으로 전류가 흘러 종이면에 들어가는 방향으로 힘이 작용하고, 위쪽에는 오른쪽으로 전류가 흐르므로 종이면에서 나오는 방향으로 힘이 작용하게 되어 원형 코일의 회전 방향은 A 방향이 된다.

바로알기 ㄴ. 스위치를 닫으면 원형 코일의 위아래에 작용하는 힘의 방향이 반대가 되어 원형 코일이 회전하게 된다.

15 전동기의 원리

ㄴ. 전류와 자기장의 세기가 같으므로 AB 부분과 CD 부분에 작용하는 힘의 크기는 같다.

ㄷ. 자석의 N극과 S극의 위치를 바꾸면 코일에 작용하는 자기장의 방향이 반대가 되므로 코일에 작용하는 힘의 방향도 반대가 된다. 따라서 코일의 회전 방향도 반대 방향이 된다.

바로알기 ㄱ. 오른손의 네 손가락을 자기장의 방향, 손바닥을 힘의 방향으로 향했을 때 엄지손가락의 방향이 전류의 방향이다. 따라서 전류의 방향은 $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ 가 된다.

16 정격 전압과 소비 전력

ㄱ. 정격 전압인 220 V에 연결해야 소비 전력은 1390 W이다.

바로알기 ㄴ. 전압이 $\frac{1}{2}$ 배가 되면 전류의 세기도 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

따라서 전압과 전류의 곱인 소비 전력은 $\frac{1}{4}$ 배가 된다.

ㄷ. 전력량 = $1390 \text{ W} \times 4 \text{ h} = 5560 \text{ Wh}$ 이다.